

Documents dels Quaderns de medi ambient
Els boscos de Catalunya
Estructura, dinàmica i funcionament

Els **Bosc**os de Catalunya : estructura, dinàmica i funcionament. -
(Documents dels Quaderns de medi ambient ; 11)
Bibliografia
ISBN 84-393-6664-7
I. Terradas, Jaume II. Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge
III. Col·lecció: Documents dels Quaderns de medi ambient ; 11
1. Bosc

Els boscos de Catalunya

Estructura, dinàmica i funcionament

Documents dels Quaderns de medi ambient, núm 11

© Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Habitatge
Secretaria General

Primera edició: desembre 2004

Tiratge: 1.000 exemplars

Disseny i producció gràfica: Argania editio SCP

Coordinació de la publicació: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Gabinet Tècnic

Directors de l'obra: Jaume Terradas i Ferran Rodà (CREAF i Universitat Autònoma de Barcelona)

Equip d'autors: Jaume Terradas
Joan Josep Ibàñez (CREAF)
Jordi Vayreda (CREAF)
Josep Maria Espelta (CREAF)
Anna Àvila (CREAF)
Carles Gracia (CREAF i Universitat de Barcelona)

Fotografies: Joan Josep Ibàñez

DL: B-48468-2004

ISBN: 84-393-6664-7

Aquesta publicació ha estat realitzada amb paper ecològic mat de 135 g i les cobertes en cartolina ecològica mat de 250 g.



Presentació

Prop del 40 % de la superfície de Catalunya està coberta per boscos. Això representa una extensió major que la de tots els conreus del país junts, i set o vuit vegades més gran que tota la superfície urbanitzada. Si a més tenim en compte que a Catalunya, com a altres territoris muntanyosos de la riba nord de la Mediterrània, hi trobem una gran diversitat de tipus de bosc, el resultat és una riquesa forestal molt considerable.

Els boscos forneixen a les societats avançades una gran varietat de béns i serveis econòmics, ambientals i socials, alhora que són l'expressió de valors culturals i històrics que no es poden perdre. És objectiu del govern de la Generalitat de Catalunya mantenir, i on s'escaigui millorar o recuperar, la capacitat dels ecosistemes forestals per seguir generant tots aquests béns, serveis i valors. No és un objectiu fàcil d'assolir. Les diferents funcions dels boscos abasten aspectes tan diversos com, entre altres, el manteniment de la biodiversitat, la protecció dels sòls, els aprofitaments fustaners, la recollida de bolets i el lleure dels ciutadans. Aquestes diverses funcions poden de vegades entrar en conflicte i cal regular-ne els usos. La gestió forestal sostenible consisteix precisament en fer-ho possible. Per arribar a una gestió forestal sostenible calen sensibilitat, coneixement i decisió política, però també inversions no especulatives i ajuts de tot ordre, i formació dels ciutadans i les ciutadanes en relació amb els seus valors.

Sensibilitat per valorar totes les funcions dels boscos, sense prioritzar indignantment unes sobre les altres. Sensibilitat, també, per als diferents règims de propietat i per fer compatibles els legítims interessos dels propietaris i dels usuaris i beneficiaris dels boscos.

Coneixement i formació per gestionar millor, apreciament les possibilitats i les limitacions de cada indret i cada circumstància, però també per acostar-s'hi de forma respectuosa i adequada. Coneixement que, per sort, han anat acumulant els silvicultors, el personal de l'administració forestal, les universitats i els centres de recerca, sense oblidar els amants del bosc, els excursionistes, els aficionats... Aquest llibre, fruit d'un encàrrec del Departament al CREA, n'és un exemple. Es tracta d'un llibre d'autor escrit a cavall dels anys 2002 i 2003 i, com a tal, les opinions que s'hi expressen són, evidentment, les dels autors. No obstant, crec que els autors han reeixit en elaborar un text sobre els boscos de Catalunya que és alhora suficientment entenedor per a un públic ample i suficientment detallat per interessar als professionals vinculats al món forestal.

Decisió política per impulsar els canvis i les accions necessàries per assolir la gestió forestal sostenible dels nostres boscos. Aquest és el compromís del govern de la Generalitat que, entre moltes altres accions, tindrà la seva expressió més clara en el nou Pla General de Política Forestal per al període 2005-2014 que està en fase avançada d'elaboració. Els principis de la gestió forestal sostenible impregnaran els continguts d'aquest Pla que ha d'esdevenir –així ho desitjo– una eina cabdal per a la recuperació ambiental, econòmica, social i cultural dels boscos de Catalunya.

Salvador Milà i Solsona
Conseller de Medi Ambient i Habitatge

Pròleg

Al maig de 2001, la Subdirecció General d'Estudis del que aleshores era el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya va encarregar al CREA (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals) la redacció d'un llibre sobre els boscos de Catalunya. Durant els mesos següents els continguts del llibre es van discutir amb la Subdirecció General i amb l'antiga Direcció General de Patrimoni Natural i del Medi Físic. El fil conductor del llibre seria exposar la visió sobre els boscos de Catalunya que s'havia generat com a resultat dels treballs i l'experiència acumulada al CREA des de la seva creació l'any 1987.

El resultat el teniu a les mans. El subtítol del llibre, en fer referència a l'estructura, la dinàmica i el funcionament dels boscos de Catalunya, vol marcar clarament els eixos principals dels continguts. Aquests tres aspectes han estat àrees de gran activitat al nostre centre i en les quals crec que el CREA ha fet una contribució substancial al coneixement dels nostres boscos.

La informació que es presenta en aquest llibre sobre l'estructura dels boscos de Catalunya és, en gran part, una síntesi dels resultats més destacats de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC), un inventari concebut i elaborat al CREA, amb finançament de la Generalitat. L'IEFC va ser innovador perquè va introduir per primer cop en un inventari forestal nacional la mesura de paràmetres ecològics a més dels paràmetres clàssics destinats a quantificar el nombre d'arbres, el volum de fusta en peu i el seu creixement. L'IEFC representa una radiografia acurada de l'estat dels boscos del país, radiografia que en molts dels seus aspectes va ser actualitzada pel *Tercer Inventari Forestal Nacional* (IFN3) espanyol.

Els capítols sobre dinàmica forestal resumeixen l'experiència adquirida al CREA després de molts anys d'estudis i experiments sobre la regeneració de la vegetació després de pertorbacions. Aquests estudis han prestat atenció especial a aquelles espècies arbòries i arbustives de major implantació als ecosistemes mediterranis de Catalunya i la seva resposta, en particular, a la que constitueix la principal i recurrent pertorbació dels boscos i matollars del país: el foc. Els resultats són útils tant per comprendre i predir els efectes ecològics dels incendis forestals com per millorar la prevenció d'incendis i la restauració ecològica de zones cremades.

Els apartats sobre el funcionament dels boscos com ecosistemes se centren en dos aspectes crucials, ambdós molt estudiats al CREA: el cicle de l'aigua i el cicle del carboni. La disponibilitat d'aigua en el sòl durant els mesos càlids és pro-

bablement el factor ecològic més important com a controlador del funcionament, i també de l'estructura i la dinàmica, de la major part dels ecosistemes forestals de Catalunya. Un bosc dens mediterrani pot «consumir» (evapotranspirar) més del 90 % de l'aigua de pluja que li arriba. Això vol dir que molts dels nostres boscos estan operant al límit de les seves possibilitats pel que fa a l'economia hídrica. Si es confirmen les prediccions que el clima futur serà més càlid i més sec, els efectes sobre els nostres boscos poden ésser considerables. Hem inclòs també en el llibre un breu capítol sobre els boscos i la contaminació atmosfèrica on s'analitzen, especialment, els possibles danys per oxidants fotoquímics com l'ozó.

Dos altres capítols es diferencien dels anteriors perquè no estan, en la seva major part, basats en coneixements generats al CREA. Ens ha semblat, però, oportú d'incloure'ls per arrodonir l'abast temàtic del llibre. El primer capítol dona una visió històrica dels boscos de Catalunya, que serveix de marc a una aproximació socioecològica als boscos actuals. El segon dels capítols esmentats exposa breument els principals conceptes i dades sobre la gestió forestal a Catalunya, i introdueix les principals eines per avançar cap a la sostenibilitat en aquest àmbit.

En resum, aquest és un llibre alhora personal i col·lectiu: un llibre que té significat com a producte d'uns grups d'investigadors en un moment concret. Altres centres o altres persones haurien fet segurament aproximacions diferents, i igualment necessàries.

Vull agrair als autors del llibre l'esforç que han realitzat, i especialment al professor Jaume Terradas per la seva doble condició d'autor i coordinador de l'obra. Teresa Mata va encarregar-se de donar al manuscrit la presentació editorial requerida. El meu agraïment també, en nom del CREA, al Departament de Medi Ambient i Habitatge per la confiança dipositada en nosaltres.

Ferran Rodà
Director del CREA

.....
Documents dels Quaderns de medi ambient
.....

Els boscos de Catalunya
Estructura, dinàmica i funcionament
.....



1. Els boscos i l'home a Catalunya: una aproximació socioecològica	11
Els boscos catalans en el context de la conca mediterrània	12
La percepció social dels boscos	13
Les arrels històriques de la situació forestal	14
De Roma al feudalisme	14
Feudalisme i revoltes pageses	15
La configuració de la pagesia moderna	15
L'intervencionisme estatal al segle XVIII i el triomf del liberalisme	16
L'intervencionisme proteccionista-productivista dels enginyers	17
La gestió tradicional del bosc privat i les seves conseqüències	18
Conservacionisme ambientalista i polítiques de conservació	18
L'intervencionisme conservacionista de les administracions	19
Cap a una nova concepció de la conservació i el desenvolupament sostenible	21
Estratègies de conservació	21
Nous ingressos al món rural, lligats al lleure	22
Nous agents privats als boscos	23
Cap a polítiques de compromís per al desenvolupament sostenible	24
Conclusions	26
2. Les dades bàsiques dels boscos a Catalunya	27
Superfície forestal i superfície arbrada	28
Primeres fonts d'informació	29
Fonts d'informació més recents	32
El Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya	33
Comparació entre el mapa de cobertes i la cartografia de l'IFN2	34
Comarques i municipis	34
Altres àmbits territorials	37
Evolució de la superfície forestal arbrada en els darrers anys	38
Primers resultats de l'MCSC-2000 a l'Àmbit Metropolità	41
3. Els inventaris forestals	43
Introducció	44
L'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya	44
Per què un inventari ecològic	46
La biomassa de fusta, escorça, branques i fulles	47
La concentració de nutrients a les fraccions aèries dels arbres	48
Quantitat de carboni emmagatzemat a la biomassa aèria dels arbres forestals	49
Factors d'expansió per estimar el carboni emmagatzemat a la biomassa aèria a partir del volum amb escorça	50
Els models de combustible i els models d'inflamabilitat	50
Altres fonts d'informació: l' <i>Inventario Forestal Nacional</i>	52
4. El bosc: espècies dominants, existències, estructura i altres característiques	55
El Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC)	56
Factors que afecten la distribució dels boscos	56

Boscoss monoespecífics i boscoss mixtos	61
Les espècies forestals dominants a Catalunya	64
<i>Pinus halepensis</i>	65
<i>Pinus sylvestris</i>	71
<i>Quercus ilex</i> (sensu lato)	73
<i>Pinus nigra</i>	76
<i>Pinus uncinata</i>	79
<i>Quercus suber</i>	80
<i>Quercus humilis</i> (sensu lato)	83
<i>Fagus sylvatica</i>	83
<i>Pinus pinea</i>	84
<i>Abies alba</i>	85
<i>Pinus pinaster</i>	87
<i>Castanea sativa</i>	87
<i>Quercus petraea</i>	88
Altres espècies	89
Els arbres	90

5. Gestió forestal 95

Introducció	96
Multifuncionalitat i sostenibilitat	96
Estructura del sector forestal a Catalunya	96
Macromagnituds forestals	96
Règims de propietat	97
Mida de les propietats forestals	98
Els preus dels productes forestals	98
Variació de preus dels productes forestals	99
Tractaments silvícoles	100
Classes de tractament silvícola	100
Aprofitament de la fusta petita	101
La silvicultura preventiva	102
Repoblacions forestals	103
Els cultius forestals	103
Els aprofitaments forestals	104
Algunes definicions	104
Estadístiques oficials per anys i per tipus d'espècies	104
Boscoss aptes per a aprofitaments	106
Impediments a la gestió dels boscoss	107
Eines per a la gestió sostenible dels boscoss	108
Estudis del medi natural	108
Els plans tècnics de gestió forestal dels boscoss	109
Els ajuts forestals	110
Les assegurances	110
La certificació forestal	111

6. Dinàmica forestal 115

Introducció	116
-------------	-----

Les claus de la dinàmica forestal: processos de mortalitat i regeneració	116
Dinàmica forestal. El cas dels boscos mediterranis d'alzina i pi blanc	119
.....	
7. Els incendis forestals	123
Introducció	124
Els incendis forestals a Catalunya	124
El problema dels grans incendis forestals	126
La prevenció i extinció dels incendis	127
La resposta de la vegetació als incendis	128
La regeneració natural	128
La restauració després dels incendis forestals	132
Un cas de rehabilitació: Millora de l'estructura i dinàmica de boscos menuts	133
Un cas de recuperació: Alternatives de reforestació en boscos de pinassa	134
Un cas de reassignació: Compatibilitat entre la regeneració natural i el pastoreig extensiu	135
Regeneració natural o restauració artificial?	136
.....	
8. Els boscos i la contaminació atmosfèrica	137
Introducció	138
Estat dels boscos	138
Acidesa de la pluja i defoliació	139
Deposició de sofre i nitrogen	139
Efecte de l'ozó	139
.....	
9. L'aigua al bosc mediterrani	141
L'aigua com a principal factor limitant dels ecosistemes mediterranis	142
Evapotranspiració potencial i real	142
Els camins de l'aigua al bosc	144
Transpiració i producció: l'eficiència en l'ús de l'aigua	146
L'aigua determina l'estructura i funcionament dels arbres	147
.....	
10. Els boscos com a font o embornal de carboni	151
El carboni atmosfèric i els boscos	152
El balanç de carboni als boscos i matollars catalans	152
Entrades de carboni: la fotosíntesi	152
Sortides de carboni: la respiració	153
La renovació foliar	154
La respiració heterotròfica	154
El carboni acumulat als boscos de Catalunya	155
Els models en l'exploració d'escenaris futurs	158
.....	
Bibliografia	161
.....	
Sigles utilitzades	167
.....	
Làmines en color	169

.....

1. Els boscos i l'home a Catalunya: una aproximació socioecològica

.....

Els boscos catalans en el context de la conca mediterrània

La percepció social dels boscos

Les arrels històriques de la situació forestal

Cap a una nova concepció de la conservació i el desenvolupament sostenible

Conclusions

1. Els boscos i l'home a Catalunya: una aproximació socioecològica

Jaume Terradas, CREAM i UAB

Els boscos catalans en el context de la conca mediterrània

En el conjunt de la conca mediterrània, la vegetació natural ha estat profundament transformada per l'activitat humana, i de manera més intensa a les planes, mitjançant la destrucció i el foc, el ramat i l'arada (Thirgood, 1981), i també per la urbanització i les xarxes de transport, en un procés que ha durat mil·lennis i que ha tingut com a conseqüència en molts indrets, sobretot els de clima semiàrid, l'erosió o la degradació del sòl. La causa principal de destrucció dels boscos ha estat l'expansió demogràfica i agrícola: sempre els períodes d'expansió demogràfica han estat períodes de retrocés del bosc. El darrer segle ha vist una intensificació dels canvis en els usos del sòl i també una evolució ràpida del clima, més apreciable els darrers trenta anys, amb temperatures en ascens i empitjorament del balanç hídric.

Fins a dos terços de la superfície forestal i el 90 % llarg de la biomassa en peu de la conca es troben en els països europeus. Però la major part de boscos dels països europeus de la conca estan, de fet, en zones de clima temperat o atlàntic, i no pas mediterrani. A Catalunya, els boscos mediterranis ocupen encara extenses superfícies, tot i que essencialment limitades a la muntanya baixa i mitjana, i en això el nostre país té certa excepcionalitat en el context de la conca. L'orografia, l'existència de molta superfície de terrenys inclinats que dificulten el conreu, explica aquesta persistència de grans àrees boscoses.

De manera força general, s'ha produït, en els països del nord de la conca, l'abandonament recent de moltes activitats agrícoles tradicionals en els llocs més secs o damunt els pendents més inclinats i sòls més esquelètics. Això ha permès una certa recuperació de superfícies forestals. En aquestes zones, les explotacions no acostumen a ser molt ben gestionades a causa del seu baix rendiment, cosa que pot tenir conseqüències ambientals negatives en les condicions actuals. En efecte, l'increment de superfícies boscoses i de la biomassa, i per tant del combustible, en masses joves i denses implica un augment del risc de propagació del foc. Això, juntament amb l'evolució esmentada del clima, amb un major nombre de dies d'alt risc d'inici d'incendis i amb l'augment de les activitats humanes de risc en el veïnatge de les zones forestals, pot convertir el foc en un factor essencial de l'evolució futura dels paisatges. De fet, les estadístiques del nombre d'incendis tendeixen a augmentar contínuament en totes aquestes zones. També a Catalunya, encara

que més important que el nombre d'incendis és la superfície cremada: la mitjana anual que tenim els darrers 21 anys (1983-2003) és, arrodonint, de 8.000 ha arbrades.

L'augment del risc de propagació del foc, juntament amb l'evolució del clima, amb un major nombre de dies d'alt risc d'inici d'incendis, i amb l'augment de les activitats humanes de risc en el veïnatge de les zones forestals, pot convertir el foc en un factor essencial de l'evolució futura dels paisatges.

El foc en si és certament un fenomen natural, i sempre s'han produït incendis a les àrees mediterrànies, però el que realment importa no és el caràcter més o menys natural del foc, sinó el règim de pertorbació per foc. No és igual un foc cada 200 anys que un cada 25. Sembla obvi, però cal dir-ho, perquè no està prou assumit. Un règim de focs freqüents i intensos porta a una fortíssima modificació del paisatge que afavoreix les espècies arbustives capaces d'arribar aviat a fructificar, generalment poc tolerants a l'ombra i força combustibles. Les vegetacions del Garraf i del Cap de Creus ens en poden donar una idea. Són llocs que, de segles, han cremat sovint; al Cap de Creus segur que intencionadament, per afavorir les pastures, i a tots dos casos amb l'ajut dels vents. Si augmenta la freqüència dels focs, costarà de mantenir una vegetació de caràcter forestal. El nostre paisatge mediterrani podria anar evolucionant així cap a formes més pròpies de paisatges més meridionals.

En aquest sentit, convé adonar-se que avui, a casa nostra, no hi ha boscos «naturals», en el sentit de lliures de tota intervenció humana. Cada cop n'hi ha menys al món. N'hem eliminat els grans animals que s'ocupaven d'explotar la vegetació i moltes activitats humanes tradicionals i tenim grans creixements de la vegetació. Alguns boscos semblen més naturals que d'altres, però tot i així la seva dinàmica està afectada per la manca de peces importants. Quan l'home deixa d'intervenir, no es retorna a una situació «natural», sinó a una forma secundària de vegetació empobrida en animals, i en especial en els grans animals que tenien cert paper de control sobre la vegetació, i envoltada d'activitats que generen un risc molt superior d'inici de focs. Si volem seguir tenint boscos, i especialment boscos de cert grau de maduresa, davant el perill manifest d'una recurrència excessiva dels focs, haurem de mantenir o inventar formes d'intervenció per suplir les peces que hem eliminat del sistema. És a dir, haurem de mantenir o una gestió silvícola (inclòs l'ús de focs prescrits) o una gestió ramadera, o ambdues combinades, en la major part del territori de clima mediterrani, potser deixant de banda aquells boscos que es vulguin mantenir com a reserves integrals, tot i saber que tindran un risc més alt de cremar.

Les condicions al sud de la Mediterrània són ben diferents, ja que l'explosió demogràfica comporta una sobreexplotació del

bosc i de les pastures, de manera que no hi ha massa incendis però, en canvi, es produeix una forta regressió de les zones forestals, amb una taxa mitjana de $-1,1\%$ anual, superior fins i tot a la que es dona als països tropicals ($0,8\%$). D'altra banda, els boscos meridionals són més sensibles al canvi climàtic i, en zones amb pendents forts, a l'erosió. El risc de desertització, sobretot per sota dels 400 mm de precipitació anual, hi és considerable. Al capítol 7 ens ocuparem dels incendis forestals a Catalunya.

Encara que és difícil demostrar-ho, el canvi climàtic cap a estius més llargs i eixuts, amb temperatures més altes, i l'empitjorament resultant del balanç hídric, amb descens de la humitat edàfica, poden estar canviant també el règim de focs (freqüència, recurrència, intensitat i dimensions dels incendis) i afavorint canvis en les espècies dominants, en benefici de les més resistents a aquestes noves condicions (Lavorel et al., 1998). Hem constatat un major nombre de dies d'alt risc d'inici d'incendis (Piñol et al., 1998), i no hi ha dubte de l'augment de les activitats humanes de risc en el veïnatge de les zones forestals. Altres problemes de caràcter ambiental pesen sobre el futur del bosc. Destaquem entre ells la contaminació. Encara que a Europa la situació ha millorat sensiblement els darrers deu anys pel que fa a les pluges àcides, queden motius de preocupació, com l'ozó i altres contaminants, les plagues, especialment els fongs, i potser, en el futur, l'increment de radiació ultraviolada.

Catalunya és un país poblat des de molt antic, i la presència de l'home s'ha deixat sentir pràcticament a tots els racons. No hi ha, doncs, medis naturals verges. Força més de la meitat del país té ambients forestals, de matollar o prat; una part petita són ambients aquàtics i aiguamolls; la resta són conreus, establiments humans i vies de comunicació. Si es compara amb països com Itàlia, l'antiga Iugoslàvia o Albània, on hi ha més proporció de zones de climes temperats, la proporció de boscos mediterranis a Catalunya és gran, i, per tant, els problemes de baixa rendibilitat i mala gestió i de creixent risc de foc són importants. En canvi, no ho són els de desertització, que sí es donen ja al sud de la península Ibèrica.

La ràpida regressió dels boscos mediterranis a gran part de la conca fa més valuosos els que tenim des del punt de vista de la conservació. Aquest és un element que no ha estat prou considerat, ja que la protecció s'ha orientat sobretot a l'excepcionalitat local, i així el PEIN mostra un clar dèficit de bosc mediterrani, perquè ha estat considerat normal i no excepcional.

Els boscos catalans són molt majoritàriament de propietat privada, molt fraccionada, ja que prop del 75 % de les finques tenen menys de 25 ha, encara que aquestes només representen un 17 % de la superfície forestal. La societat exigeix que els

boscos compleixin, a més de les funcions productives, d'altres ecològiques, hidrològiques i paisatgístiques, i que tinguin usos de lleure, però dona poques compensacions a canvi als propietaris que els han de gestionar. Molts boscos, sobretot sota clima mediterrani, no són comercialment rendibles. Això condiciona molts aspectes de la seva situació actual. Els propietaris haurien de gastar-hi diners a fons perdut per mantenir els usos ambientals i socials, cosa que sembla realment demanar massa. En amples regions del país, el despoblament rural comporta a més una expansió de nous boscos formats per ocupació d'antics conreus abandonats. Aquests boscos es desenvolupen sense cap planificació, formant masses molt denses amb elevat perill de propagació del foc. No cal dir que si els propietaris ja no podien explotar els conreus, menys encara poden ocupar-se de la gestió d'aquests nous boscos. És cert que alguns boscos són encara relativament rendibles i estan ben gestionats, però ni en aquest cas els propietaris són compensats per les funcions ambientals i socials del bosc, sinó només pels productes que en poden treure i vendre. És més, una part dels rendiments del bosc no implica ingressos per als propietaris (això passa molt especialment en el cas dels bolets). Qualsevol esforç per millorar la situació actual dels nostres boscos passa per considerar els aspectes ecològics, econòmics i socials.

Aquest text és sobretot una contribució al coneixement estructural i funcional dels boscos catalans en una perspectiva ecològica i de gestió, però no podem deixar de banda els canvis que, en l'ús i la percepció dels boscos, es produeixen en la nostra societat. En la resta d'aquest capítol farem un cop d'ull, necessàriament superficial, a aquests canvis.

• • • • • La percepció social dels boscos

Els boscos van ser considerats, durant segles, llocs insegurs; per exemple quan en l'edat mitjana i moderna, el bandolerisme i les guerres inacabables sacsejaven Europa la desforestació facilitava la vigilància. L'ús extensiu de la defoliació al Vietnam és un exemple prou recent d'una situació semblant. Els boscos no eren només insegurs. Se'ls considerava també insans. La destrucció de boscos a les rodalies dels pobles era una mesura tinguda per útil per evitar malalties. A Europa, durant els segles XI-XIII, la paraula *aedificare* significava no solament construir, sinó també desforestar i millorar el sòl, i els conflictes entre els que desitjaven desforestar i els que preferien conservar el bosc per explotar-ne els productes (la fusta, la caça, etc.) van ser freqüents. Es passaren diverses transicions entre fases de desforestació intensa i altres més proteccionistes (Glacken, 1996). Les modernes societats industrials i el creixement urbà estan capgirant les pautes d'organització del territori. Ara, a les àrees més habitades, els sistemes molt artificialitzats i controlats per l'home esdevenen cada cop més la trama principal, amb

establiments humans i conreus, mentre els espais més forestals apareixen formant taques isolades en aquesta trama. Un exemple de com s'inverteix una pauta tradicional en el territori el tenim en les pastures. Les tanques que protegien els camps dels ramats desapareixen, i ara són els ramats i les seves pastures (és a dir, el sistema ecològicament més madur) els que es tanquen en una zona delimitada per una tanca electrificada. La protecció d'àrees forestals, encara que no hi hagi tanques, ha seguit en essència un plantejament semblant: es delimiten zones protegides, deixant la resta del territori més lliure per altres activitats. Aquests canvis no deixen de tenir conseqüències ecològiques, sobretot a causa dels efectes de la fragmentació sobre la biodiversitat.

S'està produint una inversió de la pauta tradicional en l'ús del territori: en molts llocs, s'imposa una matriu urbana i periurbana, o urbanorural, mentre les zones forestals queden restringides a taques fragmentades.

Els darrers temps han aparegut noves actituds culturals pel que fa als boscos. La relació de les societats humanes amb el bosc sempre havia estat marcada pel fet que en l'ús del territori competia fins a cert punt el bosc amb les necessitats de produir aliments i altres productes essencials (agricultura i ramaderia). En conjunt, en aquesta competència el bosc hi ha sortit tradicionalment perdedor. Sens dubte, algunes àrees forestals han estat apreciades en molt diverses cultures per motius religiosos (boscos sagrats, per exemple). Però la moderna concepció que els boscos mereixen ser conservats *per se* és un fenomen essencialment urbà, vinculat a la percepció que la natura, en estat més o menys salvatge, tendeix a rarificar-se. Com a conseqüència de la pressió política, la conservació esdevé, cada cop més, un tema de planificació i decisió pública. Aquesta intervenció de l'Administració de vegades ha repetit alguns errors del passat, però ja es comença a comprendre que la solució més adient per fer compatible el manteniment de les funcions múltiples que reconeixem als boscos no és el mer intervencionisme sinó un compromís social entre tots els agents per una gestió adient a aquest propòsit. Però per entendre la situació socioecològica actual ens cal mirar un xic enrere.

La moderna concepció que els boscos mereixen ser conservats *per se* és un fenomen essencialment urbà, vinculat a la percepció que la natura, en estat més o menys salvatge, tendeix a rarificar-se.

• • • • • Les arrels històriques de la situació forestal

Nota: L'autor d'aquest capítol no és historiador, i per confegir els sis primers subapartats d'aquest apartat ha resumit en una gran part la tesi doctoral de Pere Sala (vegeu referència al final), encara que complementant certs aspectes amb altres fonts.

De Roma al feudalisme

Veiem en primer lloc alguns antecedents. La romanització fou intensa a zones costaneres com l'Empordà, on hi deixà petites viles de propietat repartida, i escassa en canvi als Pirineus, on la gent s'agrupà en pobles encimbellats i castells. Ara, els Pirineus contenen una proporció petita de la població catalana, però al llarg de molts segles el repoblament de les planes es féu a partir de la muntanya. A les valls centrals d'Osona, el Bages i el Vallès, inicialment poc ocupades, les agrupacions es van fer sobretot al voltant de monestirs. Aquestes diferències de partida van tenir conseqüències a molt llarg termini, com veurem, pel que fa al règim de tinença de la terra. A la Catalunya Vella, la població no es va veure gaire afectada per la conquesta musulmana. A l'època carolíngia, a partir sobretot dels segles VIII i IX, s'institueix el règim de propietat de les *aprisions*, o drets del primer ocupant per a les terres que els musulmans abandonen. Les *aprisions* sovint prenen la forma d'*alous* (el que vol dir amb domini ple i sense càrregues) cedits per la corona a grans propietaris i a l'Església o a petits i mitjans propietaris que hi estableixen *masos policulturals*, a partir de la rompuda de boscos. El resultat d'això és que, a la muntanya mitjana i baixa de la Catalunya Vella, s'hi troba una població pagesa desagregada que té llibertat per vendre i comprar terres i per desplaçar-se, situació que es modifica a partir de la segona meitat del segle XI, quan els pagesos van quedant sotmesos al domini d'un senyor o de l'Església. És només llavors quan es trenca la tradició romana de relació entre poder públic, mediat per funcionaris, i poble, instaurant-se el vassallatge i el feudalisme. A la Catalunya Nova, després de l'abandonament per part dels musulmans i des de la primera meitat del segle XII, el territori s'ocupa amb establiments agregats, o sigui pobles, i no en cases aïllades, amb predomini dels cultius de cereals de secà i de la ramaderia transhumant.

En tots aquests casos es funcionava sota el règim romà: la titularitat dels *drets* de la terra comportava unes quotes d'aprofitament dels comunals que eren, a la major part del país, hereditàries, i també comportava unes obligacions de cultiu. Els colons tenien dret a la collita, i encara que pel que fa al rostoll i la llenya i fruits dels espais no conreusats hi era habitual l'ús comú, aquest mai no va estar reconegut jurídicament (Sala, 1998). En el cas dels Pirineus, en canvi, la situació era diferent, ja que hi predominava una població basada en l'economia pastoral i se seguia un règim germànic i no romà: la titularitat dels drets (es tracta de drets i no de propietat), almenys en els terrenys més allunyats dels nuclis de població, no era hereditària sinó col·lectiva, i les quotes d'aprofitament es podien redistribuir en funció de les necessitats canviants de les famílies. Aquestes bases diferenciades, dret romà a la major part del país i dret germànic al Pirineu, comportaren importants conseqüències, que arriben fins als nostres temps. Però, naturalment, hi ha molts canvis significatius que introdueixen matisos complexos.

Feudalisme i revoltes pageses

Amb el feudalisme, els pagesos són sotmesos a la condició de *remences*, el que vol dir que queden vinculats, ells i els seus descendents, a la terra, i només poden deslliurar-se pagant la remença, que és una quantitat fixada lliurement pel senyor feudal. No tenen dret a emigrar sense llicència del senyor i poden ser transferits juntament amb l'alou en cas de venda o llegat. Sobretot a les planes de Vic, de l'Empordà, del Maresme o del Vallès hi poden haver pagesos anomenats *grassos*, amb alguna propietat i alhora lligats a un predi feudal, però els pagesos més pobres, potser una quarta part de la població al segle XV, són homes *propis*, o sigui d'un sol senyor i amb prohibició de prendre terres d'altres senyors en emfiteusi, i *solius* (que vol dir que renuncien a tota protecció d'altres senyors, inclòs el rei, davant del seu senyor). Ja es pot comprendre que, en poc temps, aquesta dependència dels pagesos permetés el desenvolupament d'una relació molt abusiva, i en particular dels, amb raó, anomenats *mals usos*.

La crisi demogràfica del XIV, amb els successius episodis de pesta negra i els terratrèmols, fan perdre valor als camps, ja que no hi ha mà d'obra per explotar-los. Molts masos, desoblats, esdevenen *masos rònecs*, i els que queden augmenten de superfície. En baixar els rendiments, la pressió dels senyors s'incrementa i això porta els pagesos a la desesperació i a la insurrecció. Aquest serà un fet crucial i diferencial en la història de la pagesia catalana, comparada amb la de països veïns. La revolta s'inicia a finals del segle XIV, i de manera intermitent es prolonga un segle. El paper dels reis varia en funció del conflicte entre oligarquies i monarquia. La Generalitat dona suport als feudals i arriba a oferir la corona a diversos prínceps estrangers. El triomf de la monarquia sobre feudals i dignataris de l'Església resol finalment la qüestió remença: Ferran II dicta la sentència arbitral de Guadalupe (1487), per la qual la relació dels pagesos amb els senyors passa a ser un contracte d'emfiteusi: es mantenen censos, delmes i altres obligacions però s'aboleixen els mals usos i els pagesos recuperen la llibertat de disposar de les seves persones i els seus béns mobles i la de transferir el domini útil del mas sense l'autorització dels senyors directes. Encara que les relacions de servitud es mantindran molt de temps en certs aspectes, els gravàmens queden pràcticament fossilitzats. S'aboleixen del tot molt més tard, amb la reforma agrària de la primera meitat del segle XIX.

La configuració de la pagesia moderna

La revolució pagesa del segle XV fa del camperol català un pagès de característiques molt diferents dels de països veïns en els quals no hi ha reforma agrària, ja que esdevé un propietari de fet, que explota directament la terra i hi inverteix. Per aquesta raó, el latifundisme desapareix, es recuperen molts

masos rònecs i l'agricultura passa a ser un poderós motor de desenvolupament. Tanmateix, queda durant dos segles més el problema del bandolerisme, nascut en part de la petita noblesa arruïnada, en part de la pagesia més pobre privada de terres.

Amb els canvis demogràfics i socioeconòmics, les pressions per privatitzar les terres s'incrementen. Des de finals del segle XVII, la propietat individual dels masos passa en molts casos a mans de famílies d'origen remença. Aquests masos juguen un paper essencial al segle XVIII a la Catalunya Vella. L'agricultura catalana arriba a suposar una part substancial de les exportacions de l'Estat. La institució de l'hereu garanteix el manteniment de les dimensions de les explotacions i fa del camp una font permanent de joves cabalers o fadrísters que, o bé es fan càrrec d'altres explotacions per la via del matrimoni amb pubilles, o bé marxen a ciutat i creen negocis amb la legítima que els correspon de l'herència, el que té una gran importància en el desenvolupament econòmic urbà (Sala, op. cit.).

Al segle XVIII hi ha un ràpid procés de transformació del medi rural i natural, conseqüència dels canvis socials al medi rural i del desenvolupament econòmic i tecnològic de l'agricultura.

La transformació del medi s'accelera. L'*artigatge* és un contracte que permet tallar un rodal de bosc o matollar, carbonejar i plantar patates, a canvi d'una compensació al propietari legal. Alhora, hi ha diversificació de plantacions, intensificació per regadiu, i s'estenen els conreus, en especial les vinyes amb els contractes anomenats de *rabassa morta*. Es tracta de contractes temporals que permeten al pagès plantar vinyes amb ple domini útil, pagant una part al propietari, durant tot el temps en què els ceps romanguin vius. L'aspecte que ací ens interessa més és que les vinyes substitueixen grans extensions de bosc, situació que es mantindrà fins a la crisi de la fil·loxera de finals del XIX. En realitat, primer s'estableix un cicle de fases de vinya i bosc, ja que en morir les rabasses el pagès abandona el conreu. Després, però, es milloren les tècniques i s'allarga la durada de les vinyes (mitjançant els anomenats *colgats*). Això encén un conflicte entre propietaris i rabassaires, ja que la persistència del conreu priva el propietari de disposar de la terra i renegociar els contractes. Aquest nou conflicte dura tot el segle XIX i part del XX.

Els drets comunals entren en crisi ja gairebé total a finals del XVIII, quan es produeix la revolució agrícola, que suposa la rotació de conreus i la privatització i el tancament de la terra pels propietaris efectius. La rotació provoca la progressiva minva dels guarets, i per tant conflictes entre agricultors i ramaders, entre masos i municipis. La ramaderia, mancada d'espai, passa del sistema de transhumància a l'establació i a l'alimentació amb farratges que són produïts precisament en els antics gua-

rets pel sistema de rotació. Ara el farratge es pot vendre, i per tant els propietaris no volen compartir l'ús dels guarets. Els pagesos sense terres han de fer-se jornalers o emigrar a les ciutats, passant a integrar les noves masses d'assalariats que permetran la revolució industrial del segle XIX.

L'intervencionisme estatal al segle XVIII i el triomf del liberalisme

Des del segle XVII hi ha algunes regulacions proteccionistes de l'activitat forestal. Per exemple, les *Ordenacions Forestals de Catalunya* del Bisbe de Solsona, de 1627, constitueixen un dels documents més antics coneguts a Europa en relació a la protecció contra el foc i constaten també els efectes perversos de certes formes d'explotació de la fusta o per produir pega i quitrà, en gran part relacionades amb la construcció de vaixells. Tanmateix, l'intervencionisme de l'Administració no és només proteccionista, ni de bon tros. Les necessitats de la Marina estatal són enormes i consumeixen molta fusta, sobretot d'alzina, roure, pi roig, pinassa i avet, que a Catalunya es treu fonamentalment dels Pirineus i de la serralada Transversal i es porta a les drassanes, la més important de les quals és la d'Arenys, seguida de les de Barcelona, Mataró i Canet (Urteaga, 1987). Les extraccions són excessives i, a més, la Marina té el dret de tallar els millors arbres a les forests, comunals o particulars, així que els boscos s'empobreixen molt i això genera conflictes. A la segona meitat del segle XVIII es combinen una forta activitat de les drassanes per aprofitar el comerç amb Amèrica i l'expansió agrícola per fer minvar els boscos. A més, la manca d'existències i la forta demanda fan pujar el preu de la fusta i el carbó de forma extraordinària, i això contribueix a la regressió forestal. La lamentable situació dels boscos i la irritació dels pagesos contra les extraccions públiques ja havien forçat justament l'aparició de normes i regulacions estatals des de primers del segle XVIII. Des de 1748, les *Ordenanzas de Montes* donen el control dels boscos a la Marina, que és qui ha d'autoritzar les tales, regulen també pastures, rompudes, etc. i miren d'estimular les plantacions. La resistència i la desobediència són tan importants que, a finals del segle XVIII, el fracàs de la política forestal és evident. Encara que s'estableixen limitacions a les noves rompudes, el rigor de les normatives es debilita i hi ha un estat d'opinió creixent en favor d'idees liberals i de la inevitabilitat d'aquestes rompudes, atès que la substitució de boscos per conreus respon a les lleis del mercat (Urteaga, 1987).

Les solucions proposades pels liberals són, és clar, competència i lliure mercat, supressió dels drets de la Marina i de les *Ordenanzas* i privatització dels comunals. Aquestes tendències s'imposen en el segle XIX. El 1812, poc després dels debats a les Corts de Cadis sobre la possibilitat de desamortitzar els comunals, l'Estat aboleix la reserva de drets sobre els millors boscos que tenia la Marina. Es produeixen després diverses

desamortitzacions. La de 1855 suposa la culminació de l'expropiació general de gran part de les terres de l'Església i de les que eren béns propis dels municipis per l'Estat, i la seva posterior venda a particulars per tal de cobrir necessitats de la hisenda pública. No es permet la venda dels terrenys d'aprofitament comú, o comunals, per protegir les poblacions locals, però el sistema tradicional s'acaba ja que es produeix una apropiació d'aquests comunals pels municipis.

A Catalunya, només a Lleida hi ha extensions importants de terres susceptibles de ser desamortitzades. Els boscos d'utilitat pública i comunals reconeguts per Hisenda el 1901 no arribaven a les 250.000 ha. A mitjan segle XIX, els boscos i pastures privats a Catalunya són de manera aproximada un 75 %, pràcticament el mateix que hi ha ara (Sala, op. cit.).

Una conseqüència dels canvis en el món rural és que, amb els excedents de població pagesa sense terra generats pel tancament, es crea el mercat del treball que caracteritza l'economia de mercat, però això no vol dir que les explotacions agràries entrin plenament en una dinàmica econòmica moderna. No és així. La majoria d'explotacions són de caràcter familiar i fan més atenció a la seguretat dels ingressos (diversificant la producció per minimitzar els efectes de la impredecibilitat de les collites) i a la pròpia autonomia (autoconsum i no dependència del salari d'un patró) que no pas a la maximització dels beneficis que caracteritza la mentalitat capitalista (Sala, op. cit.). L'estratègia del pagès és més de resistència que d'atac o de competència. Hi ha pocs dubtes que això ha ajudat a desenvolupar unes característiques culturals específiques, i en Josep Pla n'ha fet una anàlisi prou coneguda. Destaquem-ne, perquè ens serà útil en el que segueix, tres: la desconfiança en relació amb les decisions preses des de les administracions i amb les opinions dels tècnics, el conservadorisme i l'enorme transcendència que el pagès atorga a la seva propietat, a la qual associa la seva autonomia i la seva seguretat. Un exemple clar del tarannà pagès, per oposició a l'urbà, el tenim a la segona meitat del segle XIX i inicis del XX: mentre, en termes generals, la burgesia urbana és liberal i catalanista i el proletariat urbà, revolucionari i poc interessat per la qüestió nacional, entre la pagesia predomina el carlisme tradicionalista i foralista (Reglà, 1974), en bona part a causa de la desconfiança i reacció contrària en front de les polítiques liberals en relació amb la terra.

Si bé els canvis que acabem d'exposar són molt generals, no són, tanmateix, directament aplicables a les zones de muntanya, on subsisteixen en part els comunals o, més aviat, els seus vestigis municipalitzats, cosa que implica un funcionament encara més antagònic amb l'economia de mercat. A més, les zones de muntanya són les més afectades per les regulacions estatals, primer per garantir recursos bàsics o estratègics, com

l'aigua i la fusta per a la construcció de vaixells o vies fèrries, i després per raons de protecció hidrològica i control de l'erosió. Atès que els comunals funcionen sobre la base de l'ús compartit i regulat minuciosament per la col·lectivitat, o sota la influència de decisions i regulacions tècniques planificades, podem suposar en principi que tenen una garantia de sostenibilitat a llarg termini. Alguns han reivindicat la tradició dels comunals pels seus valors ecològics, sens dubte amb certa idealització, comparant-la amb els períodes de tancament de terres que poden empènyer la població exclosa a practicar rompudes no autoritzades, provocar incendis, practicar la caça furtiva i altres fenòmens que avui afecten moltes zones forestals del món, com és el cas de l'Amazònia.

L'intervencionisme proteccionista-productivista dels enginyers

Les idees liberals troben un adversari inesperat amb l'aparició dels enginyers de monts (l'Escola de Madrid es creà el 1847). Aquests professionals es fan responsables de l'interès de l'Estat en la preservació dels interessos socials per la protecció del règim hidrològic i la lluita contra l'erosió, com també de l'increment de la producció per la racionalització de les explotacions, i ja a la segona meitat del XIX imposen criteris de gestió des de l'Estat. La intervenció del Cos d'Enginyers topa amb les tendències d'Hisenda i dels polítics liberals a la privatització dels comunals mitjançant expropiació i venda. Això crea un conflicte al si de l'Administració, conflicte en el qual els enginyers argumenten en contra de la privatització que la gestió racional ha de suposar majors ingressos a Hisenda en forma de taxes i que la propietat particular mai no iniciarà gestions forestals de torn llarg en les zones que cal regenerar. Els nous criteris no són ben rebuts per la població pagesa, que els veu com una intromissió en la seva propietat i llibertat de decisió. El resultat principal des del punt de vista de la població de la muntanya és que la introducció del sistema de subhasta suposa que els productes de les forests públiques es privatitzin, i privin així els veïns del seu aprofitament gratuït (Sala, op. cit.)

Els enginyers critiquen també la gestió feta des dels municipis, als qui acusen de permetre el sobrepastoreig i les excessives extraccions de llenya. Aquestes acusacions tenen base, ja que, si bé és cert que existeixen regulacions curoses de l'ús col·lectiu tradicional, també ho és que hi ha tensions i desequilibris que poden arribar a ser importants, com quan pugen els preus dels productes forestals durant la segona meitat del segle XVIII. L'aparició d'usos industrials, com és la demanda de llenya com a combustible per a les fargues, tendeix a introduir l'economia de mercat en front de la d'autoabastament i subsistència. Al mateix temps, hi ha veïns pobres que no poden entrar en aquesta dinàmica però que fan rompudes no previstes ni autoritzades. A més, els períodes de creixement demogràfic

creen moltes dificultats al manteniment del sistema tradicional. En aquests períodes de tensió es llisca sovint cap al que es coneix com la *tragèdia dels comunals*, segons l'expressió creada per G. Hardin: cadascú tendeix a forçar els aprofitaments, per por que ho faci el veí. És per això que hem dit que la gestió tradicional dels comunals ha estat de vegades idealitzada.

El conflicte entre enginyers i municipis serà quasi permanent ja al llarg del segle XX: l'interès social pels boscos no para de créixer, primer per les raons aportades pels enginyers, més tard per les pressions conservacionistes. La intervenció estatal, tant si és per a la venda de terres o per a la gestió pública de les terres comunals amb l'objectiu d'augmentar-ne la producció i crear excedents comercialitzables, tendeix sempre a obrir el sistema a l'economia de mercat. L'enginyer forestal és, de fet, en els inicis, un expropiador dels drets veïnals, sota la bandera de la preservació de certes funcions del bosc. És també un agent centralitzador (Sala, op. cit.). Primer s'introdueixen taxes sobre usos comuns i productes subhastats i ben aviat, el 1873, es regulen les explotacions forestals amb els *plans d'aprofitaments forestals*. La resistència que genera aquesta intervenció estatista entre la població local es manifesta no pagant les taxes ni declarant les extraccions, i en això actuen els municipis sovint com encobridors, i no licitant a les subhastes (això darrer, sovint, per manca de recursos econòmics). Poc a poc, les posicions s'aproximen i els enginyers accepten reserves a favor dels veïns en les subhastes i esdevenen més tolerants amb certs usos pastorals, mentre que els municipis es van sotmetent a la pèrdua d'autonomia de gestió. D'altra banda, com que ja no hi ha tanta pressió per desamortitzar, els enginyers deixen més en segon terme l'argumentació proteccionista, que els havia servit en el conflicte amb Hisenda per mantenir la propietat pública dels boscos, i augmenten la tendència productivista, sobretot a partir dels anys vint del segle passat, en què es desenvolupen molt les indústries forestals (Sala, op. cit.). Tanmateix, és indubtable que l'interès pels aspectes de protecció entre els enginyers és genuí, arrela en una llarga tradició d'autors anteriors que clamaven contra la destrucció dels boscos, i respon realment a una necessitat social que enllaça, també conflictivament, amb la posterior aparició de les demandes ecologistes: l'ordenació forestal ha conservat sempre el doble objectiu de protecció i producció.

Els enginyers introdueixen criteris científics, però a la pràctica això no suposa canvis massa importants per a la gestió de la major part dels boscos catalans. En efecte, la forma d'ordenació més general dels boscos mediterranis és la tala selectiva o d'aclarida en bosc irregular. En aquest sistema, les finques es divideixen en tantes parts com anys té el torn d'aclarida (*métode de cabuda*), de manera que cada any es pugui treure el rendiment d'aclarir una de les divisions. Això s'acosta força a les formes tradicionals d'explotació del bosc a Catalunya. Els engi-

nyers s'hi han d'amotllar, en contra de les teories silvícoles apreses a l'escola, perquè en molts casos les condicions del país i les dimensions de les finques particulars, massa petites, quasi sempre fan impossible altra cosa. Ja des de primers del segle XX es comença a parlar d'una silvicultura mediterrània que cal desenvolupar. A partir de 1930, entre els textos i disposicions dels enginyers es comencen a revaloritzar els productes secundaris altres que la fusta, i es parla dels usos múltiples del bosc en els ambients mediterranis. En realitat, el tipus d'ordenació d'aclarida selectiva s'estén també a molts boscos de muntanya, on els relleus abruptes i les dificultats de regeneració fan problemàtic l'ús de la silvicultura centreeuropea de boscos regulars i torns llargs, amb tales arreu per quaters (Sala, op. cit.).

La gestió tradicional del bosc privat i les seves conseqüències

L'acció dels enginyers, de fet, tendeix a concentrar-se en els grans boscos públics regulars de coníferes de propietat municipal dels Pirineus, renunciant pràcticament a la resta del territori, on predomina una gestió privada en els boscos irregulars de torn curt. Per a un propietari privat, les característiques de l'explotació forestal són diferents, i en certa manera complementàries, de les de les explotacions agrícoles. L'explotació forestal, paradoxalment (ja que no és fàcil per exemple canviar d'espècie), és flexible a l'hora de respondre a alces o baixes del mercat, ja que es poden anticipar o tornar a alentir les extraccions. Però l'agrícola s'adapta més a curt termini a canvis en la demanda, per la possibilitat de substituir fàcilment els conreus. El bosc fa així un paper de reserva per a temps difícils o per poder disposar de diners en un moment donat, per exemple per millores en l'habitatge o a les finques o com a dot en matrimonis (sovint entesos com operacions de mútua conveniència). En qualsevol d'aquestes formes, l'explotació privada dels boscos no es pot dir que hagi estat, de manera general, depredadora. Empra els productes per autoconsum, però també respon a les demandes del mercat quan en té oportunitat. El bosc es considera una riquesa, un patrimoni a transmetre als hereus, i per tant la gestió que es fa és, el més sovint, sostenible. La propietat privada no elimina, doncs, el bosc. Els enginyers ho reconeixen i, mentre defensen la propietat pública dels boscos d'alta muntanya, perquè el bosc gran de coníferes amb torns de 80-120 anys demana inversions inabastables pels individus o municipis, creuen també que la gestió privada pot funcionar millor a la resta del territori, ja que fa rendible el bosc menut de torns de tala curts, compatible amb un ús múltiple sostenibilista del bosc.

Però cal admetre que en aquest cas del bosc privat, com en el dels comunals, tampoc podem idealitzar la solució, ja que s'han produït crisis importants. Una és la ja descrita de la segona meitat del segle XVIII, quan els alts preus de fusta i carbó porten a una ràpida «realització de beneficis» força devastado-

ra. Més tard, durant la Gran Guerra, alhora que s'enfonsa el preu del suro, augmenta molt la demanda de carbó, cosa que afecta molt greument els boscos del Gironès, l'Alt Empordà i també altres parts del territori. A més, els aprofitaments químics també dinamitzen les explotacions durant la primera meitat del segle XX, introduint les explotacions forestals de tipus mediterrani en una dinàmica econòmica industrial que trenca amb els plantejaments tradicionals per la manera en què té lloc (hi ha precedents en què l'ús industrial no ha tingut aquests efectes ambientals lesius, com és el cas del suro, que és una collita sostinguda i no un mer aprofitament depredador d'una conjuntura favorable de la demanda). A partir dels anys quaranta-cinquanta del segle XX, s'abandona el carboneig i decauen diverses indústries basades en les escorces i fibres, com també la demanda de castanyers, etc., i hi ha, com a conseqüència, una gran recuperació de la massa forestal. Però el període transitori d'intensificació de les extraccions per demandes puntuals, com en altres períodes històrics amb els cicles d'explosió demogràfica, demostra que, si bé les explotacions privades poden ser, a la pràctica, més productives que les públiques i igualment sostenibles, ho són sempre que, o no s'integrin del tot en la dinàmica de l'economia de mercat, o no es vegin afectades per algun cicle de demanda molt forta de productes o territori, igual com hem vist que passava amb el sistema tradicional de comunals.

Conservacionisme ambientalista i polítiques de conservació

No cal dir que l'exemple extrem d'aquesta demanda del mercat és el de la urbanització. Quan apareix amb força el moviment ambientalista, en el darrer quart del segle XX (la mala situació dels boscos fa aparèixer veus i propostes de protecció des de finals del XVIII, però no un moviment popular), la primera preocupació per limitar d'alguna manera la iniciativa de la propietat privada als boscos s'associa molt especialment al desig de frenar la forta empenta de la construcció de residències secundàries. Aquesta preocupació té la seva justificació, ja que la transformació a usos urbans del sòl garanteix beneficis immediats molt alts. El problema no és exclusiu dels boscos, sinó que s'estén a altres recursos renovables que rendeixen menys que el diner ben invertit (cosa que potser les incerteses borsàries dels darrers temps posarien en qüestió). La preocupació per evitar la transformació de boscos en sòls urbans està present també en primera línia de les normatives proteccionistes que es generen.

L'aparició d'un nou element, l'ambientalisme militant, enmig del contenciós que està ja relativament estabilitzat entre privats, municipis i Administració estatal, canvia altre cop la situació. De manera general, les primeres idees ambientalistes parteixen de posicions emocionals bastides, amb força precarietat, al damunt de generalitzacions idealistes sobre la natura i el seu funcionament.

L'aspecte més criticable i perillós de les simplificacions ideològiques ambientalistes és una creença platònica en l'*equilibri de la natura*, segons la qual la natura, per ella mateixa, és perfecta, de manera que qualsevol canvi induït per l'home la degrada, però es refà espontàniament si l'home deixa d'intervenir, i per tant la millor gestió és no fer res.

Alertats principalment, com dèiem, per l'abundància de maniobres d'especulació immobiliària a l'època tardofranquista i primers temps de la democràcia, els ecologistes inicien accions destinades a incrementar la *mise à part*, la protecció, sota figures com les de parcs naturals, reserves o altres, dels territoris que consideren més interessants i valuosos. Les reivindicacions poden basar-se en arguments que van de l'existència d'una espècie rara a les qualitats estètiques del paisatge, però sovint són mancades de criteris jeràrquics massa clars perquè s'organitzen localment en resposta a perills reals o imaginats. En tot cas, aquestes reivindicacions localistes proliferen arreu, des d'una preconcepció de desconfiança envers de la propietat privada, que molts ecologistes consideren perillosa perquè està essencialment orientada al guany i, per tant, procliu a l'especulació. I també des de la desconfiança envers la gestió pública, potser com a resultat dels anys de dictadura, en què hi havia escassa transparència administrativa i informativa i alts nivells de corrupció. La projecció d'aquestes reivindicacions en els mitjans de comunicació és considerable. De fet, els ecologistes assolixen èxits importants i realment aturen projectes molt negatius (potser el cas més espectacular no és sobre boscos però sí forestal: el salvament dels aiguamolls de l'Empordà de l'especulació immobiliària), però pàgines i empresaris forestals es queixen, amb prou raó, del fet que arribi a fer-se sospitosa qualsevol intervenció de millora o manteniment.

El missatge que tots tenim dret a gaudir del patrimoni natural té, des del punt de vista dels ecologistes, força d'argument per reclamar la vigilància en front d'activitats destructives d'aquest patrimoni. La gent d'origen urbà s'identifica bé amb la idea que potser la més important de les funcions del bosc i del paisatge sigui la de proporcionar plaer estètic i lleure. Encara que es tracti d'un plantejament esbiaixat, és molt important adonar-se que implica que la gestió del bosc, gairebé de qualsevol bosc, ha passat a ser un afer públic: una bona part de la societat i dels mitjans de comunicació reclamen la intervenció de l'Administració per garantir aquest ús. Veiem com respon l'Administració.

L'intervencionisme conservacionista de les administracions

Les administracions s'adonen que existeix una simpatia social considerable per la conservació i comencen a prendre mesures, que condueixen al primer intent global de planejar la

conservació a escala catalana, el 1985, amb la Llei d'espais d'interès natural. La conseqüència més important d'aquesta llei, però, és que trenca amb el difícil consens previ entre el sector privat i les administracions, ja que, a partir d'ella, no només s'estableixen diferents tipus de limitacions (d'acord amb diferents figures de protecció), sinó que diputacions i municipis poden fer plans especials restrictius per garantir el nou ús social assignat als boscos: la conservació, ja no hidrològica, sinó de valors naturals en general. El raonament que es fa des de la política és que cal conservar perquè hi ha una demanda social. La desgràcia és que l'ús social és vist, també per l'Administració, sobretot com la possibilitat que tots els ciutadans gaudeixin del patrimoni natural, és a dir que, des del punt de vista polític, s'identifica molt amb el lleure. De fet, la preservació que es decideix és, en primera instància, una operació d'imatge que només dóna tots els seus fruits si cada cop més gent «utilitza» l'espai protegit. Aquest plantejament està abocat a entrar en conflicte amb l'objectiu mateix de la protecció, ja que la freqüentació massiva és un factor important de degradació del medi. Però el fet és que, inicialment, les normatives que apareixen tenen totes un clar esbiaix: es tendeix a restringir qualsevol ús privat, i en primer lloc, com és lògic, el canvi d'usos més radical, com és la urbanització, i es fomenta el lleure, l'atracció de visitants, sobretot d'origen urbà, ja que això és «popular» i «justifica» la pròpia intervenció de l'Administració.

Un dels principis essencials de la creació d'espais protegits és que esdevinguin instruments de desenvolupament de les poblacions locals, però perquè així sigui cal alguna cosa més que delimitar una àrea sobre un mapa, omplir els camins de rètols ben dissenyats que facin publicitat de l'Administració protectora, i atraure visitants. De fet, en actuar d'aquesta manera s'opta per la via fàcil, l'esmentada *mise à part*, sense entendre prou bé que la «socialització» sense contrapartides del territori tendeix a excloure'n la població pagesa o a reconvertir-la al sector de serveis, en un procés en certa manera comparable al tancament de terres. L'aspecte més negatiu d'això és, naturalment, que aquesta població pagesa és qui gestiona el territori. Les administracions adopten en certs casos, per comoditat, l'errònia concepció de la conservació com absència d'intervenció, i a més creen condicions favorables a la desaparició dels veritables gestors. Es tracta, en efecte, d'una concepció errònia, ja que hem vist que no hi ha boscos naturals i la gestió és necessària, i l'error es magnifica si els gestors tradicionals se senten exclosos. El ressentiment del món rural davant d'això és patent i l'enfrontament entre les poblacions i algunes administracions arriba a ser important.

Les administracions han adoptat en certs casos, per comoditat, l'errònia concepció de la conservació com absència d'intervenció, i a més creen condicions favorables a la desaparició dels veritables gestors.

El Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN), aprovat el 1992, que en aquests moments afecta 144 espais que sumen el 20 % del territori català, preveu una protecció «bàsica», consistent en una especial tutela per dificultar les requalificacions urbanístiques i per avaluar i minimitzar els impactes ambientals de les activitats humanes, però a la majoria dels espais no es considera la conservació de la natura com una prioritat, i la superfície total en què sí es fa és només un 0,75 % del territori, ben per sota de la mitjana europea del 3,3 % (Mallarach, 1999). Podem veure, per tant, que la situació tampoc és prou satisfactòria per als conservacionistes. El PEIN preveu mesures d'acompanyament, però insuficients. I els recursos econòmics arriben amb comptagotes. Tant és així que nou anys després de l'aprovació del PEIN i 16 després de la de la Llei d'espais naturals, 46 espais tenien encara en tramitació el seu pla especial de protecció i 32 més ni tan sols havien entrat en aquesta fase. En aquestes condicions, en què està costant tant la mera redacció dels plans, ja es comprèn que no hi ha hagut marge per fer una política real de desenvolupament del territori sobre la base de la protecció, ni tan sols en els pocs casos en què n'hi ha hagut la intenció. Per això els propietaris forestals veuen el PEIN com una mera constricció i com una oportunitat perduda. Semblants reticències està generant la nova Xarxa Natura 2000. Redreçar la situació demana un esforç econòmic i també d'intel·ligència que és necessari fer. Un primer pas pot ser l'avaluació de l'eficàcia de la protecció. Ara, no es poden esperar resultats gaire positius d'aquesta avaluació, a la vista dels retards, la manca de mitjans econòmics i tècnics i el fracàs en obtenir la complicitat de les poblacions locals.

Els conservacionistes tampoc queden satisfets. L'actual sistema de protecció de la natura a Catalunya té un disseny discutible, a més, en termes purament físics. D'una banda, el caràcter insular dels espais protegits respon a una concepció avui superada, ja que són preferibles els dissenys en xarxa, amb més connectivitat. Un sistema altament fragmentat i insularitzat redueix les dimensions de les poblacions biològiques i el nombre d'espècies que el sistema pot mantenir i, davant d'una fluctuació climàtica significativa, donaria peu a un nombre molt alt d'extincions. S'ha parlat del fet que és interessant protegir els rius i els ecosistemes de ribera de per si, que això és relativament factible i que la xarxa fluvial pot ser un sistema d'interconnexió força natural i útil (encara que no per espècies d'hàbitats gaire diferents). També sembla que convindria augmentar la permeabilitat a la resta del territori. En zones agràries, el manteniment dels marges de camp amb vegetació natural, que era tan característic a moltes comarques, com també altres mesures de supressió de barreres i motius de risc (túnel de pas de fauna a les autopistes, eliminació de conduccions elèctriques on s'electrocuten molts ocells, etc.), demostren clarament que les regulacions de protecció no es poden limitar a les àrees protegides, sinó que s'han d'estendre al conjunt del territori. La política de

«protegir-ne un, abandonar-ne deu» ha de ser superada. També cal evitar que la preservació d'un petit espai o d'un suposat corredor biològic (sovint inadequat) esdevinguin coartades per donar usos urbans a la resta (Rodà, 2003).

Des del punt de vista ecològic, després de la definició del PEIN tenim el repte de gestionar bé els espais protegits i d'augmentar la permeabilitat, la connectivitat. Hem de passar de les idees tradicionals de *mise à part* a una visió més global que ha de prioritzar la gestió del conjunt sobre la preservació de fragments, la salvaguarda de processos sobre la de coses. Una visió integrada del territori vol dir una comprensió clara del paper de les ciutats i de la seva petjada, la seva relació amb el medi rural i forestal, com també una més completa relació entre els coneixements ecològics i els socioeconòmics. En alguns casos s'ha començat a analitzar el paper dels territoris no protegits, de caràcter agroforestal, per exemple, i a buscar figures legals que permetin garantir-ne la funció connectora, i a pensar en els espais intersticials. Aquest és també un camí important a l'hora d'entrar en la filosofia de protecció en xarxa.

D'altra banda, els espais protegits es concentren en àrees de muntanya o zones humides, amb la consegüent infrarepresentació dels ecosistemes de terra baixa i de molts dels pròpiament mediterranis. És a dir, s'ha tendit a protegir allò que és relativament excepcional a casa nostra, encara que sigui abundantment representat a altres països veïns, i s'ha donat menys importància al que és específicament nostre, pel fet de posseir-ne una extensió considerable, encara que sigui força excepcional en el conjunt del món. Estan poc representats entre els espais protegits els boscos de ribera, que en general han estat molt degradats a tot el país, quan no només són rics en espècies sinó que protegeixen les ribes de l'erosió, actuen de filtres de nutrients millorant la qualitat de l'aigua i tenen especial importància paisatgística i recreativa. Manquen quasi del tot els boscos madurs. Ja ho hem indicat en dir que no queden boscos naturals, i és lamentable que no en tinguem mostres, ja que són reserves importants d'espècies i resulten essencials per entendre les relacions ecològiques.

Noves tècniques contribueixen a millorar les possibilitats de disseny i, sobretot, de gestió posterior. En primer lloc, és possible disposar d'un banc de dades que es pugui projectar en un sistema d'informació geogràfica (GIS): dades físiques i biològiques i d'altres relacionades amb l'activitat humana, com límits de propietat, normes legals, etc. Un exemple d'aplicació a la gestió és el desenvolupat per la Zona Volcànica de la Garrotxa. El disseny de la protecció es pot basar en informació objectiva, localitzant zones d'especial valor estratègic, amb tècniques com l'anàlisi de buits (*GAP Analysis*), o els *hotspots* de biodiversitat. Però el que més importa és disposar de noves solucions de gestió. Hi ha exemples en els quals ens podem inspirar.

.....

Cap a una nova concepció de la conservació i el desenvolupament sostenible

Estratègies de conservació

Els boscos del nord-oest de la costa del Pacífic d'Estats Units han estat objecte d'una experiència interessant. Explotats de forma molt dura, amb tals arreu que han produït enormes pèrdues de sòl per erosió, un jutge determinà la interrupció de les explotacions fins a disposar d'un pla de gestió. El Govern l'encarregà a un equip interdisciplinari que analitzà un conjunt d'un miler d'espècies de vertebrats, mol·luscs, líquens, fongs, artròpodes i briòfits considerats indicadors de condicions forestals madures. El pla elaborat determina un sistema interconnectat de reserves de bosc i riu i una sèrie de noves regulacions per a les àrees explotades, però inclou també aspectes relacionats amb la creació de noves empreses i de llocs de treball en projectes de restauració. B. Babbitt, secretari del Departament d'Interior dels Estats Units, explicava (1995) a *Science* els resultats favorables, fins i tot a nivell de taxes de desocupació decreixents, d'aquesta experiència i com el pla de gestió fugia de la mentalitat de protegir zones especials en favor de la diversitat biològica i l'activitat econòmica sostenible en el conjunt. Enganxar segells no és, en qualsevol cas, segons Babbitt, cap estratègia defensable tècnicament, i tampoc ho és el mirar d'establir precàries línies Maginot en front de la barbàrie desenvolupista, sinó que el que ens calen són actituds i estratègies de protecció alternatives cap a una nova cultura del desenvolupament. Protecció no ha de ser abandonament sinó una manera nova de desenvolupar. Aquest és el repte, en el qual cal canviar substancialment les escales de valors i les prioritats, i cal trobar solucions imaginatives.

Protecció no ha de ser abandonament sinó una manera nova de desenvolupar.

Admetem, però, que hi ha arguments en contra dels dissenys en xarxa, que no s'han d'amagar i requereixen solucions imaginatives. Per exemple, davant del problema dels incendis, els gestors defensen el manteniment de les activitats agrícoles i ramaderes tradicionals per evitar la formació de masses seguides amb molta forta càrrega de combustible. Es tractaria de reconstruir el mosaic tradicional agrosilvopastoral, de forma que els focs fossin detectats abans i no poguessin propagar-se amb tanta facilitat. Sembla, doncs, que el que es recomana per mantenir la biodiversitat és just el contrari del que es recomana per frenar el progrés dels focs. La cosa va encara més lluny. Diversos incendis han pogut passar barreres com les autopistes gràcies a certs elements de permeabilitat presents: els túnels de fauna o la vegetació restaurada que creix de banda a banda de l'autopista, per exemple als arcs d'entrada de túnels.

Atès que la reiteració dels incendis pot ser un enemic pitjor encara que la fragmentació, ens enfrontem amb un problema. Com podem afavorir la permeabilitat per a les espècies i, alhora, mantenir les barreres al foc? Trobaríem altres exemples. Així, la repoblació amb grans herbívors salvatges, com cérvols o daines o l'expansió de poblacions de senglars, en un ambient en mosaic relativament permeable implica, inevitablement, conflictes d'interessos entre el manteniment d'aquesta fauna i els conreus. No diguem si, entre les espècies en recuperació, hi ha algun animal considerat perillós, com l'ós o el llop. No tenim encara respostes massa clares, però creiem que aquestes vindran més de la intensificació de mesures en punts estratègics que de la renúncia a l'estructura en xarxa, i que caldrà entendre millor la gestió de la biodiversitat, que no es promou amb un mer *laissez faire* a la natura, és a dir, deixant créixer masses de bosc de regeneració que entrin en un cicle accelerat d'incendis.

Els darrers anys, a Catalunya, la fase aguda del conflicte entre conservacionistes i pagesos sembla deixar pas a un major grau de comprensió mútua. Fins i tot s'han produït, en determinats casos, aliances que abans eren impensables entre conservacionistes i propietaris. El conservacionisme ha esdevingut més flexible i menys radicalment contrari a la gestió dels boscos. Els propietaris s'han adonat que la multifuncionalitat dels boscos els confereix un paper de gestors de recursos d'interès col·lectiu que va més enllà de la producció, i estan començant a reclamar que la societat reconegui aquest paper.

Les administracions, a més de la important modificació de la normativa de transmissions patrimonials, que castigava molt el sector forestal, han implementat algunes mesures agroambientals i ajuts a les actuacions forestals, encara insuficients però que són indicis del fet que s'està creant una filosofia compartida i de concert en alguns aspectes bàsics.

L'evolució del món rural a les darreres dècades ha estat de canvis molt profunds i ràpids. A partir de la meitat del segle XX, la població dispersa en masos disminueix molt de pressa i molts d'aquests masos queden abandonats, mentre creixen els nuclis agregats més grans. La manca de rendiments dels masos i la dificultat objectiva per accedir a serveis (d'ensenyament, sanitaris) i comoditats (electricitat, telèfon, etc.) augmenten molt els desequilibris amb la població urbana. L'estructura d'edats de la població rural envelleix sensiblement, de manera espectacular als Pallars i molt important a altres comarques. Com a resultat, hi ha un col·lapse de l'activitat agrosilvopastoral. Després, ja als anys vuitanta, molts municipis de muntanya comencen a recuperar població i hi augmenta la construcció. També alguns masos tornen a ser habitats. Tanmateix, en la major part dels casos no es tracta de cap recuperació de les explotacions,

sinó d'un ús diferent, estacional i recreatiu. L'increment extraordinari de la mobilitat de les poblacions urbanes fa possible la difusió per la muntanya catalana d'aquesta nova dinàmica, però no canvia el fet bàsic d'abandonament del territori: conreus i pastures que són reocupats pel bosc o els matollars, augment del risc de propagació del foc, disminució d'espècies lligades als hàbitats oberts, augment de poblacions de fauna més forestal, reducció de la mosaïcitat del paisatge, augment de la superfície boscosa i de la densitat de peus i acumulació de biomassa i necromassa. Els pagesos comparteixen cada cop més l'activitat pròpiament agrícola amb d'altres que els generen ingressos complementaris o, sovint, més importants que la pròpia agricultura o ramaderia, associats a la nova dinàmica urbana o industrial. Proliferen, a més, les formes de ramaderia establada, com les granges de porcs, que han permès la subsistència de molts pagesos durant uns anys, amb les conegudes repercussions ambientals. L'evolució del clima, sobretot els darrers trenta anys, també ha tingut una incidència significativa. Boada (2002) ha estudiat alguns d'aquests canvis socioambientals en el cas, especialment rellevant, del Montseny, que fou el primer espai en rebre un cert estatut de protecció, ja al 1928, amb la creació del Patronat de la Muntanya, i que, per la seva proximitat a la metròpoli barcelonina i el seu atractiu paisatgístic, ha actuat com a precursor per a processos que avui es donen gairebé arreu de la nostra muntanya. Estem assistint a una reorientació real dels usos del territori, amb disminució de l'apropiació directa per l'home de la producció primària (fet absolutament nou) i, tanmateix, amb un increment de la presència humana per raons de lleure. El canvi en el treball de les poblacions rurals, abandonant el sector primari, és ràpid i segurament inevitable. Alguns casos de recuperació de cultius, com passa ara amb la vinya, no contrarresten la tendència més general. Com passa tan sovint, quan més es parla de gestió del territori és quan menys gestió real hi ha. En contra de les opinions ingènues d'alguns conservacionistes, ja hem indicat els problemes que això planteja. El que hi ha no és abandonament, sinó un canvi d'ús, però sovint passa que no tenim ni un disseny de la gestió que aquest ús requereix, ni uns gestors per aplicar aquesta gestió. Com resoldre aquest problema?

Nous ingressos al món rural, lligats al lleure

Si les administracions, anant molt més enllà de les idees inicials dels ecologistes i clarament en contra de les més estrictament conservacionistes, posen en primer pla els usos recreatius de masses, es generen nous beneficis dels boscos, sobretot indirectes. Casos clars són els macroconcerts a muntanya, les estacions d'esquí, els camps de golf i els esports d'aventura, tots ells essencialment antagònics amb la conservació: una estació d'esquí o un camp de golf són canvis d'usos, com ho podria ser llaurar o construir una urbanització, i han de planejar-se com a tals i prevenir els seus impactes en zones

perifèriques. Les activitats d'esport no suposen un canvi d'ús tan dràstic, però en certs llocs tenen un impacte molt fort sobre el medi. L'ús recreatiu més compatible amb la conservació és el *turisme verd*. El turisme verd pren força i es converteix en un ingrés suplementari per a una part de la població rural, alhora que en una motivació per a la recuperació de masos i cases de poble. Això és positiu, en la mesura que acostia les rendes rurals a les urbanes, però entra en confrontació amb la mentalitat pagesa d'autonomia, ja que aquesta activitat econòmica pertany clarament al sector serveis; i, d'altra banda, no deixa de tenir repercussions ambientals que han de ser minimitzades per un disseny acurat de les activitats i itineraris. Probablement no s'hauria de pensar en el turisme verd com una solució única, en zones on es vol conservar desenvolupant. Molts pagesos són encara reticents a entrar en aquesta dinàmica, que comporta no solament certa socialització de les seves finques, sinó també de les pròpies cases i certa salarització del seu treball. Amés, no hi ha només terciarització, sinó també una important entrada de la cultura del subsidi en molts sectors agraris. Encara que l'acceptació de les noves tendències avança molt de pressa entre els pagesos joves, cal adonar-se de la immensitat de la transformació social i psicològica implícita en aquests processos, que no afecta només la població rural i el territori sinó el conjunt del caràcter de la nostra societat.

És legítim que alguns es plantegin el problema següent: si, en televisió, ens acostumem a acceptar el principi del *pay per view*, per quin motiu els propietaris forestals han d'assumir ells sols el manteniment dels valors estètics i recreatius del bosc sense una possibilitat semblant d'obtenir, si no beneficis, almenys una cobertura amb diners privats o públics per a aquestes despeses? Més clar, si hi ha una socialització dels beneficis dels boscos, per què no se socialitzen també els costos? Les funcions socials dels boscos les hauria de pagar la societat, sigui per la via del finançament públic a partir dels impostos, sigui pel cobrament directe de «peatges», com en televisió, que alguns ajuntaments ja han començat a estudiar. No seria incoherent amb altres usos socials que l'accés als espais naturals no fos gratuït i que el preu de les entrades hagués d'invertir-se precisament en objectius de gestió sostenible. És evident que aquesta proposta, quan ha estat formulada esporàdicament per algun propietari individual, ha provocat un fort rebuig social i entre els mitjans de comunicació, perquè justament entra en contradicció directa amb la idea de la natura com a patrimoni de tots (i com a espectacle ofert gratuïtament per les administracions). Està per veure com s'acceptaran mesures d'aquest tipus introduïdes per administracions locals. Ací hi ha una qüestió curiosa en el comportament social. La població catalana ha mostrat en algunes ocasions el seu rebuig a impostos com el cànon de l'aigua, destinat a finançar depuradores: tot i que l'aigua potable és relativament molt barata i que, en canvi, es paga molt cara l'aigua envasada, la percepció social és que l'aigua de l'aixeta és un

bé essencial que ha de ser pràcticament gratuït. És veritat que no hi havia només rebug, sinó que es demanava que l'aplicació de l'impost fos progressiva segons consum, cosa enraonada, però sorprèn en tot cas el nivell de resistència en aquest tema si es compara amb la poca que hi ha davant les pujades d'altres serveis com el telefònic, transports, electricitat, etc. Hom pot sospitar que es produeix en el cas de l'aigua quelcom semblant al que passava fa anys amb el pa. Hi ha coses considerades essencials, i entre elles s'hi compten l'aire, l'aigua o, també, la natura, que semblen tan naturals que han de ser de disponibilitat lliure per a tots. Tanmateix, molts llocs protegits del món cobren peatges per ajudar a mantenir els espais en condicions i a corregir els efectes negatius causats pels propis visitants.

Per completar l'esquema, pensem que els rendiments econòmics més importants del bosc (com s'explica al capítol 5) normalment no són fustaners: bolets i caça, sobretot, i pinyes en alguns casos. És minsa la part que d'aquests rendiments arriba als propietaris. Els bolets, en particular, sembla que es consideren propietat pública i si els propietaris volen treure'n algun profit ho han de fer, dins les seves propietats, en competència amb afeccionats i professionals. Els mateixos professionals, d'altra banda, no tenen inconvenient en pagar una llicència per a la recol·lecció quan la practiquen a França, posem per cas. Altres collites es fan de forma clandestina i, de vegades, de manera sistemàtica i organitzada, vulnerant els drets dels propietaris: haurien de considerar-se com robatoris, com els que es produeixen també als camps. Les dificultats objectives de vigilar finques de bosc i la percepció ciutadana al respecte no ajuden gaire, però la introducció de sistemes de llicències i l'ús adient dels recursos generats són passos indispensables.

Cada cop més, aquesta percepció del bosc com a propietat col·lectiva és un atavisme sociològic. El creixement de la població i del consum individual, i les moltes activitats de les societats modernes, generen pressions molt grans sobre els béns naturals i necessitats també molt grans de mesures correctores i protectores que tenen costos molt elevats. És habitual ja que els economistes preocupats per la qüestió ambiental demanin la incorporació de les externalitats als pressupostos i balanços de les empreses, per limitar els impactes sobre el medi. Però ni les empreses ni la nostra societat han assimilat encara aquesta idea. El medi natural s'entén com un bé públic de lliure accés. El lliure accés no és general a Europa, ni de bon tros. A molts països, moltes finques privades són tancades i ningú se'n fa creus. No es pensa massa, d'altra banda, que la freqüentació dels boscos pot tenir efectes negatius sobre l'ecosistema, com l'abandonament de deixalles per part dels visitants. Finalment, en un país com el nostre, d'alt risc d'incendis, hi ha motius per restringir l'accés i, de fet, les administracions ho solen fer quan les condicions meteorològiques són extremes, però això no sembla modificar la percepció del dret universal a

accedir a la natura, i no és excepcional que individus més o menys pertorbats, que se senten privats d'aquest dret, es revengin calant foc als boscos. En un país on el territori és tan privatitzat, és cert que la limitació d'accés generalitzada deixaria molt poc espai al lleure. La canalització d'aquest lleure als espais protegits, directament gestionats per administracions, implicaria, a més, un pes sovint excessiu de freqüentació, amb resultats negatius per a la conservació.

La concertació d'usos públics en finques privades, amb compensacions (avantatges crediticis, fiscals, etc.), o peatges molt lleugers condicionats a la gestió sostenible, establerts de forma comunitària per municipis o consorcis) podrien ser solucions raonables per assolir els objectius de gestió sostenible i manteniment dels usos socials dels boscos.

Nous agents privats als boscos

Encara que amb molt de retard en relació amb països del nostre entorn, l'interès per la conservació comença a manifestar-se amb l'aparició de nous agents privats, fet que suposa un pas molt important de cara al futur. Pensem en l'actuació directa d'entitats proteccionistes en la gestió i en l'aparició de fundacions dedicades a l'adquisició de territori per tal de protegir-lo. El cas més rellevant és el de la Fundació Territori i Paisatge, posada en marxa des de l'Obra Social de Caixa de Catalunya, que ha esdevingut ja el primer propietari privat de territori del país. El paper futur d'aquestes iniciatives està per veure, però les dificultats inicials poden ser semblants a les de les administracions. Com que la gestió nül·la no funciona, el problema bàsic és mantenir una gestió apropiada per a la conservació, ambientalment i econòmicament sostenible, gestió que en part cal inventar. En tot cas, aquest és un exemple de l'acció proteccionista des de la societat civil, en la línia de la *custòdia del territori*. El terme custòdia del territori (*land stewardship*) designa un moviment interdisciplinari que pretén fer possible, i afavorir, la responsabilitat dels propietaris i usuaris del territori en la conservació i ús sostenible dels ecosistemes i dels seus recursos, que s'adreça sobretot a la propietat privada i combina educació, gestió, mediació, desenvolupament comunitari, etc.

La implicació d'altres agents, com les ciutats i les empreses que es beneficien més directament de serveis o recursos derivats dels boscos, és una línia en la qual encara estem endarrerits. Un cas que ens pot servir d'exemple és el de la ciutat de Nova York en relació amb el tema de l'aigua (Chichilinsky i Heal, 1998). Aquest municipi va fer una inversió d'entre 1.000 i 1.500 milions de dòlars en restauració de les conques forestals d'on li ve l'aigua, i es va estalviar així una inversió superior, de sis a vuit mil milions, que hauria calgut per construir una planta de filtració que, a més, requeria 300 milions anuals en funciona-

ment. Per finançar l'operació, la ciutat va emetre bonus. Els interessos dels bonus es paguen amb el diner estalviat en no construir la planta i els bonus són negociables amb els bancs fins i tot abans que es produeixi l'estalvi, cosa que els fa atractius en el mercat. Es tracta d'una opció en la línia de la sostenibilitat, i, com que moltes ciutats estan adquirint compromisos (agendes 21) en aquesta direcció, no és impensable que l'exemple sigui seguit. Alguns autors han proposat generalitzar aquesta experiència, i han calculat que, només per les conques que abasteixen les ciutats, hi hauria una justificació per conservar un 13 % de la superfície continental del planeta. Naturalment, l'aigua és un bé o servei que pot fàcilment tenir un valor al mercat. Ara, no és fàcil que el mercat reguli les coses de manera que el servei estigui garantit, almenys en un mínim, per a tothom. Les coses es compliquen si parlem de serveis d'altres tipus que també fan les conques forestals, com regular les avingudes. Una solució pensada pels economistes liberals consisteix en assignar drets de propietat, semblants a les patents i drets d'autor (p. e. drets de pastura), que siguin comercialitzables; una altra possibilitat seria que s'adquirissin drets de desenvolupament pel fet d'abstenir-se de desenvolupar una àrea determinada, i que aquests drets fossin vendibles a tercers per desenvolupar altres àrees, una idea similar a la de la venda de drets de contaminació, tan discutida arran dels acords (i desacords) de Kyoto: el qui planta boscos pot vendre els drets d'emetre tants contaminants com els que els boscos plantats capturen. Això ha estat molt criticat, ja que sembla que es trafica amb permisos per contaminar, i molts creuen que és millor la via fiscal, gravar amb impostos a les empreses contaminants. Però també és cert que aquestes només disminuiran les emissions si fer-ho és més barat que pagar els impostos. El problema de fons és que només els boscos en creixement acumulen diòxid de carboni en quantitats importants. I això vol dir que els boscos més madurs, de més valor des del punt de vista de la conservació, no tenen una funció d'absorció neta de diòxid de carboni (encara que sí la tenen com a magatzems quasi estàtics). No és el moment de repassar totes les propostes d'aquesta mena, i és evident que hi ha dificultats. Hi ha economistes que no creuen que n'hi hagi prou amb combinar tecnologia, regulació i mecanismes de mercat per resoldre aquesta mena de problemes, i probablement sigui cert, però sens dubte cal explorar totes les possibilitats.

Cap a polítiques de compromís per al desenvolupament sostenible

Potser un dels camins més esperançadors per una millora sostenibilista de la gestió ve, no tant de la delimitació dels espais protegits, sinó de la recerca de compromisos compartits entre administracions i agents privats. Amb la democràcia, es reactiva l'associacionisme agrari i les pressions sobre les administracions des de diversos sectors socials guanyen eficàcia. La Llei forestal aprovada el 1988 obre les portes, amb certs requisits, que les

terres dels municipis s'alliberin de ser forçosament gestionades pels plans d'ordenació de l'Administració estatal. D'altra banda, amb la creació per la Generalitat del Centre de la Propietat Forestal, governat pels propietaris forestals, i la seva conversió en l'òrgan d'administració única dels boscos privats, s'estimulen els *plans tècnics de gestió i millora forestal* per a l'ordenació de les finques privades, uns documents-contractes elaborats per tècnics en els quals els propietaris declaren com pensen gestionar les finques en els següents 10 o 30 anys i l'Administració compromet el seu ajut per afavorir-ne la gestió sostenible i en garanteix el control (Vila d'Abadal, 2002, vegeu també capítol 5). L'ajut consisteix en avantatges fiscals, econòmics i de simplificació de procediments. Així, amb aquests avantatges i el millor coneixement dels recursos de la finca que comporta l'elaboració del Pla i la planificació d'actuacions, tenim una eina de potencial considerable per a la gestió. A hores d'ara, els plans tècnics aprovats sobrepassen els dos milers. Cal encara millorar-ne el seguiment i l'avaluació de l'eficàcia en relació amb els objectius. Un altre repte és, en línia amb les recomanacions de la silvicultura del paisatge, desenvolupar la planificació a una escala superior a la de la finca individual, potenciant l'associacionisme o la coordinació entre propietaris.

Una eina diferent és la *certificació forestal* (vegeu capítol 5). Respon a una demanda creixent d'empreses i consumidors que la fusta s'obtingui de manera sostenible i és una oportunitat per integrar les exigències de multifuncionalitat i sostenibilitat a la gestió dels boscos públics i privats, i d'incorporar als Plans Tècnics criteris i indicadors de gestió forestal sostenible.

Els compromisos socials a què s'arribi han de tenir present que, com hem deixat ben clar, s'aprecien cada cop més funcions no merament productives dels boscos. L'intervencionisme de les administracions ha acabat representant, bé o malament, un punt de vista col·lectiu que exigeix també noves formes de participació de la societat en el manteniment i la gestió dels sistemes de suport de vida. Això vol dir nous objectius i noves fórmules econòmiques i d'implicació. L'ús múltiple i el reconeixement del paper ecològic ha de comportar una nova dinàmica d'aproximació entre propietaris, tècnics i ambientalistes, una cooperació més estreta entre la societat civil, el món de la recerca, el de la gestió pública i el de la gestió privada. Ens cal, doncs, un veritable *Compromís Social per als Boscos de Catalunya*. Però trobem al davant enemics formidables, com hem anat veient. Les activitats que generen fragmentació i contaminació augmenten incessantment. La dinàmica social ha afavorit l'abandonament rural en zones considerables. L'acumulació de combustible, les extenses àrees de cobertura uniforme, coetània i massa densa faciliten la propagació del foc i els riscos d'ignició augmenten amb l'activitat i amb l'actual tendència del clima. La situació demana una política territorial molt més conscient de la proble-

màtica ambiental i social i menys sotmesa als interessos dels grups econòmics poderosos del que ha estat fins ara.

És cert que part d'aquest compromís és reconèixer la multifuncionalitat del bosc, i sovint s'expressa (encara que el concepte no és el mateix) amb la idea d'ús múltiple com element essencial en la sostenibilitat de la gestió forestal, sobretot en el bosc mediterrani. De fet, ja hem dit que l'ús múltiple no és una idea nova, sinó la tradició mateixa. L'expressió s'empra amb excessiva alegria, quasi com una panacea, però des del punt de vista econòmic cal saber de què es parla. A Catalunya tenim una dita que afirma que home de molts oficis, pobre segur. En Pla l'aplicava al pagès, que sempre ha seguit una estratègia multiús. Quan recomanem l'ús múltiple del bosc, estem suggerint al propietari forestal, almenys al petit propietari de muntanya mitjana o baixa, que accepti de guanyar poc tota la vida? L'anàlisi seriosa de la gestió sostenible, en termes ecològics i econòmics, té encara un llarg camí per fer i les poques receptes que s'acostumen a donar són meres generalitzacions d'es-càs contingut.

Sembla urgent redefinir el concepte de sostenibilitat, massa desgastat per un ús banal, com passa tan sovint en aquest camp del medi ambient. Ara mateix, és un concepte fantasmal. Parlem de fer més sostenible la silvicultura, però ens és molt difícil comparar la sostenibilitat de dues gestions si no és que una d'elles presenti problemes molt evidents d'erosió o altres. El problema és que no podem quantificar la sostenibilitat, i emprem el terme com un absolut, implicant que podem continuar amb l'activitat en qüestió un temps indefinit.

La sostenibilitat s'ha de mirar localment, però també a una escala de país. Si féssim una línia grau de naturalitat - grau d'artificialització, les ciutats estarien en un extrem i els boscos verges, a l'altre. Ja es comprèn que, de boscos, n'hi hauria que no estarien tant a l'extrem, i de ciutats també. Però un bosc verge ens sembla, al contrari que la ciutat, que és quelcom relativament sostenible en ell mateix, això sí, amb la dinàmica de perturbacions i canvi que imposi el medi. Tanmateix, potser també ens equivoquem si ho mirem d'aquesta manera a l'hora de dissenyar una estratègia de desenvolupament sostenible, perquè les diferents peces del mosaic que compona un territori estan indefectiblement vinculades per intercanvis materials i energètics. Podem estudiar el metabolisme de la ciutat o el metabolisme del bosc per separat, però cadascun d'aquests elements és font o embornal dels fluxos de l'altre. És per això que hem assenyalat abans que, si volem una estratègia que funcioni, hauríem de considerar conjuntament totes les tesselles, totes les peces del mosaic.

Amb aquestes premisses, que posen de manifest la necessitat d'avançar més en concreció, no obstant, és clar que exis-

teix un consens en què multifuncionalitat i sostenibilitat són dos conceptes que avui, arreu del món, orienten o haurien d'orientar les polítiques forestals. Hem vist que es reconeix ja habitualment que els boscos són sistemes multifuncionals que compleixen tres grans tipus de funcions: productives, ambientals i socials. En la seva funció productiva, els boscos subministren béns naturals renovables, siguin productes fustaners o no (pastures, suro, pinyons, caça, bolets, etc.). Entre les funcions ambientals i ecològiques destaquen els serveis ecosistèmics com la regulació de la composició atmosfèrica i el clima, el control del cicle hidrològic i de l'erosió del sòl i el manteniment de la biodiversitat, serveis que no són tinguts en compte en els actuals models econòmics. Entre les funcions socials, les més rellevants són els usos recreatius, educatius i de lleure i els paisatges agradables, i aquestes sí que donen peu a activitats econòmiques importants, com el turisme i l'excursionisme. La classificació no ens hauria de fer oblidar que els tres tipus de funcions tenen importància social i que cal trobar fórmules perquè els serveis ecosistèmics trobin un reconeixement més enllà de les paraules. La noció de multifuncionalitat, justament, complementa la més antiga d'ús múltiple amb la consideració de les funcions ambientals, dels serveis, juntament amb els usos tradicionals.

Ara, com concretar més, com donar contingut a conceptes tan genèrics com els de multifuncionalitat i sostenibilitat? Entre les eines conceptuals de què disposem hi ha la gestió forestal ecosistèmica i la silvicultura del paisatge. La gestió forestal ecosistèmica (*forest ecosystem management*) ha tingut un gran impuls els darrers anys als Estats Units. Malgrat que les seves prescripcions no són necessàriament innovadores, sí que ho és l'èmfasi en considerar els boscos com ecosistemes, i per tant tenint en compte les interrelacions entre els elements que constitueixen el sistema (el medi físic, els organismes i les persones) i les influències mútues entre les diferents actuacions o els diferents objectius de la gestió.

La silvicultura del paisatge (*landscape forestry*) considera que l'ordenació i la gestió forestals són insuficients si es planegen només a escala de rodals o de finques individuals. Moltes propietats desitjables dels boscos (com la diversitat d'hàbitats o la relativa estabilitat davant de les perturbacions) s'expressen en plenitud només a escala del paisatge, és a dir, a escala quilomètrica. Tant la gestió forestal ecosistèmica com la silvicultura del paisatge faciliten l'adopció d'una perspectiva dinàmica sobre els boscos, perquè integren el paper fonamental de les perturbacions, siguin naturals o antròpiques, en l'estructura, el funcionament i la dinàmica forestals.

Per tant, un primer capítol, en parlar de desenvolupament sostenible i boscos, és una diagnosi, entendre com funcionen els boscos ecològicament i econòmicament, identificar quines són

les entrades que reben que poden alterar aquest funcionament, i fins a quin punt són capaços d'assimilar-les. Un segon pas ja és considerar les sortides del bosc, i com actuen sobre l'entorn. Després, caldria veure com podem actuar per modificar la situació en el sentit de fer-la més estable, considerant les condicions socioeconòmiques.

• • • • • Conclusions

El següent requadre resumeix una mica alguns aspectes socioecològics més importants de l'actual situació del sector forestal.

Conclusions:

- 1— Existeix una tendència a socialitzar el bosc que es correspon amb diversos aspectes de la multifuncionalitat real dels boscos.
- 2— Noves actituds impliquen nous objectius i, per tant, nous requeriments, en la gestió del bosc i la política forestal.
- 3— Els propietaris privats, com a resultat d'aquest interès socialitzat, demanen un reconeixement del seu paper en la gestió del medi: si els boscos han de socialitzar-se, per satisfer objectius socials (p. e. lleure, paisatge, regulació hidrològica, prevenció de l'erosió, d'allaus o d'esllavissaments, conservació de la biodiversitat, magatzem de carboni, etc.), llavors la societat ha de pagar per aquests serveis.

Alguns reptes molt importants, com a resultat d'aquesta nova situació, són els següents: incrementar l'interès social i el de l'Administració pels boscos des de la comprensió integral del

problema i buscant un compromís col·lectiu entre tots els agents per evitar l'abandonament rural; estimular les pràctiques conservacionistes mitjançant mecanismes compensadors, ajuts, incentius fiscals, etc. per contribuir a mantenir els beneficis socials dels boscos; implicar en el finançament de la gestió dels boscos tots els beneficiaris, siguin empreses, administracions o particulars; promoure productes amb imatge associada a qualitat ambiental; promoure l'agroturisme per afavorir les poblacions locals, sense tanmateix massificar l'accés al medi natural; progressar en els estudis d'efectes ambientals al llarg de la cadena productiva, des de la gestió al bosc fins al consumidor; incrementar els coneixements i la tecnologia (bases de dades, sistemes d'informació geogràfica, teledetecció, etc.); millorar la gestió preventiva davant el risc d'incendis; informar els propietaris privats sobre els aspectes ambientals i econòmics; i, naturalment, disminuir les emissions contaminants o altres impactes subtils.

Frenar l'abandonament rural vol dir, en el fons, donar una empenta al desenvolupament sostenible. Per tant, cal una estratègia no cap a la conservació dels boscos merament, sinó cap al desenvolupament sostenible del medi rural, i en aquest context s'hauran d'inserir mesures per a la conservació en una mena de *Programa de desenvolupament rural sostenible*. Les mesures van molt més enllà de la gestió dels boscos, i tenen relació amb les infraestructures i comunicacions, l'organització escolar i de formació a tots els nivells, l'accés als avenços tecnològics, la creació de llocs de treball, la fiscalitat, etc. També cal desenvolupar el *know-how* en matèria forestal. No hi ha dubte que ens manquen molts coneixements sobre els boscos, la seva ecologia, els sòls que els suporten, les plagues que pateixen, les tècniques silvícoles apropiades a cada cas, les possibilitats de millora genètica i biotecnològica, l'economia dels seus usos, l'organització dels aprofitaments, i moltes més coses, que signifiquen un molt ample ventall temàtic i disciplinar. Ens cal, doncs, recerca de base i recerca i transferència tecnològica orientades al desenvolupament sostenible, agrupades en un *Programa R+D+I sobre boscos i gestió forestal*.

2. Les dades bàsiques dels boscos a Catalunya

Superfície forestal i superfície arbrada

Primeres fonts d'informació

Fonts d'informació més recents

El Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya

Evolució de la superfície forestal arbrada en els darrers anys

Primers resultats de l'MCSC-2000 a l'Àmbit Metropolità

2. Les dades bàsiques dels boscos a Catalunya

Joan Josep Ibàñez, CREAM

Superfície forestal i superfície arbrada

Tothom identifica un bosc amb un terreny cobert d'arbres. Tanmateix, com qualsevol concepte, el de bosc admet matisacions i, per tant, requereix una definició precisa si ens volem entendre. Per exemple, un terreny cobert d'arbres pot ser una plantació, un cultiu d'arbres, i pot resultar convenient separar aquest tipus de vegetació, molt directament controlada per l'home, dels boscos naturals o seminaturals. També caldria precisar quan considerem que un terreny està «cobert d'arbres» per ser considerat bosc. Quan els arbres cobreixen el 100 % del terreny, quan cobreixen el 50 %, el 20 %? Ja veiem que hem d'establir unes convencions. Anem per passos. En general, es considera terreny o *superfície forestal* tot aquell que no és agrícola, ni urbà, ni xarxa viària. Les aigües continentals, de vegades també s'inclouen dins la superfície forestal. Això vol dir que el terme superfície forestal inclou essencialment boscos, matollars, prats i rocams. Els boscos només són una part de la superfície forestal. Però com s'acaba d'esmentar, als boscos pot haver-hi més o menys arbres. A efectes d'aquest llibre, parlarem de bosc o *superfície forestal arbrada* per designar aquella superfície forestal que tingui almenys un 5 % del total cobert per arbres. Pot semblar un límit molt baix, però en el cas de Catalunya gairebé seria igual considerar superfície arbrada la que té almenys un 20 % cobert d'arbres, perquè entre els dos límits només hi trobem de l'ordre d'un 1 % del total de la superfície. En tot cas, adoptem ací la convenció del 5 %, advertint que, en alguns estudis, s'han adoptat límits una mica diferents. I ara ja podem mirar d'aclarir les dades de superfície forestal i superfície arbrada a Catalunya. Les bàsiques apareixen al següent requadre.

En números rodons, a Catalunya hi ha una superfície forestal de quasi 2 milions d'hectàrees (un 61 % del total). La resta són conreus (34,5 %), zones urbanitzades (4 %) i aigües continentals (0,5 %). Dins d'aquests quasi 2 milions d'hectàrees de terrenys forestals hi ha uns 1,21 milions d'hectàrees de boscos (un 38 % del total). Aquesta és una estimació relativa a l'any 1993 i prové del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) elaborat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF).

La cartografia temàtica (mapes de conreus i aprofitaments, mapes forestals, mapes d'usos del sòl, etc.) és l'eina adequada

per respondre aquest tipus de qüestions sobre superfícies. Les taules de superfícies elaborades a partir de mapes temàtics haurien d'anar sempre acompanyades de la data de captura de la informació (atès que aquestes superfícies canvien amb el temps) i de la font que va generar la informació original. Per desgràcia, de vegades es publiquen taules obtingudes a partir de cartografies antigues que acaben passant com a informació actual només pel fet d'aparèixer en publicacions recents.

En aquest capítol fem un repàs de la cartografia temàtica d'àmbit forestal existent actualment, donem les dades de superfícies segons les diferents fonts cartogràfiques i unes nocions sobre com s'ha dut a terme la cartografia de major detall, dins d'aquest àmbit del coneixement de què disposem actualment: el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC). A més, mirarem d'analitzar quina ha estat l'evolució de la superfície forestal en els darrers 25 anys, encara que, com també explicarem, és francament difícil de fer aquesta reconstrucció amb les dades disponibles.

Hi ha quatre motius principals per emprar com a referència les dades de l'MCSC :

- 1- Es tracta del treball més precís i amb una escala més detallada fet fins ara (làmina 1).
- 2- Es va fer entre d'altres coses precisament per respondre preguntes sobre superfícies existents. De fet, l'MCSC va néixer l'any 1994 com a conseqüència de la necessitat, derivada de la realització de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC), de cartografiar amb detall els boscos de Catalunya per poder avaluar-ne les existències de les diferents espècies forestals.
- 3- L'objectiu de l'MCSC són les diferents cobertes del sòl, no els usos. Així per exemple, dins el perímetre d'una urbanització pot haver-hi parcel·les sense edificar recobertes d'arbres, arbusts o herbes. Aquestes parcel·les apareixen en l'MCSC respectivament com a bosc, matollars o herbassars; atès que, entre altres coses, en aquestes parcel·les hi ha una biomassa viva que com a tal proporciona aixopluc i menjar a moltes espècies, participa en el cicle biogeoquímics de l'ecosistema i, a més, és susceptible de cremar-se. Convé, doncs, tenir aquesta coberta vegetal computada a tots els efectes.
- 4- L'MCSC és una cartografia digital pensada per poder-la actualitzar, i per tant, en el futur es podrà respondre a la qüestió sobre l'evolució de la superfície forestal a partir d'informacions absolutament comparables.

El principal inconvenient d'aquesta cartografia és que es refereix a la situació de les cobertes del sòl a Catalunya l'any

1993. Convé saber que hi ha mapes d'aquesta temàtica més recents, com ara el Mapa d'Usos del Sòl de Catalunya, MUSC (Institut Cartogràfic de Catalunya; ICC, 1997); malauradament però, la superfície de boscos és difícil de conèixer a partir de la llegenda del MUSC, com es justifica més endavant en referència a les bosquines i, a més, la diferència en l'escala d'ambdues cartografies fa desaconsellable la seva comparació.

D'altra banda, aquest inconvenient de l'MCSC, tenir data de l'any 1993, en poc temps ha esdevingut una virtut: ja s'està duent a terme la segona versió del mapa a partir d'ortoimatges del període 2000-2003, amb la qual cosa, en breu, no solament hi haurà una actualització d'aquesta cartografia, sinó també molta informació de com i en quin sentit s'han produït canvis en les cobertes del sòl entre 1993 i 2000-2003. De fet, ara mateix ja es pot fer la comparació corresponent a l'Àmbit Metropolità (vegeu darrer apartat d'aquest capítol). A més, el gran nivell de detall de l'MCSC permetrà detectar canvis i dinàmiques a escala tan fina que fins ara havien passat desapercebuts.

.....
Primeres fonts d'informació

Tot i que ja es disposava de fotografies aèries d'un vol que cobria tot Catalunya des de l'any 1956 (vol americà, escala 1:32.000, figura 2.1), no es va fer una estimació dels principals tipus de cobertes del sòl (boscos, matollars, conreus i improductius) fins als anys setanta. L'estimació correspon al *Primer Inventario Forestal Nacional*, IFN1 (quadre 2.1) i es va fer precisament a partir d'aquell vol de 1956, situant un conjunt de punts sobre les fotografies aèries. Sobre cada fotografia aèria seleccionada es va situar una xarxa de 7 per 14 cercles (en total, a la demarcació de Barcelona foren 53.677 punts) de 2 mm de diàmetre que es van fotointerpretar en gabinet. D'aquests punts se'n van seleccionar 1.046 d'entre els catalogats com a superfície forestal arbrada per fer el mostreig de camp de l'IFN1 l'any 1970. Les superfícies (quadre 2.1) es van obtenir establint les diferents proporcions de cobertes a partir de la coberta fotointerpretada en cadascun d'aquells punts. Es tractava, per

Figura 2.1. Fotografia aèria del vol americà de 1956-1957



Reproducció del fragment d'un contacte pancromàtic (el 50945) corresponent al vol americà de 1956-1957. Es tracta de la mateixa zona que apareix a les figures 2.2 i 2.3.

Font: Imatge escanejada d'un dels contactes de la Cartoteca General de la Universitat Autònoma de Barcelona.

tant, d'una estimació estadística de les cobertes del sòl (essencialment de l'any 1956), però no d'una cartografia temàtica de cobertes del sòl.

Uns anys després (1978), el *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación* (MAPA) va fer la primera cartografia sobre aquesta temàtica, el *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos* (MCA, figura 2.2 i quadre 2.2), essencialment amb la intenció d'obtenir informació rellevant del sector agrari. Aquesta cartografia té un considerable interès com a referència ja no solament de les cobertes, sinó també dels principals tipus de conreu i de bosc a finals dels anys setanta. Però des de llavors el territori ha canviat de manera notable (figura 2.3), hi ha hagut canvis en els conreus de secà, s'han generat nous regadius, s'han abandonat conreus i pastures, s'han anat recuperant alguns boscos i també se n'han cremat d'altres (figura 2.4).

Quadre 2.1. Superfície forestal arbrada a Catalunya segons estimacions de l'IFN1

	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya	%
Superfície forestal arbrada	362.008	318.611	379.039	104.542	1.164.200	36,5

El quadre mostra en hectàrees la superfície forestal arbrada per demarcacions, per a tot Catalunya i el percentatge que aquesta representa respecte al total de superfície de Catalunya. Com s'explica en el text, es tracta d'una estimació estadística obtinguda a partir de les fotografies aèries de 1956.

Font: Servei de Gestió Forestal i estadística forestal d'Espanya (MAPA), extret de Peix (1999).

Font: Web de cartografia del DMAH.

Font: Composició a partir de l'ortofoto de l'Institut Cartogràfic de Catalunya i l'MCA de la web de cartografia del DMAH.

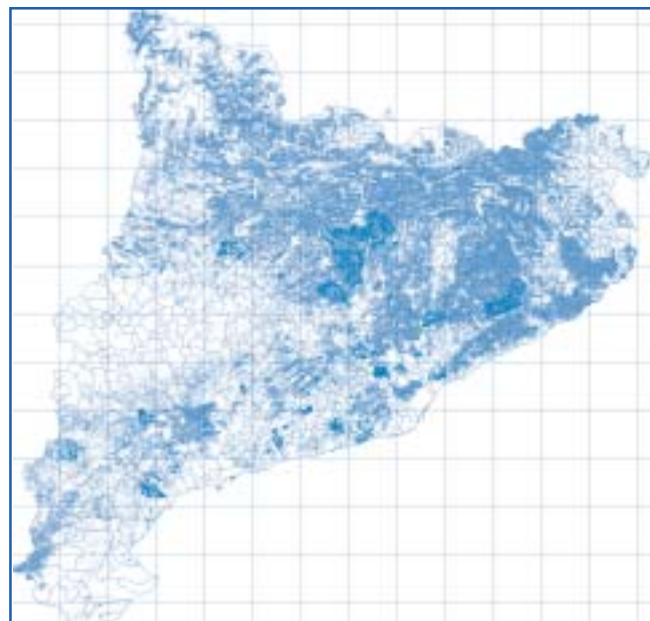
Tipus de coberta	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya	%
Bosc dens ¹	391.501	302.151	368.626	129.721	1.191.999	37,33
Bosc clar ¹	33.941	17.584	69.828	52.031	173.384	5,43
Superfície de bosc	425.442	319.735	438.454	181.752	1.365.383	42,76
Matollars	34.113	38.352	150.266	75.608	298.339	9,34
Matollar arbrat	68.054	55.936	222.864	128.665	475.519	14,89
Prats i herbassars	17.589	31.669	62.887	10.856	123.001	3,85
Improductiu natural ²	—	—	—	—	—	—
Superfície forestal²	477.144	389.756	654.377	269.242	1.790.519	56,07
Improductiu ²	91.321	50.516	93.685	67.936	303.458	9,50
Conreu	204.802	148.350	454.925	291.122	1.099.199	34,42
Suma	773.267	588.622	1.202.987	628.300	3.193.176	100

Font: MAPA, 1988. Les dades s'han obtingut a partir de les taules del llibre que acompanya el mapa en paper.

- Respecte al quadre 2.2 cal tenir presents tres qüestions:
- 1— Es tracta, com hem dit, d'estimacions fetes a partir del reagrupament d'algunes de les categories de la llegenda original del mapa per poder-lo comparar amb d'altres cartografies (a la mateixa taula s'explica quines han estat aquestes reagrupacions).
 - 2— Per obtenir la superfície forestal total caldria afegir-hi l'improductiu natural.
 - 3— El bosc dens representa una proporció similar a la de l'MCSC de 1993 i la categoria de matollars arbrats (suma de matollars i boscos clars) representa un percentatge comparable a la proporció de matollars de l'MCSC l'any 1993 (vegeu quadre 2.7). Atès que a Catalunya el clima permet l'establiment de boscos densos (amb una cobertura d'almenys un 20 %) pràcticament a qualsevol lloc on puguin arribar els arbres, probablement, els mapes que donen un percentatge tant elevat de boscos clars (cobertura entre el 5 i el 20 %) generen un artefacte, conseqüència de l'elevada mida de les seves unitats mínimes de representació cartogràfica. Aquests boscos clars, en l'MCSC, on aquesta unitat mínima baixa fins als 500 m², esdevenen unes petites clapes d'arbres (boscos densos) dins d'una matriu de matollars.

El *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos* va ser la font a partir de la qual l'ICONA (*Instituto para la Conservación de la*

Figura 2.4. Incendis forestals de més de 50 ha corresponents a l'any 1994



L'any 1994, el nombre total d'hectàrees cremades fou de 76.625; de les quals, 62.575 corresponen a superfície arbrada. El nombre total d'incendis fou de 1.217.

Font: Elaboració a partir dels perímetres dels incendis cedits pel DMAH.

Quadre 2.3. Superfícies dels principals tipus de cobertes del sòl segons l'IFN2 per demarcacions i total de Catalunya

Tipus de coberta	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya	%
Bosc dens ¹	395.103	310.285	393.964	165.849	1.265.201	39,40
Bosc clar ¹	29.084	16.222	56.330	27.237	128.873	4,01
Superfície de bosc	424.187	326.507	450.294	193.086	1.394.074	43,41
Forestal desarbrat	53.016	60.466	267.518	80.870	461.870	14,38
Improductiu natural ²	22.081	9.897	—	—	31.978	1,00
Superfície forestal	499.284	396.870	717.812	273.956	1.887.922	58,79
Improductiu artificial ²	52.207	18.064	—	—	70.271	2,19
Improductiu ²	—	—	34.348	30.372	64.721	—
Conreus	221.345	176.053	465.059	325.954	1.188.411	37,01
Superfície total	772.836	590.987	1.217.219	630.285	3.211.325	100

El quadre mostra les superfícies en hectàrees de les principals cobertes del sòl per demarcacions, total de Catalunya i percentatge respecte al total de superfície.

¹ Bosc dens és el que té una cobertura de capçades d'almenys un 20 % i bosc clar, entre el 5 % i el 20 %.

² Per a Lleida i Tarragona, l'IFN2 no distingeix entre improductiu natural i artificial; per això, només es donen valors d'improductiu total. La superfície forestal total (tant d'aquestes demarcacions com del total de Catalunya), en realitat hauria de ser una mica més gran.

Font: Elaboració a partir de les publicacions de l'ICONA (1993) de cada demarcació de Catalunya.

Naturaleza) va elaborar, amb certes modificacions, la cartografia corresponent al *Segundo Inventario Forestal Nacional*, IFN2. L'IFN2 per Catalunya es publicà el 1993 i el treball de camp es dugué a terme entre 1989 i 1991. Això cal tenir-ho molt present a l'hora de citar en posteriors publicacions com aquesta aquestes dades de superfícies forestals (quadre 2.3). Si no es té això molt en compte, la publicació de dades sense precisar-ne l'origen (data, font i mètode de captura de la informació) fa força complicat fer-se càrrec de la situació real.

En la metodologia dels volums provincials de resultats de l'IFN2 (ICONA, 1993) es diu, literalment, el següent:

TRAMO DE CARTOGRAFIA

En el Segundo Inventario Forestal Nacional se ha resuelto utilizar como fuente para determinar las masas forestales ... el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) a escala 1:50000 promovido por la Dirección General de la Producción Agraria del MAPA el año 1974.

.....

Fonts d'informació més recents

Atès que el fet d'emprar una cartografia una mica antiga constitueix una limitació, podem explorar quines altres cartografies de cobertes i usos del sòl estan disponibles. Comptem amb el *Corine Land Cover* (*Commission of the European*

Communities, 1986-1996; a Catalunya, elaborat per l'ICC el 1987 a escala 1:250.000) dins el projecte per a la Coordinació de la informació del Medi Ambient de la Comissió de la Comunitat Europea, CORINE (*Coordination Of Information On The Environment*), del qual properament hi haurà una nova edició (corresponent a l'any 2000); el Mapa d'Usos del Sòl de Catalunya, MUSC (de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, ICC, en les seves versions de 1987, 1992 i 1997 a escala 1:250.000); el Mapa Forestal de Catalunya, MFC (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, DARP, 1986-1996, de dates variables en funció del full 1:100.000); el *Mapa Forestal de España*, MFE50 (de la *Dirección General de Conservación de la Naturaleza*, DGCN, a escala 1:50.000, que en la seva tercera edició, elaborada a partir d'ortofotos de l'any 1997, s'utilitza per a la determinació de les superfícies forestals de l'IFN3) i la Cartografia dels hàbitats de Catalunya, CHC (a escala 1:50.000, elaborat durant el període 1998-2003 per un grup de la Unitat de Botànica de la Universitat de Barcelona en conveni amb el DMAH). El quadre 2.4 recull, a títol comparatiu, les superfícies dels principals grups de cobertes obtingudes a partir d'algunes d'aquestes fonts. Els mapes d'usos (MUSC) inclouen una categoria de difícil definició, les bosquines. Aquesta categoria, a cavall entre els veritables boscos i els matollars, genera un considerable nivell d'incertesa en la determinació de la superfície de bosc.

Tots els mapes forestals de Catalunya publicats fins ara tenen greus problemes de caire planimètric a causa de la seva metodologia de treball. Aquest no serà el cas de la tercera edició de l'MFE50 que, tanmateix, encara no està a l'abast per poder fer-ne una anàlisi acurada; ni tampoc de la Cartografia dels

Quadre 2.4. Comparació entre algunes cartografies temàtiques sobre cobertes i usos del sòl publicades

FONT	IFN1	MCA	MUSC ¹	CORINE	IFN2	MCSC	MUSC ¹
Any	1970	1978	1987	1987	1989	1993	1997
Bosc dens ²	1.164.200	1.191.999	967.840	1.034.401	1.265.201	1.185.693	982.749
Bosc clar ²	—	173.384	—	264.246	128.873	28.922	—
Matollars	682.567	298.339	840.613	259.075	461.870	525.904	837.101
Pastures	—	123.001	72.039	125.802	—	128.312	69.634
Conreu	1.119.538	1.099.199	1.097.345	1.323.182	1.188.411	1.103.039	1.050.549
Improductiu	225.300	303.458	87.919	200.603	166.970	227.141	142.747
Superfície total	3.191.605	3.193.176	3.217.768	3.205.322	3.211.325	3.199.011	3.210.540

Les categories originals s'han reagrupat en d'altres més generals per poder establir comparacions entre fonts sobre categories més o menys equivalents.

¹ La categoria «Bosquines» del MUSC s'han inclòs dins dels matollars.

² Bosc dens és el que té una cobertura de capçades d'almenys un 20 % i bosc clar, entre el 5 % i el 20 %.

Font: Elaboració a partir de les fonts de cada cartografia citades al text.

El quadre 2.4 posa de manifest que hi ha una diferència molt més gran entre fonts que entre èpoques. Resulta, per tant, poc recomanable fer especulacions sobre l'evolució de les cobertes del sòl a Catalunya basant-se només en la comparació de les dades fins ara publicades. D'altra banda, la comparació dels MUSC de 1987 i de 1997, els dos mapes fets amb una metodologia més semblant, suggereix que els canvis en les superfícies totals observats pel que fa a les cobertes del sòl són molt menuts. Això no vol dir que no hi hagués una major taxa de canvi en aquests 10 anys; però, si va ser-hi, devia produir-se una certa compensació en el sentit dels canvis entre diferents cobertes a diferents indrets.

[illegible]

La delimitació de les àrees es va fer a partir de fotointerpretació i digitalització en pantalla d'ordinador, la qual cosa permetia utilitzar altres elements de cartografia digital com a suport directe al procés. El material de base de la fotointerpretació van ser les ortofotos 1:25.000 (resolució 2,5 m) en color natural de l'Institut Cartogràfic de Catalunya (vol de 1993), en format digital (figura 2.5). Cada full complet representa uns 125 km². L'escala de captura va ser al voltant d'1:3.000 i la superfície mínima de digitalització, de 500 m², la qual cosa permet que el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya es pugui utilitzar fins a escales de detall d'1:10.000 (figura 2.6). Una idea del gran nivell de detall d'aquest producte la dona el fet que el territori de Catalunya queda descrit per més de 700.000 polígons, que en total inclouen un conjunt de més de 18 milions de vèrtexs. Cal no oblidar, però, que la precisió planimètrica correspon a l'escala 1:25.000.

Per a la digitalització en pantalla de l'MCSC es va utilitzar el SIG MiraMon (Pons, 2004). Al final del procés, de cada full

Figura 2.5. Digitalització en pantalla d'un full 1:25.000 de l'MCSC de 1993



Sobre l'ortofoto digital en color de l'ICC es poden veure els límits dels diferents tipus de cobertes del sòl i les etiquetes identificatives de cadascuna d'elles.

Font: Ibàñez et al., 2002a.

s'obté un mapa digital de polígons (format vectorial topològicament estructurat) on es fan explícites les relacions espacials entre objectes. Això permet fer anàlisis complexes, com ara reconèixer múltiples buits a l'interior dels polígons, conèixer el veïnatge espacial, vincular conjunts d'illes, etc. Els polígons estan enllaçats amb una base de dades que inclou, entre altres, els atributs de les cobertes i la seva superfície, i que pot tenir altres bases associades. La base pot ser consultada amb un gestor de bases de dades o emprant les eines del propi SIG com ara les consultes per localització (què hi ha en aquest punt?) o per atribut (on es troben les cobertes d'aquest tipus?). Aquesta darrera consulta també dona la superfície d'una o diverses cobertes. El mapa de cobertes també s'ofereix en format ràster (imatge on la representació de l'espai es fa per divisió d'aquest en una malla de quadrats anomenats cel·les o píxels), amb una resolució espacial de 2 m per píxel.

Figura 2.6. Fragment resultant de l'elaboració de l'MCSC de 1993



MCSC corresponent al fragment de l'ortofoto de la figura 2.5. Xarxa UTM d'un kilòmetre.

Font: Ibàñez et al., 2002a.

Les superfícies de les principals cobertes de l'MCSC relatives a una regió forestal, a una comarca, a un municipi o a un espai del PEIN (Pla d'espais d'interès natural) poden consultar-se a la web de l'IEFC. Aquesta informació també apareix en l'edició impresa de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. L'accés habitual a les bases de l'MCSC és mitjançant la web de l'MCSC. A la figura 2.7 s'il·lustra la descàrrega d'un full de l'MCSC des d'Internet. Com tota la cartografia digital de la web de cartografia del DMAH, la cartografia descarregada pot visualitzar-se, consultar-ne les bases de dades associades i imprimir-se emprant el Lector de mapes de MiraMon (Pons, 2004), descarregable des de la mateixa adreça del DMAH.

Comparació entre el mapa de cobertes i la cartografia de l'IFN2

Tot i que ja hem esmentat la prevenció amb què cal dur a terme comparacions entre cartografies diferents, potser convé fer alguns comentaris sobre una d'aquestes possibles comparacions. Com que l'IFN2 i l'IEFC són inventaris forestals gairebé coetanis, i com que una de les primeres informacions que s'espera d'un inventari forestal és la determinació de la superfície forestal arbrada, té sentit preguntar-se per què ambdós inventaris donen uns valors d'aquesta superfície forestal arbrada (bosc) tan diferents.

Si entenem com a bosc aquella fracció de la superfície forestal constituïda per espècies forestals amb port arbori, les dades de l'IFN2 suposen una sobreestimació en relació amb les de l'MCSC d'unes 180.000 ha, la majoria però, dins la categoria de boscos clars. Aquesta sobreestimació és deguda, en

part, al fet que la cartografia de l'IFN2 parteix d'una cartografia feta uns quinze anys abans que l'MCSC (l'MCA), sobre la qual es van sumar algunes noves superfícies arbrades (les modificacions fetes per l'ICONA inclouen l'avenç del bosc des de l'elaboració de l'MCA) i, en canvi, no es van restar les pèrdues de superfície arbrada degudes, per exemple, als incendis forestals (làmina 2), considerant que un bosc cremat continua sent un bosc, cosa que fóra certa sempre que estigués garantida la seva immediata regeneració natural. Dos factors més que contribueixen a aquesta sobreestimació són, d'una banda, que el disseny de l'IFN2 a escala espanyola fa que s'incloguin entre els boscos les masses forestals dominades per espècies com el boix, que a Catalunya tenen pràcticament sempre un port arbustiu (làmina 3) i, de l'altra, que la superfície mínima de representació cartogràfica varii en funció del tipus de coberta (làmines 3 i 4).

Comarques i municipis

El detall de l'MCSC permet oferir una anàlisi força detallada de la distribució de les masses forestals. El quadre 2.5 recull un resum per comarques de les proporcions de les principals cobertes del sòl. Aquestes dades poden consultar-se a la sèrie de 10 volums de l'IEFC (Gracia et al., 2000-2004) corresponents a cadascuna de les 8 regions forestals en què el Pla general de política forestal divideix Catalunya, al resum per Catalunya i al volum de mètodes. Tant l'MCSC com l'IEFC (i altra informació derivada referent al bosc) formen part de l'anomenat Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC, vegeu capítol 4) el qual constitueix la font de bona part de les taules i figures

Figura 2.7. Exemple de descàrrega d'un full 1:25.000 de l'MCSC per Internet



Font: Imatge extreta de la web de l'MCSC.

Vall d'Aran, Pallars Sobirà i Alta Ribagorça són les tres comarques de Catalunya amb una major proporció de superfície forestal (i també amb la major proporció de prats i d'improductiu natural). Però més forestal no vol dir més proporció de boscos, atès que també són terrenys forestals els coberts de matolls o de prats, les roques, etc. A més a més, el bosc té un límit altitudinal a Catalunya al voltant dels 2.400 m i tots els terrenys que hi ha a major altitud, tot i que sempre són forestals, mai són boscos, cosa que afecta essencialment a les comarques pirinenques. Per això, les comarques amb una major proporció de bosc difícilment es troben als Pirineus. La Selva i la Garrotxa són, amb gran diferència, les dues comarques amb una major proporció de bosc (gairebé un 75 % de la seva superfície). Les comarques amb una menor proporció de boscos són el Pla d'Urgell i el Segrià, però les menys forestals són el Pla d'Urgell i l'Urgell. Només hi ha dues comarques on dominen els matollars: el Garraf i el Pallars Jussà (amb més del 30 % de la superfície). Els conreus són la coberta més abundant a totes les comarques de l'Àmbit de Ponent, les Terres de l'Ebre i el Camp de Tarragona excepte al Priorat (amb proporcions que van des de poc més del 35 % a la Ribera d'Ebre fins al 93 % del Pla d'Urgell). L'improductiu artificial és la coberta dominant a la comarca del Barcelonès (més de tres quartes parts de la comarca).

Quadre 2.5. Superfície total i proporció dels principals tipus de cobertes del sòl per comarques i total de Catalunya

Comarca	Superfície (ha)	Bosc (%)	Matollar (%)	Prat (%)	Improductiu natural (%)	Forestal (%)	Aigües (%)	Conreus (%)	Improductiu artificial (%)
Alt Camp	54.469	23,38	20,66	0,13	0,29	44,46	0,02	52,38	3,14
Alt Empordà	134.243	35,97	20,13	2,00	1,31	60,17	0,57	34,90	4,37
Alt Penedès	59.241	26,03	18,10	0,50	0,08	44,71	0,13	49,86	5,30
Alt Urgell	144.685	58,45	18,54	6,92	2,44	86,35	0,40	12,03	1,22
Alta Ribagorça	42.677	32,16	18,32	24,42	16,64	91,55	0,99	6,39	1,08
Anoia	86.666	31,71	22,40	0,11	0,16	54,38	0,02	41,06	4,54
Bages	129.517	51,60	17,52	0,11	0,68	69,91	0,20	26,31	3,59
Baix Camp	69.527	23,71	24,80	0,65	0,84	50,02	0,09	44,22	5,68
Baix Ebre	98.786	13,45	28,74	0,78	1,33	44,46	1,52	51,13	2,88
Baix Empordà	70.048	47,34	4,82	0,45	0,37	53,05	0,25	39,35	7,35
Baix Llobregat	48.642	29,78	20,01	2,46	0,59	53,30	0,46	22,87	23,36
Baix Penedès	29.551	16,92	31,13	0,74	0,27	49,13	0,00	39,14	11,73
Barcelonès	14.307	9,66	11,60	1,39	0,31	22,97	0,26	1,31	75,45
Berguedà	118.166	66,51	9,15	3,95	1,92	81,52	0,33	15,68	2,47
Cerdanya	54.637	38,24	16,79	17,14	4,46	76,68	0,15	20,64	2,54
Conca de Barberà	64.892	28,49	17,48	0,34	0,38	46,68	0,01	51,48	1,82
Garraf	18.408	23,93	41,40	0,21	0,35	65,90	0,00	20,14	13,96
Garrigues	79.971	17,78	15,23	0,42	0,02	33,45	0,07	65,08	1,40
Garrotxa	73.418	74,52	2,71	1,26	0,64	79,13	0,11	18,58	2,18
Gironès	57.545	60,01	2,79	0,59	0,04	63,43	0,27	30,85	5,46
Maresme	39.690	54,33	4,63	1,00	0,38	60,36	0,01	23,08	16,55
Montsià	70.873	7,43	22,81	0,27	2,52	34,33	2,34	59,63	3,70
Noguera	177.961	25,01	26,19	1,32	0,73	53,26	1,04	44,41	1,29
Osona	126.384	58,47	4,64	0,57	2,95	66,63	0,60	29,72	3,05
Pallars Jussà	133.949	31,40	32,95	9,32	6,23	79,91	1,02	17,78	1,29
Pallars Sobirà	135.522	42,35	20,02	18,90	11,43	92,70	0,56	5,90	0,83
Pla d'Urgell	30.447	0,24	1,57	0,75	0,00	2,56	0,23	93,04	4,17
Pla de l'Estany	26.273	52,41	2,09	0,71	0,10	55,30	0,70	39,99	4,01
Priorat	49.620	36,08	28,84	0,40	2,05	67,36	0,22	31,32	1,10
Ribera d'Ebre	82.529	25,11	34,59	0,14	0,53	60,39	1,40	36,84	1,37
Ripollès	95.872	59,15	8,84	15,39	4,39	87,76	0,10	10,43	1,70
Segarra	72.120	15,55	12,95	0,40	0,02	28,93	0,01	69,66	1,40
Segrià	139.371	4,54	13,60	1,58	0,02	19,74	0,90	75,80	3,55
Selva	99.550	74,95	2,00	0,24	0,13	77,32	0,60	17,31	4,77
Solsonès	99.860	62,57	7,29	1,22	2,03	73,12	0,15	25,20	1,53
Tarragonès	31.691	10,00	15,96	1,10	0,38	27,48	0,26	55,36	16,90
Terra Alta	74.004	33,55	18,48	0,48	1,53	54,05	0,16	44,94	0,85
Urgell	58.619	5,24	7,18	0,13	0,01	12,56	0,19	84,83	2,43
Val d'Aran	62.047	32,72	16,98	34,85	10,95	95,62	0,62	2,78	0,99
Vallès Occidental	58.037	43,75	10,14	2,05	1,35	57,45	0,11	19,91	22,52
Vallès Oriental	85.194	59,69	5,77	0,97	0,37	66,80	0,06	22,62	10,53
Catalunya	3.199.011	37,97	16,44	4,01	2,19	60,68	0,49	34,47	4,35

El quadre mostra la superfície en hectàrees de les comarques de Catalunya i la proporció dels principals tipus de cobertes del sòl l'any 1993. La suma de bosc, matollars, prats i improductiu natural pot ser menor que la proporció de la categoria Forestal atès que aquesta incorpora altres categories no contemplades en aquest quadre.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya

d'aquest capítol i dels dos següents, i d'algunes dels capítols 5, 9 i 10.

Osor (97,59 %), Albanyà (90,1 %) i Espinelves (89,54 %) són els tres municipis proporcionalment més boscosos de Catalunya però el que té més bosc és Montferrer i Castellbó amb 12.010 ha. De fet, té més bosc que moltes comarques de Catalunya (fins a nou). Per contra, a Catalunya hi ha també alguns municipis sense ni la més mínima taca de bosc, 12 en total, pertanyents a sis comarques diferents.

Els municipis amb una major proporció de matollars són: Colera (85,10 %), la Riba (84,23 %) i Cadaqués (78,29 %). De fet, aquests municipis serien dels més boscosos si no fos pels freqüents incendis forestals que han sofert durant els darrers 30 anys. És, però, Tremp (el municipi més gran de Catalunya amb 30.199 ha), el que té una major extensió de matollars (14.175 ha), una superfície més gran que la de tot el Barcelonès. Aquest és el tipus de coberta forestal més estès a Catalunya, atès que només hi ha dos municipis sense matollars: Badia del Vallès i Sant Adrià del Besòs.

Pardines (44,92 %), Naut Aran (41,01 %) i Queralbs (39,95 %), els municipis amb una major proporció de prats, tenen de fet més prats que qualsevol altra cosa. Naut Aran, amb 10.207 ha, posseeix la major extensió de prats del país, una extensió de terreny comparable a la comarca del Barcelonès.

Pel que fa a roques i tarteres destaquen: Espot (36,40 %), Queralbs (29,56 %) i la Vall de Boí (28,22 %). A Espot, aquesta és la coberta majoritària i a la Vall de Boí és on hi ha més superfície d'improductiu natural de tot Catalunya (6.193 ha).

Torre-serona (99,20 %), Bellvís (98,71 %) i Penelles (98,63 %) són els municipis amb una major proporció de conreus. A l'altre extrem trobem Santa Coloma de Gramenet (0,70 %), Portbou (0,33 %) i Barcelona (0,32 %). El municipi amb una major superfície de conreus és Lleida (18.846 ha).

Finalment, els municipis amb major proporció de superfícies impermeables són: Sant Adrià del Besòs (89,70 %), l'Hospitalet de Llobregat (86,42 %) i Badia del Vallès (82,05 %). És, però, Barcelona, amb 7.814 ha, la que té la major quantitat d'improductiu artificial. A l'altre extrem trobem Bossòst (0,13 %), Montseny i Vallfogona de Ripollès (0,17 % cadascun).

La superfície forestal és un dels paràmetres inclosos com a indicadors del primer dels sis criteris paneuropeus per a la gestió forestal sostenible (vegeu requadre final del capítol 5). I, per tant, és especialment important avaluar aquest paràmetre amb la major precisió possible i periòdicament efectuar un seguiment amb una metodologia estrictament comparable. A la làmina 5 es mostra per municipis la proporció de superfície forestal, de superfície de conreus i de superfície urbana. També s'inclou un

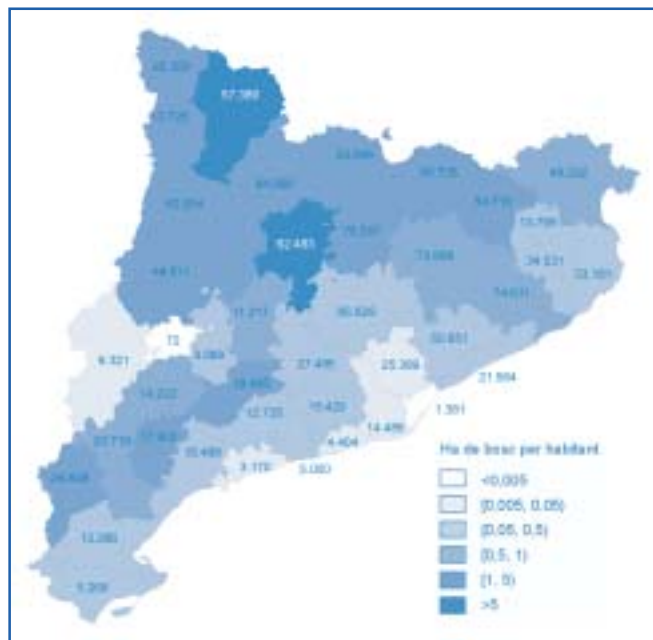
mapa d'elevacions per mostrar fins a quin punt aquestes proporcions estan condicionades pel relleu del país. D'una banda, es pot observar que la proporció de superfície forestal reproduceix fidelment la distribució de les serralades i, de l'altra, que la proporció de conreus està molt estretament relacionada amb les zones planeres d'altitud relativament baixa. Finalment, també s'observa com l'ocupació urbana del territori està molt relacionada amb la façana litoral. Les taules amb les proporcions numèriques es poden trobar a les vuit publicacions de l'IEFC (una per a cada regió forestal) i també a Internet a la web de l'IEFC.

La làmina 6 il·lustra la distribució de les proporcions dels dos principals components a Catalunya de la superfície forestal: els boscos i els matollars. S'identifica una gran àrea al nord-est amb una gran proporció de boscos i una baixa proporció de matollars, que estaria formada per les comarques del Solsonès, el Berguedà, el Ripollès, la Garrotxa, Osona, la Selva, el Gironès, el Pla de l'Estany, el Baix Empordà, el Maresme i el Vallès Oriental. Es tracta d'una àrea relativament humida, sense gaire incidència d'incendis forestals (almenys fins l'any 1993, que cal no oblidar és l'any de l'MCSC i, per tant, la data de referència d'aquesta informació) i, tret d'una part del Ripollès i del Berguedà, no massa elevada. És, justament, aquesta darrera característica l'única entre aquestes tres; clima, incendis i altitud, que la diferència del sector veí del nord-oest, amb uns efectes, però, força evidents. A les comarques de muntanya de la demarcació de Lleida (tret del Solsonès), les proporcions de bosc són força més baixes i comparables a les del centre i sud de Catalunya; i a l'inrevés, les proporcions de matollars són elevades i comparables també a les del centre i sud de Catalunya, zones que tenen molt poc en comú amb les comarques del nord-oest, atès que són molt més baixes de cota, molt més seques de clima i, en part per això, amb una molt més gran incidència dels incendis forestals.

Mentre al nord-est el clima, la cota altitudinal i l'escassa incidència d'incendis forestals, almenys en els darrers 40 o 50 anys, han permès gairebé la màxima expansió possible del bosc (sempre hi ha el límit imposat pels terrenys més aptes per al conreu i els assentaments urbans), a la resta del territori això no ha estat possible. Al nord-oest del país, a causa d'unes condicions climàtiques extremes (el fred i la neu fan que el bosc tingui a Catalunya un límit altitudinal al voltant dels 2.400 m), que permeten l'existència de matollars i prats supraforestals, o a un canvi relativament recent en els usos (antigues pastures de muntanya ocupades actualment per matolls). Ben al contrari, al centre i sud del país la limitació s'ha produït per l'efecte continuat dels incendis forestals, que mantenen un fràgil equilibri entre les proporcions de bosc i matollar en les superfícies forestals.

Això no deixa de ser un esquema d'una realitat molt més complexa. L'Alt Empordà, encara que situat al nord-est, és més similar a les comarques del sud en funció de les tres característiques considerades. D'altra banda, hi ha arreu de Catalunya

Figura 2.8. Nombre d'hectàrees de bosc i superfície de bosc per habitant per comarques



Font: Elaboració a partir del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya i les dades de població de 1996 (IDESCAT, 2000).

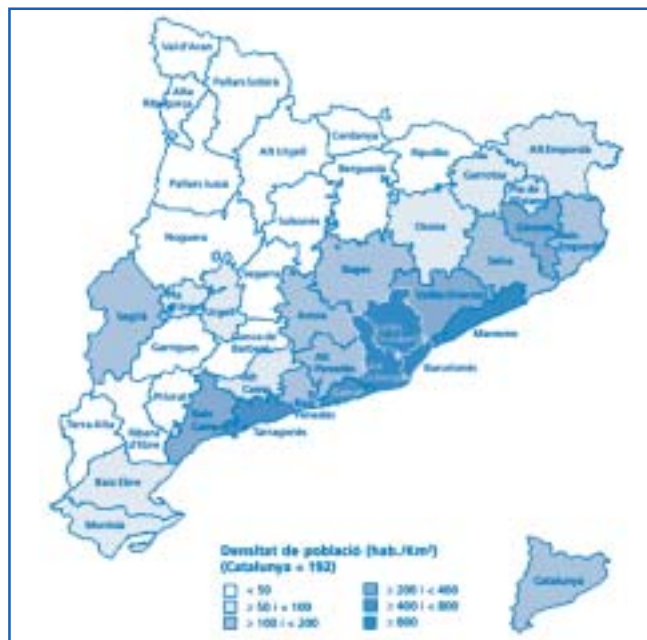
serralades i massissos (com ara el massís dels Ports o les Muntanyes de Prades) que modifiquen aquest esquema general. En aquests indrets acostuma a haver-hi un clima més humit del que es deduiria per la seva latitud.

A la figura 2.8 es mostra el nombre d'hectàrees de bosc que hi ha a cada comarca i, mitjançant un índex de color, les hectàrees de bosc per habitant. Com es pot observar, aquesta distribució, a part del que s'ha explicat més amunt sobre la seva relació amb l'orografia, clima i règim d'incendis, està molt influenciada per la distribució de la densitat de població per comarques (figura 2.9), població que es concentra, sobretot, a la façana litoral del país, òbviament en estretíssima relació amb la distribució de la superfície urbanitzada (làmina 5).

Altres àmbits territorials

Tot i que l'MCSC-1993 permet oferir dades de superfícies de bosc amb gran detall (comarca, EIN, municipi, etc.) hi ha comarques que tenen una superfície forestal arbrada tan menuda que no permeten un tractament estadístic prou adequat per als nivells de mostreig habituals en els inventaris forestals d'abast nacional (que en el millor dels casos prenen una parcel·la per cada 100 ha de superfície forestal arbrada). Per tant, està prou justificat que part de les dades d'aquesta publicació es

Figura 2.9. Distribució de la densitat de població per comarques i a Catalunya



Font: Elaboració a partir de les dades de població de 1996 i les superfícies comarcals (IDESCAT, 2000).

presentin per vegueries (quadre 2.6 i figura 2.10), llevat del cas en què s'hagin de fer comparacions amb fonts que no tinguin en compte aquesta delimitació; llavors, es fa referència a les demarcacions (quadre 2.7).

Les Comarques Centrals i Comarques Gironines són les vegueries que tenen una major superfície de bosc (entre 310.000 i 316.000 ha, un 55-56 % del total de la superfície, respectivament) seguides de l'Alt Pirineu i Aran (quasi 240.000 ha i un 42 %). L'Alt Pirineu i Aran és la vegueria més forestal de totes amb més del 87 % del territori: té més prats (89.500 ha) i més matollars (125.000 ha) que qualsevol altra i també major proporció de roques i tarteres (més del 7 %, unes 43.000 ha); per contra, té la menor proporció de zones urbanes (un 1,24 %) i de conreus (poc més d'un 11 %) de totes. En definitiva, és una regió excepcional en tot menys en la proporció de bosc; encara que costi de creure, hi ha la mateixa proporció de bosc a l'Àmbit Metropolità que a l'Alt Pirineu i Aran (un 41 %). L'Àmbit Metropolità, per la seva banda, destaca per ser la vegueria més urbana de totes (un 17 % corresponent a unes 56.500 ha). Finalment, l'Àmbit de Ponent i les Terres de l'Ebre tenen més proporció de matollars que de boscos i, juntament amb el Camp de Tarragona, són les vegueries amb major proporció de conreus (més del 45 % de la superfície).

Quadre 2.6. Superfície total i proporció dels principals tipus de cobertes del sòl per vegueries i total de Catalunya

Àmbit	Superfície (ha)	Bosc (%)	Matollar (%)	Prat (%)	Improductiu natural (%)	Forestal (%)	Aigües (%)	Conreus (%)	Improductiu artificial (%)
Àmbit Metropolità	323.519	41,26	13,10	1,28	0,52	56,41	0,14	26,13	17,46
Comarques Centrals	560.593	55,17	11,78	1,22	1,61	70,07	0,28	26,92	3,01
Comarques Gironines	556.949	56,70	8,08	3,49	1,23	70,06	0,37	25,77	4,17
Alt Pirineu i Aran	573.517	41,66	21,90	15,61	7,62	87,44	0,63	11,32	1,24
Àmbit de Ponent	558.489	14,22	16,43	0,98	0,25	32,48	0,60	65,36	2,16
Camp de Tarragona	299.752	24,61	22,82	0,50	0,73	48,78	0,09	45,82	5,41
Terres de l'Ebre	326.192	19,65	26,61	0,44	1,43	49,83	1,36	47,96	2,22
Catalunya	3.199.011	37,97	16,44	4,01	2,17	61,18	0,49	34,47	4,35

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Figura 2.10. Àmbits del pla territorial: Vegueries



Les vegueries han constituït, des d'abans del segle XII, l'ordenació tradicional de Catalunya, la qual fou substituïda al segle XIX per les actuals províncies (demarcacions). En aquest capítol (i també en el següent) es fa esment de les regions forestals (divisió territorial del Pla general de política forestal del DMAH). En general, les regions i les vegueries coincideixen en els límits territorials. Així, les vegueries equivalen, en el mateix ordre en què apareixen a la llegenda, a les Regions Forestals V, III, VI, VII, VIII, IV i I. La Regió Forestal II no té equivalència i agrupa les comarques de la Cerdanya (Alt Pirineu i Aran), el Ripollès i la Garrotxa (Comarques Gironines) i Osona (Comarques Centrals). Finalment el Priorat pertany a la Regió Forestal VII (Terres de l'Ebre) i no a la VI (Camp de Tarragona).

Font: IDESCAT (http://www.idescat.es/publicacions/anuari/anuari03/AEC2003_pdf/AEC2003introduccio.pdf).

.....
Evolució de la superfície forestal arbrada en els darrers anys

Abans d'arribar al *quid* de la qüestió, convé fer algunes consideracions prèvies. En primer lloc, cal tenir present que l'evolució de la superfície de bosc ha estat, i continuarà essent, una història d'oscil·lacions (quelcom semblant al que passa amb la borsa, a un ritme més lent, és clar), de manera que sempre trobarem èpoques amb més i amb menys boscos respecte als que hi ha actualment. Per tant, abans de parlar sobre l'evolució de la superfície de bosc, cal fixar el període a què es fa referència.

En segon lloc, cal tenir present quines són les potencialitats del territori, el que es podria anomenar el sostre arbrat. Respecte a això, cal posar de manifest que Catalunya és un país de boscos (el clima i els sòls ho permeten) i, per tant, gairebé tots els terrenys forestals, tret d'una bona part dels improductius i tots els prats i matollars supraforestals, podrien ser boscos i, per tant, aquesta potencialitat estaria al voltant del 53 % del territori (enfrent del 38 % de boscos que hi havia l'any 1993 segons l'MCSC). D'altra banda, Catalunya és un país menut i densament poblat, per la qual cosa les planes i els terrenys amb poc pendent fa molts anys que estan ocupats per l'agricultura i els espais urbans (i té sentit pensar que això seguirà essent així), de manera que no cal considerar-los a l'hora d'avaluar el sostre màxim de bosc. El que sí es pot considerar és que pràcticament es destina a l'agricultura i l'urbanisme tot el territori amb aquestes potencialitats i que, per tant, mentre no canviï l'actual escenari (els conreus són necessaris per a la subsistència, la població es manté entorn dels set milions, etc.) el territori forestal romandrà estable al voltant del 61 %, amb una lleugera tendència a l'augment, car encara s'observa una certa disminució de l'activitat agrícola a les

terres de secà properes als nuclis turístics (com, per exemple, a la costa tarragonina) i al voltant dels nuclis urbans en expansió. D'altra banda, a finals dels setanta ja s'havia produït l'abandonament agrícola de les terres més dolentes, que en un passat anterior havien estat conreades en resposta a necessitats molt primàries (fam després de la guerra, etc.).

En tercer lloc, cal tenir present que a Catalunya pràcticament no hi ha repoblacions forestals (o aquestes estan per sota de les 1.000 ha anuals, vegeu quadres 5.3 i 5.4) i que, per tant, l'expansió del bosc depèn, sobretot, dels processos de regeneració natural. El cas és que les condicions del territori forestal permeten aquesta regeneració natural i hi ha una constant expansió del bosc des dels nuclis preexistents cap a les zones veïnes. Aquesta expansió es produeix, a més, a tot el territori.

En quart lloc, cal no oblidar, però, que no tot suma a favor del bosc. En els darrers 25 anys s'han cremat més de 200.000 ha de bosc i una xifra no gaire diferent de matollars (potencialment boscos). A més a més, aquests incendis no s'han produït arreu del territori. Mentre la zona més humida del país, que concentra gairebé la meitat dels boscos actuals, no ha patit els efectes del foc, la zona més eixuta, l'altra meitat, ha sofert unes pèrdues de gairebé un terç respecte a la superfície actual de bosc en aquests indrets. Hi ha, per tant, una part del territori on no existeix cap impediment per a l'expansió natural del bosc (sempre que

no hagi assolit ja el seu sostre), i una altra part on fins i tot es fa difícil pensar que l'expansió natural del bosc pugui compensar les pèrdues sofertes pels incendis forestals. D'altra banda, cal tenir present que, tret de casos molt particulars (alzina surera), la recuperació d'un bosc cremat suposa un període de temps no inferior als 20 anys.

Finalment, tampoc s'ha d'oblidar que la memòria juga males passades i que, per tant, per establir comparacions és millor fer-ho sobre dades que sobre records. També cal tenir present l'anisotropia que provoquen els esdeveniments locals (un gran incendi forestal, l'abandonament de les pastures d'un vessant, l'abandonament d'un poble, una repoblació forestal, un conjunt de noves rompudes, un nou pla de regadius, etc.), que pot oferir una visió esbiaixada sobre quina ha estat l'evolució real del bosc al conjunt del territori. Hi ha un bon registre dels incendis forestals des de l'any 1975 i una cartografia temàtica més o menys d'aquella mateixa època (MCA). També és cert que hi ha fotografies aèries més antigues (les del vol americà de 1956, figura 2.1) i, per tant, es podria disposar d'un mapa dels boscos d'aquella època, però el cas és que aquest mapa no s'ha fet mai (convindria fer-lo?). Sembla segur que el bosc ha augmentat d'aleshores ençà. Però, tant com s'acostuma a pensar? Una pista respecte a això s'obté de les dades de l'IFN1, que va estimar la proporció de bosc precisament a partir d'un estudi estadístic sobre les cobertes del sòl observades a les fotografies aèries

Quadre 2.7. Superfície dels principals tipus de cobertes del sòl segons l'MCSC per demarcacions i total de Catalunya

	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya	%
Bosc dens ¹	365.451	326.689	363.386	130.168	1.185.693	37,06
Bosc clar ¹	5.669	2.831	12.704	7.718	28.922	0,90
Superfície de bosc	371.120	329.520	376.090	137.886	1.214.615	37,97
Matollars	100.068	48.398	222.253	155.185	525.904	16,44
Prats i herbassars	9.313	25.028	91.028	2.943	128.312	4,01
Improductiu natural	8.445	7.882	46.414	7.029	69.770	2,18
Superfície forestal²	489.278	411.892	735.934	304.198	1.941.303	60,68
Aigües continentals	1.871	2.071	7.064	4.544	15.551	0,49
Improductiu artificial	71.831	24.069	19.787	23.431	139.118	4,35
Conreus	208.757	150.923	449.589	293.770	1.103.039	34,48
Superfície total	771.737	588.955	1.212.375	625.944	3.199.011	100

El quadre mostra les superfícies en hectàrees dels diferents tipus de cobertes del sòl per demarcacions, per al total de Catalunya i el percentatge que aquestes representen respecte al total de superfície de Catalunya segons l'MCSC de 1993.

¹ Bosc dens és el que té una cobertura de capçades d'almenys un 20 % i bosc clar, entre el 5 % i el 20 %.

² La superfície forestal és la suma de boscos, matollars, prats, improductiu natural i altres cobertes més minoritàries no incloses a la taula.

Font: Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya.

del vol americà: els resultats (quadre 2.1) no semblen massa allunyats de la situació actual (la diferència no arriba a l'1,5 %).

I encara hi ha una altra restricció. Tota la informació que s'ha publicat fa referència a demarcacions i no es disposa de dades antigues en l'àmbit comarcal. Pertant, per facilitar la comparabilitat amb dades anteriors, al quadre 2.7 s'ofereixen les dades de l'MCSC per a les quatre demarcacions catalanes i s'agafen com a referència les dades de l'MCA de 1978 (quadre 2.2). Per tant, es considera l'evolució del bosc (i de les cobertes del sòl) en els darrers 25 anys.

Com es pot observar (quadres 2.2 i 2.7) a la demarcació de Girona entre l'estimació de l'MCA i la de l'MCSC hi ha hagut un increment en la superfície de bosc del 3,05 % (de 319.000 ha a 329.000). Pel que fa a la superfície de conreus, es pot considerar que des d'aleshores roman relativament estable, atès que l'augment observat entre fonts (MCA i MCSC) és només de l'1,74 % (de 148.000 ha a poc més de 150.000). Això també posa de manifest que les variacions en la proporció de bosc s'han produït en tot cas en detriment d'algun altre component de la superfície forestal. Canvis tan lleus en aquest període de temps, des de finals dels setanta a 1993, poden indicar un comportament molt estable de les diferents cobertes del sòl. De fet, a la demarcació de Girona, la proporció de bosc (56 % de les cobertes de la demarcació) actualment s'acosta al seu sostre i, per tant, hi ha poc marge per als canvis, a no ser que aquests siguin conseqüència d'un gran incendi forestal. L'única zona de la demarcació de Girona que s'allunya d'aquest esquema general és la zona del Cap de Creus i de la Serra de les Alberes que, amb incendis repetits els darrers anys, concentren la major part dels matollars de la demarcació. El bosc té encara un cert marge de creixement en detriment dels prats de muntanya situats per sota del límit altitudinal del bosc a mesura que es produeix l'abandonament de l'activitat ramadera; tanmateix, aquesta és una superfície molt minsa a la demarcació de Girona. Finalment, convé tenir present que el bosc en aquesta demarcació acostuma a ser dens i ben definit, per la qual cosa és quantificable amb més facilitat que en d'altres indrets (també amb major independència de la metodologia emprada).

La demarcació de Tarragona representa en aquest esquema senzill l'altre plat de la balança. El bosc sovint és difícil de classificar, amb arbres baixos i disposats en rogles esparsos que, depenent del sedàs amb què es quantifiqui (en aquest context mida del píxel o de la unitat mínima cartografiada), pot considerar-se com una matriu de matollar amb taques de bosc (sedàs fi: MCSC) o una gran taca irregular de bosc clar (sedàs més groller: MCA, CORINE, MUSC, etc.). D'altra banda, i com passava a Girona, no hi ha hagut una variació significativa en els conreus (0,91 %) que, d'altra banda, a les comarques tar-

ragonines són molt més abundants que els boscos, per la qual cosa caldria pensar en canvis dins les cobertes forestals, que en conjunt ni tant sols arriben al 50 % de la superfície de la demarcació. Sobre una superfície de bosc que té un sostre potencial per sota de les 300.000 ha, en una de les zones més eixutes del país i on les flames dels darrers 25 anys han afectat pràcticament la meitat d'aquesta xifra entre boscos i matollars, més enllà de qualsevol altra discussió sembla difícil que hi hagués més de les gairebé 138.000 ha que segons l'MCSC hi havia l'any 1993, xifra que hauríem de considerar propera a la que dona l'MCA, almenys pel que fa al bosc dens (129.000 ha, l'MCA respecte a les 130.000 de l'MCSC). L'enorme diferència pel que fa al bosc clar (l'MCA calcula 52.000 ha en front de les 7.700 ha de l'MCSC) s'explicaria més aviat per una qüestió metodològica, com ja s'ha argumentat més amunt.

La plana de Lleida separa físicament les masses forestals dels Pirineus i Prepirineus dels boscos de les comarques taragonines amb la major extensió de conreus que hi ha a Catalunya. Com s'ha esmentat més amunt, al nord de la plana de Lleida trobem les comarques amb una major proporció de terrenys forestals, però no amb una major proporció de boscos (làmina 6 i figura 2.8). Aquí, en principi, hi hauria més marge per considerar un possible augment de la superfície de bosc. No hi ha hagut massa incidència dels incendis forestals, almenys fins l'any 1993 (tret del sud de l'Alt Urgell i la Noguera); s'ha produït un cert abandonament de les pastures i dels conreus de muntanya i, per tant, sembla un lloc on el bosc hauria anat guanyant terreny als prats i, sobretot, als matollars. Del 31 % de la superfície ocupada pels boscos a la demarcació de Lleida, sembla raonable pensar que es podria arribar fins al voltant d'un 40 % (fonamentalment, a partir d'una bona part dels matollars i prats situats per sota del límit altitudinal del bosc). Això representa unes 120.000 ha, bona part de les quals, en zones lliures d'incendis forestals per la qual cosa constitueix la major reserva de terrenys forestals potencialment arbrats de Catalunya. De tota manera, en la comparació amb l'MCA no s'observa que entre 1978 i 1993 hi hagi hagut cap increment significatiu (-1,4 %) de la superfície de bosc dens (368.000 ha dona l'MCA i 363.000 l'MCSC). Potser, les diferències metodològiques siguin novament les responsables de la diferència en el total del bosc. En aquest cas, l'augment real del bosc restaria emmascarat per una sobreestimació prèvia. La gran quantitat d'hectàrees ocupades per boscos amb un recobriment per sota del 20 % (bosc clar) que computa l'MCA, gairebé 70.000 en front de les 12.000 de l'MCSC de 1993, apunta en aquest sentit.

Barcelona és la demarcació amb més matisos pel que fa a aquesta qüestió. Per començar, a la demarcació de Barcelona hi ha comarques que es poden considerar properes a les condicions del bosc de les comarques gironines, d'altres compara-

bles a les tarragonines, i algunes, a les lleidatanes. En general, però, es tracta de terrenys més humits que els de les comarques de Tarragona. Ara bé, potser pel fet que a Barcelona la proporció de boscos és més gran (48 % respecte al 22 % de Tarragona) i que les masses forestals són més contínues que a la demarcació de Tarragona (en conjunt molt més agrícola), és on s'han produït bona part dels grans incendis forestals dels darrers 25 anys (Garraf-1982, Anoia-1986, Bages-1986, etc.). Com que els conreus tampoc han variat massa en extensió des de finals dels setanta (de 204.000 ha a 208.000 ha, un 1,89 %), tot augment de bosc fins arribar al sostre potencial, que aquí hauria de ser proper a l'actual superfície forestal i per tant abastar prop del 58-60 % de la superfície de la demarcació, aniria en detriment de la resta de cobertes forestals (sobretot matollars). El cas és que, en els darrers temps, sembla que la regeneració natural (molt bona en general a la demarcació) ha estat insuficient per compensar els efectes dels incendis forestals (vegeu l'apartat següent). També és a la demarcació de Barcelona on hi ha una pressió urbanística major que a qualsevol altra zona de Catalunya. Tot plegat pot ajudar a entendre com entre 1978 i 1993 es poden haver perdut més d'un 6 % dels boscos densos de la demarcació, passant de les 391.000 a 365.000 ha.

L'orientació dels esdeveniments no ha canviat gaire des de l'any 1993 ençà. S'ha intensificat l'ocupació urbana de la façana litoral i dels voltants de Barcelona en detriment de la resta de cobertes (fonamentalment conreus, matollars i boscos), hi ha hagut una considerable regeneració natural en zones que havien patit incendis anteriorment (Taradell-1983, Vilaverd-1986, etc.) i s'han produït nombrosos grans incendis forestals: Berguedà-1994, Bages-1994, Garraf-1994, Gualba-Sta. Coloma-1994, Collbató-1994, Terra Alta-1994, Vespella de Gaià-1994, Cingles de Bertí-1994, Sant Feliu de Codines-1994, Serra de Cardó-1995, Solsona-1998, Cap de Creus-2000, etc.

Com que el nombre mitjà d'hectàrees cremades en el període 1994-2000 supera la mitjana dels darrers 25 anys (vegeu figura 7.1), cal pensar que en aquests moments a Catalunya hi ha menys bosc del que reflecteix l'MCSC de l'any 1993.

..... Primers resultats de l'MCSC-2000 a l'Àmbit Metropolità

Com s'apuntava a l'inici d'aquest capítol, actualment s'està duent a terme la segona edició de l'MCSC. Aquest nou MCSC s'elabora al CREAF a partir d'ortoimatges del període 2000-2003, obtingudes per l'ICC. Les imatges tenen un píxel de 0,5 metres i la delimitació de les taques es fa seguint el mateix protocol de l'MCSC de 1993; ara a una escala d'1:1.500. Tot i que la llegenda d'aquest nou MCSC inclou moltes més categories que la del l'MCSC de 1993 (Burriel i Ibàñez, 2004), les noves categories són resultat de la divisió d'algunes de les antigues.

D'aquesta manera s'ha pogut establir una llegenda jeràrquica, que en el seu segon nivell és estrictament comparable amb l'MCSC de 1993.

L'MCSC-2000 a l'Àmbit Metropolità ja és acabat. I, tot i que cal encara un cert temps per fer-ne una anàlisi detallada, ja es poden avançar algunes conclusions:

- 1— Des de mitjans de l'any 1993 fins a mitjans de l'any 2000 (un període de 7 anys) hi ha hagut una notable variació a l'Àmbit Metropolità (vegeu quadre 2.6 i 2.8). La primera cosa que cal constatar és un augment net de la superfície forestal (fins al 59,90 %, acostant-se a la mitjana de Catalunya) i també del improductiu artificial (superfície urbanitzada, principalment, que en conjunt arriba al 19,23 %). Aquests augments han anat en detriment de la superfície de conreus, que ha disminuït sensiblement durant aquest període (fins al 20,72 %). Aquest patró s'ha produït, a més a més, en cadascuna de les 7 comarques que integren aquest àmbit territorial.
- 2— Tanmateix, aquest augment de la superfície forestal no s'ha traduït en un augment de la superfície de bosc, que ha disminuït, amb l'única excepció de la comarca del Barcelonès. Aquesta disminució de la superfície de bosc (fins al 39,51 %) i el corresponent augment de la superfície de matollars ha estat la conseqüència del balanç negatiu entre la destrucció de bosc pels incendis forestals i la regeneració natural del bosc a partir d'altres superfícies forestals i fins i tot d'alguns conreus abandonats.
- 3— La disminució de la superfície de conreus ha estat també general a les set comarques de l'àmbit. Al l'Alt Penedès, precisament la comarca més agrícola de l'àmbit, és on aquesta disminució ha estat menor en termes relatius i a la comarca del Maresme on ha estat més gran.
- 4— A la disminució de la superfície de conreus, han contribuït dos factors: l'abandonament, concentrat sobretot als terrenys més marginals i també a les zones periurbanes que ha contribuït a l'augment de matollars i herbassars; i el creixement urbà, concentrat també a les àrees periurbanes, a la façana costanera i a les nombroses urbanitzacions existents fora dels nuclis urbans.
- 5— Aquesta dinàmica d'abandonament de conreus sembla que persisteix encara avui en dia atès que l'any 2000 hi havia una part significativa (el 6,27 %) de la superfície total de conreus abandonada. Això fa preveure que durant els propers anys seguirà produint-se un augment de superfície forestal i d'improductiu artificial, bàsicament en detriment dels conreus. Segurament, a data d'avui (any 2004), les superfícies urbanitzades dins l'Àmbit Metropolità ja deuen

constituir el segon gran tipus de coberta del sòl, per davant dels conreus i només per darrera de la superfície de bosc.

- 6– Aquests resultats contradiuen en certa manera algunes de les consideracions de l'apartat anterior relatives a l'evolució de la superfície forestal en els darrers anys a la demarcació de Barcelona (i per extensió al conjunt de Catalunya). Algunes de les consideracions que allà s'han fet es basen en una moderada taxa de canvi en les cobertes del sòl durant els darrers 25 anys, agafant com a referència les dades de l'MCA i comparant-les amb les de l'MCSC. Però com es veu, i com també s'ha justificat a la primera part d'aquest mateix capítol, les metodologies d'aquests mapes són massa diferents i de la seva comparació se'n poden despendre conclusions poc ajustades a la realitat.
- 7– Finalment, convé tenir present que la comparació entre les dues versions de l'MCSC no és exempta de problemes. Així per exemple, si s'efectués una anàlisi de totes les superfícies que han canviat s'obtidria com a resultat un percentatge exagerat de canvi atès que la major part dels errors en un mapa o altre s'interpretaria com a canvi i una part de l'efecte degut al canvi d'escala entre les dues versions del mapa també es podria interpretar com a canvi.

Pel que fa a la superfície de boscos convé recordar:

- A Catalunya, els boscos ocupen un 38 % de la superfície total, és a dir, 1,2 milions d'hectàrees. Això equivalia segons el cens de 1996 a una hectàrea de bosc per cada cinc habitants.
- Contràriament al que és habitual sentir a dir, la superfície de bosc a Catalunya només és lleugerament superior, en percentatge, a la mitjana europea o a la dels EUA.
- Aquest percentatge s'ha mantingut globalment estable, almenys durant els darrers 25 anys, en els quals l'expansió del bosc, en detriment de prats i matollars, i la regeneració natural han estat suficients per compensar la pèrdua de més de 200.000 hectàrees de massa forestal arbrada a conseqüència dels incendis forestals.
- Aquest manteniment global de la superfície arbrada no vol dir que en determinats llocs no s'hagi produït un avenç del bosc (boscos nous) i en canvi, en d'altres, s'hagin perdut bona part dels boscos existents (per exemple els boscos cremats a la comarca del Bages).
- I, en definitiva, ni el procés ni el resultat han estat els mateixos a totes les comarques de Catalunya per la qual cosa, mentre unes comarques han guanyat bosc, d'altres n'han perdut.

Quadre 2.8. Superfície total i proporció dels principals tipus de cobertes del sòl segons l'MCSC-2000 per comarques i total de l'Àmbit Metropolità

Àmbit	Superfície (ha)	Bosc (%)	Matollars (%)	Prats (%)	Improductiu natural (%)	Forestal (%)	Aigües (%)	Conreus (%)	Improductiu artificial (%)
Alt Penedès	59.277	23,34	23,52	0,91	0,63	48,66	0,13	6,52	44,69
Baix Llobregat	48.558	27,89	23,07	3,50	1,41	56,83	0,51	25,80	16,86
Barcelonès	14.542	10,64	11,89	1,36	0,11	24,37	0,48	74,23	0,92
Garraf	18.520	23,70	40,86	1,06	0,65	67,14	0,01	17,46	15,38
Maresme	39.833	53,56	8,95	2,29	0,34	65,81	0,00	19,05	15,14
Vallès Occidental	58.316	41,39	16,34	2,77	1,67	62,21	0,12	23,61	14,06
Vallès Oriental	85.100	57,81	9,09	2,12	0,58	69,62	0,04	12,42	17,93
Àmbit Metropolità	324.147	39,49	17,05	2,15	0,86	59,90	0,15	19,23	20,72

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

3. Els inventaris forestals

Introducció

L'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya

Per què un inventari ecològic

Altres fonts d'informació: l'*Inventario Forestal Nacional*

3. Els inventaris forestals

Joan Josep Ibàñez, CREAM

Introducció

De la mateixa manera que els mapes temàtics són l'eina adient per subministrar dades sobre la superfície de bosc (quantitat de bosc) els inventaris forestals són l'eina necessària per informar sobre com és el bosc (qualitat del bosc). Les preguntes a les quals es vol respondre amb els inventaris forestals, i en particular amb l'inventari català, són per tant: com són els boscos de Catalunya? Quines espècies hi dominen? Com han evolucionat en els darrers anys? Com estan respecte als criteris paneuropeus de sostenibilitat?

A Catalunya hi ha a prop de 1.400 milions d'arbres forestals distribuïts per una superfície de més d'1,21 milions d'hectàrees. És obvi que resulta impossible mesurar tots i cadascun d'aquests arbres i per això cal seleccionar-ne una mostra representativa que permeti tenir una bona aproximació de tot el conjunt. Això és el que es fa amb els inventaris forestals.

Un inventari forestal és una aproximació estadística a la realitat forestal d'un país.

Si poca i recent és la cartografia temàtica forestal, encara és menor el nombre d'inventaris forestals que abasten completament el territori català: són quatre. El primer fou el resultat d'una iniciativa de l'*Instituto para la Conservación de la Naturaleza* (ICONA), com a conseqüència d'un curs sobre inventariació forestal que van rebre alguns tècnics d'aquest institut estatal a finals dels anys seixanta, el *Primer Inventario Forestal Nacional* (IFN1). L'IFN1 no va tenir continuïtat fins a finals dels vuitanta i principis dels noranta, època en què el *Segundo Inventario Forestal Nacional* (IFN2) promogut pel mateix ICONA va coincidir en el temps amb l'*Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya* (IEFC), una important eina per al coneixement dels boscos de Catalunya que es va crear per iniciativa del Parlament de Catalunya. El Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (DARP), dipositarí en aquella època de les competències sobre boscos, va encarregar l'IEFC al Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF) l'any 1988.

Més recentment, l'any 2001 es van acabar els treballs de camp a Catalunya del *Tercer Inventario Forestal Nacional* (IFN3), promogut en aquest cas per la *Dirección General de*

Conservación de la Naturaleza (DGCN) del *Ministerio de Medio Ambiente*, la institució hereva de l'antic ICONA.

L'*Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya*

De la mateixa manera que al segon capítol d'aquest llibre s'han donat com a dades de superfícies forestals les corresponents al Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) de l'any 1993, en els capítols 3 i 4 s'utilitzen les dades de l'*Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya* (IEFC) per analitzar l'estructura dels boscos catalans. Hi ha també quatre motius principals per emprar aquestes dades amb preferència a les de l'IFN2 (les de l'IFN3 encara no estan disponibles, tot i que ho estaran properament):

- 1- L'IEFC és totalment compatible amb l'MCSC; de fet, l'MCSC, tingué l'origen en la quantificació de la superfície forestal arbrada objecte de l'IEFC.
- 2- El disseny del mostreig es va fer tenint en compte la divisió territorial de Catalunya en comarques i la publicació dels resultats, tenint en compte les regions forestals establertes al Pla general de política forestal.
- 3- Estructura d'un inventari que va incorporar el mostreig sistemàtic d'un conjunt de noves variables que aporten informació d'aspectes que permeten una aproximació al bosc com un ecosistema forestal, superant la tradicional concepció de bosc estrictament productor. Algunes d'aquestes variables s'han incorporat al mostreig de l'IFN3 a Catalunya.
- 4- Com a conseqüència d'aquesta concepció «ecològica» es pot donar resposta a un conjunt de qüestions, com ara el paper dels boscos en el cicle del carboni, que només amb les dades dels inventaris forestals clàssics no fóra possible.

La síntesi de resultats de l'IEFC ha estat publicada pel CREAM entre els anys 2000 i 2004. Constitueix una sèrie de 10 publicacions (Gracia et al., 2000-2004): una per a cadascuna de les vuit regions forestals més una altra sobre la metodologia (figura 3.1) i una darrera on se sintetitzen els resultats per al conjunt del país. La versió electrònica d'aquestes publicacions és a l'abast de tothom a la web de l'IEFC.

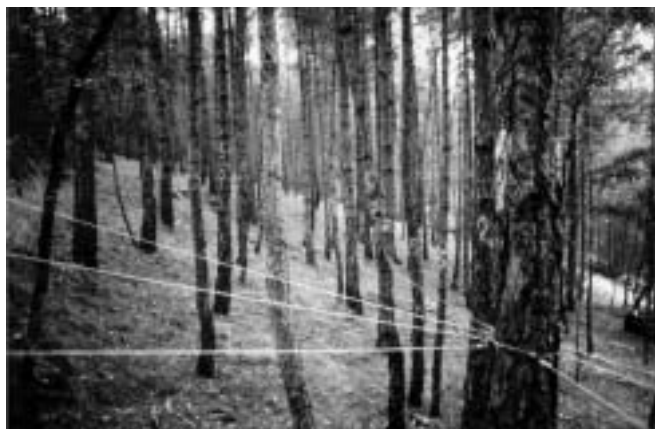
El mostreig de camp de l'IEFC es va dur a terme fonamentalment durant el període 1989-1996. En total es van aixecar 10.644 parcel·les amb un recobriment de l'estrat arbori d'almenys un 5 %, a raó d'una per cada 100 ha arbrades, aproximadament. Hi va haver dos tipus de parcel·les (figura 3.2) a raó de quatre a una. Al primer tipus de parcel·les (8.480) es prenen mesures del diàmetre normal i l'altura dels arbres i diverses variables topogràfiques; s'estimaven els recobriments arbori,

Figura 3.1. Coberta del volum de mètodes de l'IEFC



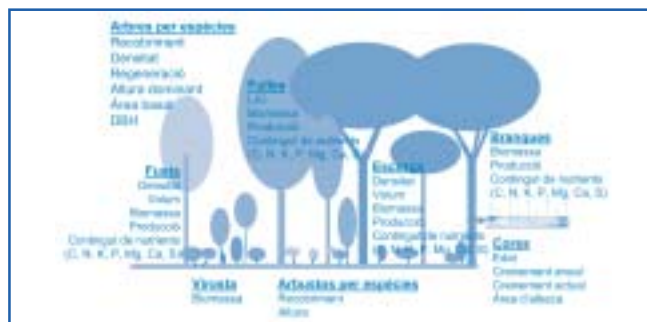
arbutiu i herbaci; es feia una llista de les espècies trobades en cadascun d'aquests estrats i es valorava el seu estat fitosanitari. A les altres (2.164), a més a més, es prenen mesures del diàmetre de capçada (en sentits nord-sud i est-oest) i del gruix d'escorça; s'agafaven mostres de virosta, fusta, escorça, branques i fulles per dur al laboratori i obtenir-ne la concentració de carboni, nitrogen, fòsfor, sofre, potassi, magnesi i calci (C, N, P, S, K, Mg i Ca, respectivament); testimonis de fusta per determinar-ne l'edat, la producció i els patrons de creixement; mostres de branques i fulles per determinar-ne la biomassa. Finalment, se seleccionaven arbres tipus de les diferents classes diamètriques, als quals se'ls mesurava amb el relascopi de

Figura 3.2. Parcel·la de l'IEFC



Bitterlitch el coeficient de forma i se'ls comptava el nombre de branques segons diversos intervals de diàmetre; també es quantificava el recobriment arbustiu per a cada espècie present (transsectes). La figura 3.3 serveix per il·lustrar les principals variables mostrejades a les parcel·les.

Figura 3.3. Variables mostrejades a les parcel·les de l'IEFC



A les 10.644 parcel·les de l'IEFC es va mesurar el diàmetre normal de 312.496 arbres; l'altura, de 95.196; el diàmetre de capçada, de 32.664; el gruix d'escorça, de 33.116 i el coeficient de forma, de 10.221 arbres. També es van tallar, mesurar, pesar i separar les fulles de 12.121 branques (figura 3.4), es va mesurar el pes específic de 880 mostres de fulles, es van recollir, separar i pesar 7.377 mostres de virosta del terra i es van analitzar nutrients a les mostres de fulles (figura 3.5), de branquillons, d'escorça i de fusta d'un conjunt de 2.156 parcel·les i més de 15 espècies diferents.

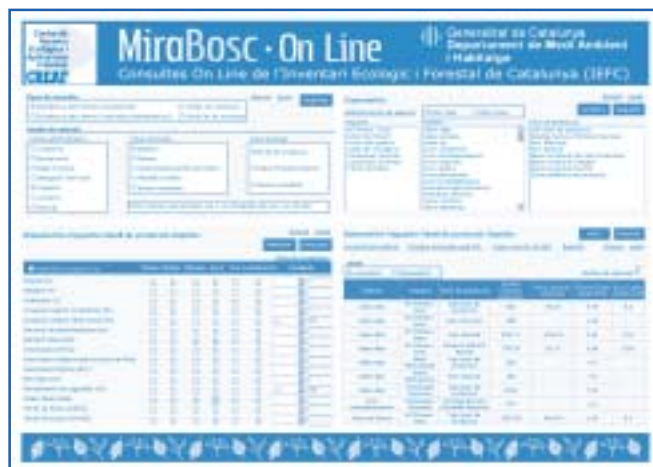
Figura 3.4. Obtenció del pes d'una branca amb un dinamòmetre en una parcel·la de l'IEFC



Figura 3.5. Triturat de fulles d'una parcel·la preparat per a l'anàlisi de nutrients



Figura 3.6. MiraBosc en línia



«MiraBosc On Line» és una aplicació desenvolupada al CREA perquè tothom pugui efectuar consultes per Internet sobre la base de dades de l'IEFC. La figura mostra quatre seqüències del procés de consulta. Per començar, cal escollir el tipus de consulta que és vol fer (dasometria, tarifes de cubicació, etc.), indicar si el resultat es vol per classes diamètriques i si es vol desglossar o agrupar la informació per àmbits territorials (per municipi, per comarca, per tot Catalunya, etc.), tipus funcionals (per espècie, per planifolis i coníferes, etc.) o nivell de protecció (1), els quals s'especifiquen a continuació en escollir una o més opcions (o totes) de cada llista (2). Seguidament, se seleccionen les variables que es volen consultar i, si es considera necessari, s'imposen restriccions (3). Un cop efectuada la consulta, l'aplicació torna com a resultat una taula (4) que es pot ordenar segons diversos criteris i exportar a un full de càlcul.

Font: Extret de la web de MiraBosc.

El sistema de càlcul dissenyat per dur a terme l'IEFC permet estimar per a cadascuna de les parcel·les els valors de totes les variables encara que no s'hagin mesurat. D'aquesta manera s'obté una base de dades susceptible d'ésser reagrupada per a la seva anàlisi sota diferents criteris. També es poden seleccionar les parcel·les incloses en una determinada àrea geogràfica d'interès, que es pot digitalitzar o bé extreure-la d'un fitxer de polígons preexistent. Així, resulta relativament senzill, per exemple, obtenir les dades relatives a la superfície forestal arbrada afectada per un determinat incendi forestal. L'aplicació que permet gestionar la base de dades de l'IEFC es diu MiraBosc (Vayreda, 2000). Els interessats poden trobar una versió en línia d'aquesta aplicació a la web de MiraBosc (figura 3.6) (Vayreda et al., en premsa). Amb MiraBosc en línia tothom pot fer consultes de resposta immediata sobre la base de dades de l'IEFC. Cap altre inventari forestal ofereix, actualment, unes possibilitats de consulta de la informació comparables.

Per què un inventari ecològic

Com ja s'ha avançat, el terme ecològic li ve a aquest primer inventari promogut per la Generalitat de Catalunya pel fet d'incorporar el mostreig sistemàtic d'un conjunt de noves variables que aporten informació d'aspectes que permeten una aproximació al bosc com un ecosistema forestal. Es veu la productivitat forestal afectada per l'extracció de les branques, les fulles i l'escorça quan es tallen els arbres? S'alliberarien molts compostos de sofre i nitrogen (potencials problemes de pluja àcida) si es cremessin les restes vegetals per obtenir energia de la biomassa? Quant carboni atmosfèric hi ha emmagatzemat als arbres de Catalunya? Aquestes i moltes altres qüestions només es poden contestar coneixent les concentracions d'aquests nutrients a les diferents fraccions de l'arbre i coneixent les mineralomasses (quantitats) d'aquestes fraccions, la qual cosa permet conèixer les existències d'aquests nutrients a cada fracció i espècie. On hi ha més biodiversitat, en una pineda de pi blanc o en un alzinar? I quina d'aquestes dues formacions forestals és més inflamable? Per donar resposta a aquest tipus de preguntes també cal un inventari ecològic. Considerar l'estrat arbustiu en aquest inventari ha permès valorar la diversitat d'un dels components de l'ecosistema (Vayreda et al., 2001; Terrades et al., 2004), probablement el més fàcil de mostrejar atès que sempre es pot identificar (cosa que no passa amb les plantes anuals ni amb els fongs, per exemple) i a més no es mou (com passa amb els animals en general); i, alhora, elaborar mapes de models de combustible i de models d'inflamabilitat de les zones arbrades, útils per a la prevenció i l'extinció d'incendis forestals. La inflamabilitat d'una formació vegetal depèn essencialment de la inflamabilitat específica de les espècies vegetals i del seu grau de recobriment, mentre que el model de combustible depèn sobretot de la composició i l'estructura de la vegetació

i de les seves fraccions, com també de la quantitat i tipus de virosta del terra.

Ara bé, el mostreig d'aquestes variables és més complex i laboriós i, per tant, també més costós que el de les variables més clàssiques com ara el volum de fusta.

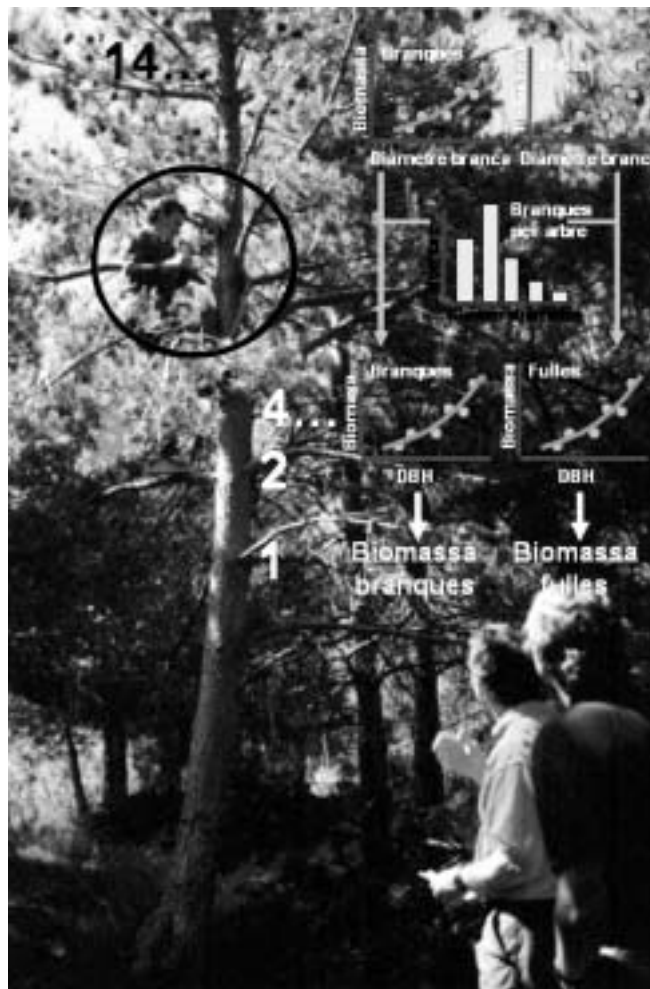
Planificar i avançar-se a les demandes de la societat acostuma a donar bons resultats. Aquesta ha estat la principal virtut de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya, que es va pensar per donar resposta a preguntes, que s'han començat a formular amb insistència gairebé 10 anys després.

La biomassa de fusta, escorça, branques i fulles

Les diferents fraccions de l'arbre tenen funcions molt diferents i per tant cadascuna té la seva pròpia dinàmica. Mentre la fusta del tronc s'acumula any rere any, les fulles tenen un patró de caiguda anual molt marcat que afecta la seva totalitat en el cas dels caducifolis i una bona part en el cas de la resta d'espècies. L'escorça i les branques tenen dinàmiques intermèdies: l'escorça es va desprenent del tronc i les branques, sobretot les més baixes, acaben per perdre la totalitat de les fulles, s'assequen i finalment cauen, en un procés però que dura molts anys. D'altra banda, les funcions d'aquestes fraccions de l'arbre, són també molt diferents entre si. Mentre la fusta i les branques tenen un paper eminentment estructural i de transport, les fulles són la fracció on es produeixen els processos ecofisiològics principals de l'arbre, entre ells la transpiració (que permet la pujada dels nutrients del sòl fins a les fulles, vegeu capítol 9) i la fotosíntesi (que permet la incorporació del carboni provinent del CO_2 atmosfèric a la matèria orgànica de l'arbre, vegeu capítol 10). L'escorça, encara que aïlla i protegeix l'arbre, té un paper més passiu. Per tant, els nutrients incorporats a les diferents fraccions de l'arbre presenten graus de mobilització diferents i d'altra banda, mentre que hi ha fraccions que necessiten molts nutrients (sobretot nitrogen, fòsfor, potassi i magnesi) per a la biosíntesi de matèria orgànica i els capturen selectivament (les fulles); a d'altres fraccions (escorça) l'acumulació de nutrients depèn més que res del que hi ha al substrat mineral del sòl.

Calcular la biomassa de fusta i escorça és relativament senzill. Només cal conèixer el seu volum i la seva densitat. Tanmateix, estimar la biomassa de branques i fulles és més complicat. La figura 3.7 ens il·lustra el procés. Una possibilitat fóra tallar tots els arbres d'una determinada superfície, separar-ne les branques i fulles i pesar-les. Això, però, a més de poc «ecològic» és materialment impossible. Cal, per tant, un mostreig molt més simple i menys agressiu. A la pràctica, aquest mostreig consisteix en tallar un conjunt de branques (unes vuit) de la part

Figura 3.7. Biomassa de branques i fulles, mostres de camp i procés de càlcul



Obtenció d'una mostra de branques (fotografia) i esquema del procés de càlcul per estimar la biomassa de branques i de fulles d'una parcel·la de camp (gràfic). La figura mostra les relacions estructurals establertes entre el gruix de les branques i el pes de la branca i entre el primer i el pes de les fulles (a dalt), la distribució del nombre de branques segons el seu gruix en un arbre típic (centre, els nombres sobre la fotografia indiquen la quantitat de branques mesurades per a cada interval de diàmetre de branca) i les relacions establertes entre el DBH dels arbres i les biomasses de branques i fulles que suporten (a baix).

Font: Fotografia de José Antonio Villanueva.

mitjana de la capçada. D'aquestes branques cal prendre el pes i el diàmetre basal i separar-ne les branques i les fulles (per això el que es fa és transportar les branques a un laboratori adequat).

Això permet establir una relació entre el diàmetre de la branca i la seva biomassa i també entre el diàmetre de la branca i la biomassa de les seves fulles. Aquesta relació sempre és molt bona (un miracle en el camp de l'ecologia) perquè es tracta d'una relació funcional atès que la branca transporta l'aigua que les fulles transpiren i, per tant, la biomassa de fulles de la branca depèn de la secció conductora d'aquesta branca i del seu diàmetre basal. És fàcil de comprendre que un cop establerta aquesta relació és més fàcil mesurar els diàmetres basals de les branques d'un arbre que separar i pesar totes les seves fulles.

La mesura del diàmetre basal de les branques només es fa en una mostra d'arbres (set o vuit) dels quals es compta el nombre de branques que tenen per a cada interval de gruix de branca (a l'IEFC s'establiren intervals de 2 cm). Atès que, com en el cas de les branques, també existeix una relació funcional entre el diàmetre normal dels arbres i la biomassa de branques i de fulles que suporten, un cop establertes aquestes relacions, es pot estimar les biomasses de branques i fulles de cada arbre mesurades en funció del seu diàmetre normal. Malauradament, aquestes relacions depenen no solament de l'espècie sinó també de la qualitat de l'estació i de les condicions de creixement de la massa forestal (indirectament del clima, del sol i de la gestió forestal) i, per tant són específiques i locals. A l'IEFC s'han obtingut aquestes relacions per a un

conjunt de més de 20 espècies i en més de 2.000 parcel·les distribuïdes a l'atzar, a les quals s'ha pogut aplicar la seva pròpia relació. D'altra banda, amb tot el conjunt de mostres s'han pogut establir relacions més generals per comarca i espècie que s'han aplicat a la resta de parcel·les. Aquest treball va comportar tallar, pesar, assecat i separar les branques de les fulles d'un conjunt de més de 12.000 branques de les espècies arbòries forestals més abundants a Catalunya. Aquestes relacions es poden aplicar també a altres inventaris forestals, com ara l'IFN3.

La concentració de nutrients a les fraccions aèries dels arbres

L'estimació de la concentració de nutrients implica l'obtenció al camp d'una mostra composta de la part de l'arbre desitjada. Aquestes mostres, un cop arribades al laboratori segueixen un procés que es pot sintetitzar d'aquesta manera: un cop seques es trituren amb un molí especial fins obtenir una pols adequada per a l'anàlisi. Se separen dues fraccions d'aquestes mostres triturades i es preparen per sotmetre-les a dues anàlisis diferents: combustió, per conèixer la quantitat de carboni i nitrogen i espectrofotometria, per a la resta de nutrients. El que sobra de cada mostra triturada es conserva per si algun dia es desitja efectuar algun altre tipus d'anàlisi. El quadre 3.1 mostra les

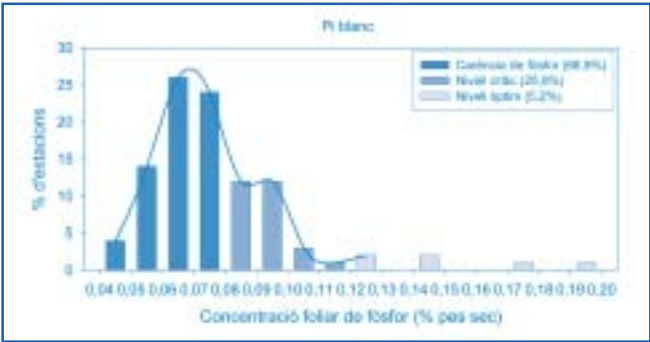
Quadre 3.1. Concentració mitjana de nitrogen per fracció a les principals espècies arbòries

Espècie	Fusta	Escorça	Fulles	Branquillons	n
<i>Pinus uncinata</i>	0,08	0,23	1,07	0,37	23
<i>Pinus sylvestris</i>	0,09	0,29	1,24	0,43	233
<i>Pinus nigra</i>	0,11	0,33	1,01	0,38	139
<i>Pinus pinaster</i>	0,09	0,16	1,02	0,47	18
<i>Pinus pinea</i>	0,09	0,16	1,15	0,42	38
<i>Pinus halepensis</i>	0,12	0,29	1,22	0,44	173
<i>Quercus ilex</i>	0,18	0,61	1,46	0,61	229
<i>Quercus suber</i>	0,28	0,54	1,60	0,72	63
<i>Quercus humilis</i>	0,16	0,53	1,87	0,70	35
<i>Quercus petraea</i>	0,14	0,50	2,00	0,59	6
<i>Fagus sylvatica</i>	0,13	0,53	2,40	0,48	24
<i>Castanea sativa</i>	0,13	0,51	2,19	0,64	19

El quadre mostra les concentracions mitjanes de nitrogen (en g d'N/100 g de mostra, en pes sec) a les diferents fraccions de la biomassa aèria de les espècies més abundants a Catalunya. La n és la corresponent a la fracció amb menys anàlisis efectuades; habitualment, les fulles que en els caducifolis poden no ser-hi en el moment del mostreig.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Figura 3.8. Concentració foliar de fòsfor en pi blanc



Comparació de les concentracions foliars de fòsfor en pi blanc a les parcel·les de l'IEFC respecte als nivells bibliogràfics de referència. El gràfic mostra el percentatge de parcel·les de l'IEFC per a cada interval de concentració foliar de fòsfor (en g de pes sec de fòsfor per cada 100 g de pes sec de mostra). Segons valors bibliogràfics de referència, concentracions per sota de 0,08 % determinen manca d'aquest element (gairebé un 70 % de les parcel·les mostrejades a l'IEFC estan en aquest llindar), valors entre 0,08 % i 0,12 % es consideren nivell crític (poc més d'un 25 % de les parcel·les) i valors per sobre del 0,12 %, nivell òptim (només un 5 % de parcel·les).

Font: Modificat de Serrano et al. 1994.

concentracions mitjanes de nitrogen a les diferents fraccions de la biomassa aèria per a les espècies més abundants a Catalunya. Es posa de manifest que la concentració foliar de nitrogen (i això també passa amb altres nutrients importants des del punt de vista fisiològic) és molt superior que la de la resta de les fraccions. Això té implicacions de cara a la gestió, atès que per exemple, si es treuen les fulles o les branques del bosc es poden treure molts nutrients del sistema o, si es cremen per a l'obtenció d'energia, es poden alliberar quantitats importants de compostos (de nitrogen, de sofre, etc.) contaminants. Si es comparen aquestes concentracions amb determinades referències de la bibliografia es poden detectar mancances (Serrano et al., 1994, figura 3.8).

Com es pot observar al quadre 3.1, les coníferes tenen una concentració foliar de nitrogen molt baixa respecte als caducifolis. Les esclerofil·les tenen una concentració intermèdia. La concentració de nitrogen en els branquillons també és relativament important, però en aquest cas els valors màxims s'assoleixen a les esclerofil·les.

Quantitat de carboni emmagatzemat a la biomassa aèria dels arbres forestals

L'estimació de la quantitat de carboni que hi ha a les diferents fraccions de la biomassa aèria dels boscos de Catalunya

Quadre 3.2. Concentració mitjana de carboni per fracció a les principals espècies arbòries

Espècie	Fusta	Escorça	Fulles	Branquillons	n
<i>Pinus uncinata</i>	50,92	53,60	51,87	52,59	23
<i>Pinus sylvestris</i>	50,87	53,93	51,30	51,22	229
<i>Pinus nigra</i>	50,89	53,58	52,58	51,87	140
<i>Pinus pinaster</i>	51,11	53,41	50,75	51,62	18
<i>Pinus pinea</i>	50,78	53,05	50,40	51,50	38
<i>Pinus halepensis</i>	49,87	52,32	52,96	50,40	172
<i>Quercus ilex</i>	47,53	46,75	50,27	48,16	228
<i>Quercus suber</i>	47,16	60,22	50,23	49,20	62
<i>Quercus humilis</i>	48,51	46,72	48,75	48,25	34
<i>Quercus petraea</i>	48,44	46,50	49,03	48,32	6
<i>Fagus sylvatica</i>	48,58	46,69	48,81	48,84	24
<i>Castanea sativa</i>	48,42	47,62	48,85	48,27	19

El quadre mostra les concentracions mitjanes de carboni (en g de C/100 g de mostra, en pes sec) a les diferents fraccions de la biomassa aèria de les espècies més abundants a Catalunya. La n és la corresponent a la fracció amb menys anàlisis efectuades; habitualment, les fulles que en els caducifolis poden no ser-hi en el moment del mostreig.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

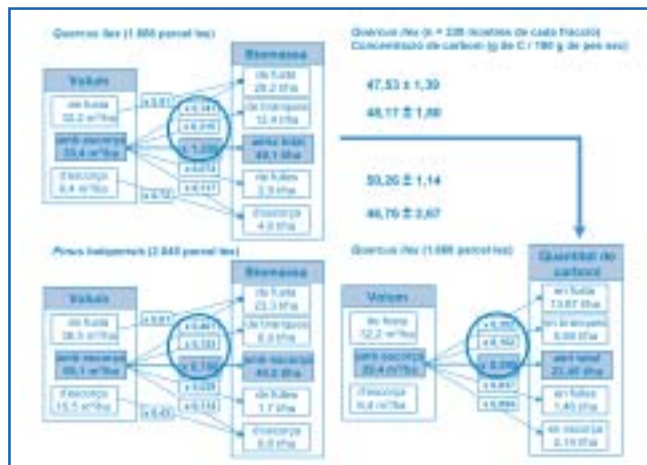
és un cas particular de l'estimació de la quantitat (o mineralomassa) de qualsevol altre nutrient. Aquesta estimació es basa en dues dades: la biomassa de les diferents fraccions aèries de l'arbre i la concentració de nutrients a cadascuna d'aquestes fraccions. Conegudes aquestes dues variables (en els dos subapartats anteriors s'ha explicat com s'estimen), el càlcul és molt senzill: es multiplica la biomassa de la fracció per la concentració del nutrient. El quadre 3.2 mostra les concentracions mitjanes de carboni a les diferents fraccions de la biomassa aèria per a les espècies més abundants a Catalunya.

Com es pot observar al quadre 3.2, tot i que les coníferes tenen una concentració de carboni superior a la dels caducifolis i esclerofil·les en totes les fraccions, aquesta diferència és modesta (entre el 5 i el 7 %). Això fa que, a efectes pràctics, a l'hora de quantificar l'estoc de carboni emmagatzemat a les diferents espècies forestals per a les espècies de les quals no es disposa de dades de la concentració de carboni, es pugui acceptar una concentració de carboni del 50 % per a totes les fraccions aèries de l'arbre. L'única fracció que s'escapa d'aquesta tònica general és l'escorça de l'alzina surera, és a dir, el suro, que de fet és un tipus d'escorça ben particular.

Factors d'expansió per estimar el carboni emmagatzemat a la biomassa aèria a partir del volum amb escorça

Si en una parcel·la d'un inventari forestal es coneix la quantitat de carboni continguda a les diferents fraccions de la biomassa aèria i el volum amb escorça, es poden obtenir els factors que relacionen el volum amb escorça amb la quantitat de carboni present a cadascuna de les fraccions aèries dels arbres de la parcel·la i a la biomassa arbòria aèria total. Naturalment, aquests factors es poden establir a escala de parcel·la, a escala comarcal o a escala regional. Per tant, es poden aprofitar aquests factors d'expansió obtinguts a partir de l'IEFC per calcular la quantitat de carboni emmagatzemat a les diferents fraccions de la biomassa aèria. La figura 3.9 mostra com s'estableixen aquests factors, com varien entre espècies i com arriben a ser de diferents entre les diferents fraccions de la biomassa aèria. Comparant la figura 3.9 amb el quadre 3.2 (concentració) es pot concloure que en la determinació de la quantitat de carboni, hi té un paper important la biomassa de les diferents fraccions aèries i, en canvi, és poc important la concentració de carboni en aquestes, atès que mentre que la primera varia molt d'unes espècies a unes altres, la segona varia poc (tant entre espècies per a una determinada fracció, com entre fraccions per a una determinada espècie).

Figura 3.9. Factors d'expansió per determinar els estocs de carboni coneixent el volum amb escorça



Com es pot observar en aquest esquema, per establir aquests factors cal conèixer la biomassa i la concentració de carboni per a cada fracció aèria i per espècies. Com mostra el quadre 3.2, la concentració de carboni en una determinada espècie varia poc entre fraccions (la part superior dreta de la figura il·lustra el cas de l'alzina), mentre que, com mostren els cercles, hi ha molta variació entre fraccions i espècies, per la qual cosa, per obtenir una bona estimació de l'estoc de carboni a la biomassa aèria total és molt més important conèixer els factors d'expansió de la biomassa que el valor concret de concentració de carboni per a una determinada espècie i fracció.

Font: Modificat d'Ibáñez et al., 2002b.

Els models de combustible i els models d'inflamabilitat

A partir de la informació de camp de l'IEFC es van elaborar els primers mapes de models de combustible i de models d'inflamabilitat dels boscos de Catalunya. L'assignació dels models de combustible es va fer atenent els següents criteris: la continuïtat horitzontal de la vegetació, el seu grau de desenvolupament vertical, la inflamabilitat de les espècies, la quantitat de material acumulat en peu, la quantitat de virosta acumulada al terra i el seu grau de descomposició i compactació. Seguint aquests criteris, es va assignar a cada parcel·la algun dels 13 models de combustible de la classificació de Rothermel (1983, dividits en quatre grups segons l'estrat per on es propagaria un foc: pastures, models 1, 2 i 3; matollars, models 4 a 7; fullaraca, models 8, 9 i 10 i restes silvícoles, models 11, 12 i 13; figura 3.10). Es va evitar l'assignació de models de combustible del grup de restes silvícoles atès que les tales i altres pertorbacions són fenòmens puntuals en el temps i, a Catalunya, les tales que impliquen la presència d'una gran quantitat de restes vegetals al bosc són poc freqüents.

Figura 3.10. Exemples de models de combustible de Rothermel



Aquesta classificació inclou 13 models que habitualment s'identifiquen mitjançant claus fotogràfiques. La figura mostra dos models molt contrastants, el model 4 (esquerra), del grup dels matollars, s'observa en boscos amb un sotabosc molt desenvolupat, compost per espècies arbustives força inflamables mentre que el model 8 (dreta), del grup de la fullaraca, s'observa en boscos amb un sotabosc net i una virosta compacta.

La definició dels models d'inflamabilitat es basa en el grau d'inflamabilitat de les espècies presents (dades bibliogràfiques de Valette et al., 1979 i Hernando i Elvira, 1989) i en el seu percentatge de recobriment. D'acord amb aquests dos conceptes, s'obtingué una classificació de 10 models d'inflamabilitat els quals, en ordre creixent de probabilitat d'ignició, van des de formacions amb escàs recobriment i espècies poc inflamables a formacions on el recobriment és elevat i les espècies molt inflamables. L'assignació de models va permetre l'elaboració de mapes de la distribució d'aquests models sobre el territori. Aquests mapes es van fer mitjançant un algoritme de poligonització, expandint concèntricament la informació de cada punt dins uns estrats de vegetació homogènia prèviament definits a partir del Mapa Forestal de Catalunya elaborat en el seu dia pel DARP.

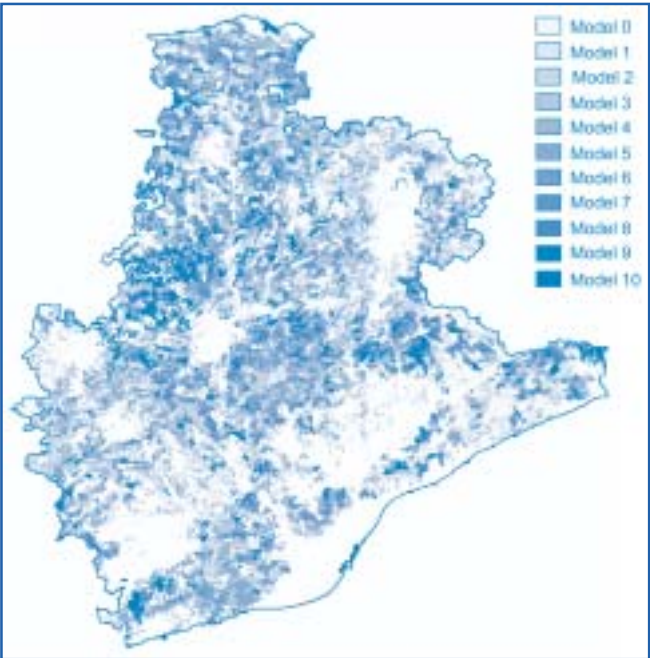
L'elaboració de mapes de models de combustible i de models d'inflamabilitat fou una de les aportacions de l'IEFC a l'IFN3 a Catalunya (en l'apartat següent es donen detalls sobre l'elaboració de l'IFN3 a Catalunya). En aquest cas els models de combustible emprats van ser novament els de Rothermel i es van assignar directament al camp a partir d'una clau fotogràfica seguint els criteris generals comentats més amunt. La figura 3.11 mostra el nou mapa de models d'inflamabilitat corresponent a la demarcació de Barcelona, obtingut a partir de la informació de camp de l'IFN3 (anys 2000-2001). Els models d'inflamabilitat utilitzats van ser els desenvolupats pel CREAM per fer

Quadre 3.3. Models d'inflamabilitat

Model	Descripció
0	FCC del 0 a 9 % d'espècies inflamables
1	FCC del 10 a 19 % d'espècies inflamables
2	FCC del 20 a 29 % d'espècies inflamables
3	FCC del 30 a 39 % d'espècies inflamables
4	FCC del 40 a 49 % d'espècies inflamables
5	FCC del 50 a 59 % d'espècies inflamables
6	FCC del 60 a 69 % d'espècies inflamables
7	FCC del 70 a 79 % d'espècies inflamables
8	FCC del 80 a 89 % d'espècies inflamables
9	FCC del 90 a 99 % d'espècies inflamables
10	FCC superior al 100 % d'espècies inflamables

Definició dels 11 models d'inflamabilitat proposats pel CREAM per a l'obtenció del segon mapa de models d'inflamabilitat de Catalunya a partir de la informació de les parcel·les de l'IFN3. Aquesta fou una informació addicional al mostreig de l'IFN3 que només s'ha dut a terme a Catalunya. Font: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals.

Figura 3.11. Mapa de models d'inflamabilitat



Mapa de models d'inflamabilitat de la demarcació de Barcelona a partir de la informació de camp recollida a l'IFN3 (anys 2000-2001). Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

l'IEFC però aplicant-hi algunes modificacions, tant pel que fa a les descripcions dels models (quadre 3.3), com pel que fa al procés d'assignació dels models, passant dels 10 models de l'IEFC als 11 finalment assignats a l'IFN3.

Per assignar els models d'inflamabilitat en el cas de l'IFN3 es va procedir de la manera següent:

- 1- Pels estrats arbori i arbustiu-herbaci es va determinar la fracció de cabuda coberta (FCC) total de l'estrat i l'FCC de les espècies de l'estrat classificades com a molt inflamables.
- 2- En els casos en què l'FCC de l'estrat arbustiu-herbaci fos com a mínim del 70 %, el model d'inflamabilitat s'assignava a partir del valor de l'FCC de les espècies molt inflamables d'aquest estrat.
- 3- Per a la resta de casos calia fixar-se si la fullaraca de la parcel·la s'havia classificat com a compacta o com a laxa.
- 4- Si la fullaraca s'havia classificat com a compacta es considerava que la fullaraca no aportava res a la inflamabilitat i, per tant, s'assignava la inflamabilitat a partir del valor de l'FCC de les espècies molt inflamables de l'estrat arbustiu-herbaci, encara que en aquest cas l'FCC total de l'estrat seria inferior al 70 %.
- 5- Si, en canvi, la fullaraca s'havia classificat com a laxa, es considerava que sí afectava la inflamabilitat i, llavors, el

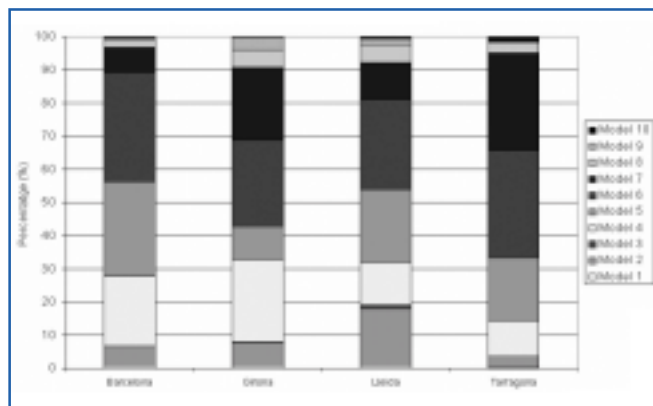
model d'inflamabilitat es determinava a partir de l'FCC de les espècies arbòries classificades com a molt inflamables.

Per a l'obtenció dels corresponents mapes es va utilitzar el mapa d'estrats derivat del *Mapa Forestal de España* (MFE50). Les figures 3.12 i 3.13 mostren els percentatges (en nombre de parcel·les) de cadascun dels models assignats per demarcacions. Com es pot observar, els models majoritaris varien entre demarcacions. El model de combustible més freqüent a Barcelona és el 6; a Girona, el 4 i el 6; a Lleida, també el 6; i a Tarragona, el 7 i el 6. Independentment del model concret està clar (figura 3.12) que la gran majoria dels boscos a Catalunya tenen models de combustible del grup dels matollars (models 4, 5, 6 i 7). Pel que fa als models d'inflamabilitat s'observa una ordenació per demarcacions en funció de la seva situació geogràfica, de caràcter descendent des de Tarragona fins a Girona (figura 3.13). A Tarragona el model majoritari és el 10 (màxima inflamabilitat); a Lleida, el 6; a Barcelona, el 4; i a Girona, el 0 (mínima inflamabilitat).

.....
Altres fonts d'informació:
l'Inventari Forestal Nacional

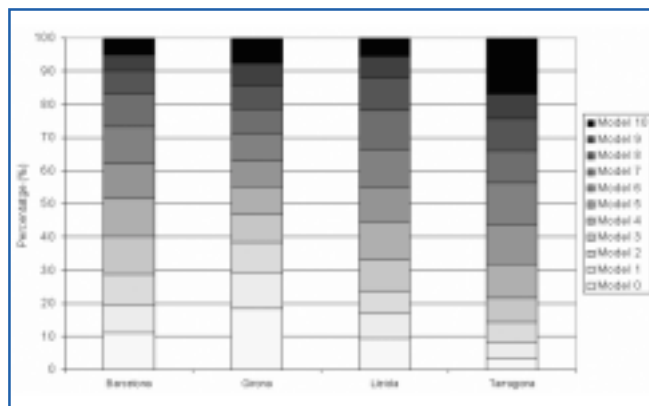
Actualment es disposa, a l'Estat espanyol, d'un projecte consolidat d'inventari forestal continu (l'IFN o *Inventari Forestal Nacional*). Això vol dir que cada 10 anys aproximadament es

Figura 3.12. Proporció, en nombre de parcel·les, dels models de combustible per demarcacions



El gràfic mostra el percentatge de parcel·les on s'ha assignat cada model per demarcacions. Cal destacar l'elevada proporció de model 4 (el més virulent) a Girona i de model 7 (el segon en virulència) a Tarragona.
 Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya

Figura 3.13. Proporció, en nombre de parcel·les, dels models d'inflamabilitat per demarcacions



El gràfic mostra el percentatge de parcel·les on s'ha assignat cada model per demarcacions. Cal destacar l'elevada proporció de models 5 o superior (els més inflamables) a Tarragona, més del 70 % de la superfície arbrada d'aquella demarcació.
 Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

duu a terme un nou cicle d'inventari sobre una xarxa de parcel·les permanent. El treball de camp del primer d'aquests inventaris es dugué a terme durant el període 1965-1970. Malauradament, les publicacions relatives a aquell inventari a casa nostra estan esgotades i no n'existeix informació digital. Indubtablement, eren altres temps. Tot i que l'actual és un projecte d'inventari continu consolidat, hi va haver un gran salt de temps i de metodologia entre l'IFN1 i l'IFN2. En aquell segon inventari (1989-1991, a Catalunya) s'establiren les bases d'aquest projecte d'inventari continu deixant un testimoni metàl·lic en el centre de cadascuna de les parcel·les mostrejades amb l'objectiu de poder-les retrobar en un futur.

Aquesta idea d'inventari continu ha trobat recentment el suport econòmic necessari (del *Ministerio de Medio Ambiente*) i entre el juliol de l'any 2000 i l'agost de l'any 2001 es van fer els treballs de camp de l'IFN3 a Catalunya. Malgrat el que indica el seu nom, hauria de considerar-se en realitat només com el segon cicle d'aquest inventari continu. Això representa un salt qualitatiu important perquè, per primer cop en la història, es disposa de noves mesures de bona part dels mateixos arbres 10 anys després de ser mesurats per primer cop. En els treballs de camp

de l'IFN3 van col·laborar personal de TRAGSATEC i del CREAF, sota la direcció de personal del DGCN i del CREAF, amb el vist i plau del llavors Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya. Com a fruit d'aquesta col·laboració amb el CREAF, l'IFN3 ha incorporat a Catalunya el mostreig d'algunes de les variables que es van mostrejar per primer cop a l'IEFC, com la vida mitjana de les fulles, la biomassa de branques i fulles i el contingut de nutrients a les fulles, les quals es van mesurar per a les 7 espècies més abundants a Catalunya. També s'ha elaborat la segona versió dels mapes de models de combustible i de models d'inflamabilitat de Catalunya (vegeu l'apartat anterior).

Els treballs de camp han resultat molt satisfactoris: s'ha retrobat el 84 % de parcel·les a Tarragona, el 79 %, a Girona; el 87 %, a Barcelona i el 82 %, a Lleida i s'han tornat a mesurar un total de 114.745 arbres. D'aquesta manera, es poden obtenir estimacions directes del creixement d'aquests individus en gruix i alçada, com també de les extraccions d'arbres del bosc (tallades i morts) i de les incorporacions (regeneració). En aquests moments s'estan elaborant les publicacions corresponents a aquest segon cicle d'inventari continu i properament estaran a l'abast de tothom.

4. El bosc: espècies dominants, existències, estructura i altres característiques

El Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC)

Factors que afecten la distribució dels boscos

Boscos monoespecífics i boscos mixtos

Les espècies forestals dominants a Catalunya

Els arbres

4. El bosc: espècies dominants, existències, estructura i altres característiques

Joan Josep Ibàñez, CREAM

El Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC)

Els inventaris forestals aporten una gran quantitat de dades sobre els boscos. Aquesta informació permet conèixer les dades estadístiques bàsiques del bosc: quants arbres hi ha, quant creixen, quines mides tenen, etc. Ja s'ha explicat com l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC) proporciona un plus d'informació sobre els boscos, que va des dels models de combustible fins a la mesura dels estocs de carboni, per recordar només dos exemples exposats al capítol 3. És a partir d'aquesta informació que aporten els inventaris forestals, actualment estructurada en forma de bases de dades que es pot parlar sobre com són i per quines espècies estan constituïts els boscos de Catalunya.

Els inventaris forestals, tradicionalment, acaben amb una publicació més o menys completa dels resultats obtinguts. Tanmateix, és evident que resulta impossible recollir tota la informació sobre el bosc que es deriva d'un inventari forestal en una publicació, per completa que sigui. Per això disposem del Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SIBosC), un projecte desenvolupat al CREAM amb finançament de la Direcció General del Medi Natural del DMAH, que facilita l'obtenció d'informació dels inventaris forestals més enllà del que se n'hagi publicat. Per fer possible tot això, s'han estructurat les dades dels inventaris forestals (en aquest moment, de l'IEFC i de l'IFN2; però, més endavant, també es farà amb les de l'IFN3) en bases de dades i s'han elaborat un seguit d'eines informàtiques per tal de facilitar-ne la consulta, tan als tècnics de l'administració, com per la població en general. En aquest sentit, resulta especialment útil l'aplicació «MiraBosc On Line» (figura 3.6, Vayreda et al., en premsa), que permet obtenir informació d'aquestes bases de dades des de qualsevol ordinador connectat a Internet en només quatre passos i escollint les seleccions mitjançant menús molt senzills. La possibilitat de complicar tan com sigui necessari les consultes sobre la base de dades escrivint-les directament en llenguatge SQL augmenta molt més encara les possibilitats d'obtenir informació. És d'aquesta manera com s'ha obtingut bona part de la informació necessària per elaborar aquest capítol i alguns dels quadres i figures dels dos capítols precedents i dels capítols 5, 9 i 10. Per això podem considerar el SIBosC com la font de tota aquesta nova informació. En canvi, quan en aquest capítol (o en els esmentats anteriorment)

s'indica com a font l'IEFC es fa referència a les dades publicades de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (Gracia et al., 2000-2004).

Des de la web del SIBosC també es pot accedir a les publicacions digitals de l'IEFC, els mapes i les dades relatives a l'MCSC i tota mena d'altres mapes i dades derivades com ara els Mapes de models de combustible i de models d'inflamabilitat.

Factors que afecten la distribució dels boscos

Hi ha una estreta relació entre el relleu del país i la distribució de la superfície forestal i dels boscos (làmines 5 i 6). La topografia del país incideix poderosament sobre el clima i, en particular, sobre la distribució de les precipitacions mitjanes anuals (làmina 7). El clima determina les espècies forestals que poden viure en un determinat indret. Tot plegat pot generar un patró en la distribució de les espècies més abundants, que a Catalunya efectivament s'observa, sobretot pel que fa a les coníferes (làmines 8A i 9A). D'aquesta manera, la distribució espacial d'aquestes espècies (làmina 8A) està fortament condicionada pel gradient altitudinal (làmina 9A). En la distribució dels planifolis sembla més important la precipitació anual que el mateix gradient altitudinal. D'aquesta manera, el faig, el castanyer i el roure de fulla gran es limiten a les zones de major precipitació (làmina 8B). El tipus de sòl és un altre factor que influeix de manera considerable en la distribució d'algunes d'aquestes espècies (aquest és el cas de la pinassa en sòls calcaris i el pinastre, el pi pinyer i l'alzina surera, en sòls silíceus).

Ara bé, del conjunt d'espècies potencials, el que se'n trobin unes i no unes altres, depèn, essencialment, de la història i, sobretot, de la gestió forestal (o potser fóra millor parlar de les pràctiques forestals, atès que el terme gestió porta implícita una planificació i una justificació d'aquesta que, en general, en el passat no sembla que existís). Només d'aquesta manera es pot comprendre l'actual distribució de les coníferes a Catalunya (amb l'excepció del pi negre i l'abet). Tant és així, que mentre que la major part dels planifolis més abundants a Catalunya poden viure des d'arran de mar fins més amunt dels 1.300 m (làmina 9B) i sabent que aquestes espècies són capaces de substituir les coníferes perquè són espècies molt més tolerants a l'ombra, resulta que la major part del paisatge actual és dominat per les coníferes. Finalment, les perturbacions —a Catalunya sobretot els incendis forestals— també incideixen en la distribució d'aquestes espècies.

De qualsevol manera, les potencialitats són moltes, atès que a Catalunya hi ha present un conjunt molt important d'espècies arbòries forestals, la major part de les quals es poden conside-

Quadre 4.1. Espècies forestals amb port arbori trobades en el decurs de l'IEFC

Nom científic	Nom vulgar	% Arbori	% Menors	Nom científic	Nom vulgar	% Arbori	% Menors
<i>Abies alba</i>	Avet	2,16	0,95	<i>Pistacia terebinthus</i>	Noguerola	0,05	1,18
<i>Abies</i> sp.	—	0,01	—	<i>Platanus x hispanica</i>	Plàtan	0,47	—
<i>Acer campestre</i>	Auró blanc	1,90	2,04	<i>Populus alba</i>	Àlber, aube	0,27	—
<i>Acer monspessulanum</i>	Auró negre	1,48	1,18	<i>Populus canescens</i>	Àlber bord	0,02	—
<i>Acer negundo</i>	Negundo	0,02	0,09	<i>Populus deltoides</i>	Carolina	0,02	—
<i>Acer opalus</i>	Blada	2,25	3,62	<i>Populus hybridus</i>	—	0,02	—
<i>Acer platanoides</i>	Erable	0,06	0,14	<i>Populus nigra</i>	Pollancre	0,96	—
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Plàtan fals	0,03	—	<i>Populus tremula</i>	Trèmol	1,42	0,45
<i>Alnus glutinosa</i>	Vern	0,71	0,14	<i>Prunus avium</i>	Cirerer	1,27	0,86
<i>Arbutus unedo</i>	Arboç	5,13	10,46	<i>Prunus dulcis</i>	Ametller	0,06	0,05
<i>Betula pendula</i>	Bedoll	2,85	0,50	<i>Prunus mahaleb</i>	Cirerer de Sta. Llúcia	0,01	0,18
<i>Buxus sempervirens</i>	Boix	0,05	29,89	<i>Prunus padus</i>	Cirerer bord	0,06	0,09
<i>Carpinus betulus</i>	Càrpinus	0,02	—	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Avet de Douglas	0,11	0,05
<i>Castanea sativa</i>	Castanyer	2,31	0,77	<i>Pyrus malus</i>	Pomera	0,10	0,09
<i>Cedrus atlantica</i>	Cedre de l'Atlas, Cedre	0,05	0,09	<i>Quercus canariensis</i>	Roure africà	0,11	0,14
<i>Cedrus deodara</i>	Cedre de l'Himalaia	0,04	—	<i>Quercus canariensis x humilis</i>	Roure	1,93	1,63
<i>Celtis australis</i>	Lledoner	0,11	0,09	<i>Quercus cerrioides</i>	Roure cerrioide	7,52	5,57
<i>Ceratonia siliqua</i>	Garrofer	0,12	0,18	<i>Quercus coccifera</i>	Garric, coscoll	0,04	21,60
<i>Corylus avellana</i>	Avellaner	1,71	5,25	<i>Quercus faginea</i>	Roure de fulla menuda	3,34	2,49
<i>Crataegus monogyna</i>	Arç blanc	0,51	13,68	<i>Quercus humilis</i>	Roure martinenc	17,35	10,10
<i>Cupressus sempervirens</i>	Xiprer	0,03	0,14	<i>Quercus ilex</i>	Alzina	38,25	19,61
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucaliptus	0,20	0,05	<i>Quercus petraea</i>	Roure de fulla gran	2,46	0,91
<i>Fagus sylvatica</i>	Faig	5,33	1,63	<i>Quercus pyrenaica</i>	Roure reboll	0,05	0,14
<i>Ficus carica</i>	Figuera	0,02	0,14	<i>Quercus robur</i>	Roure pènel	0,14	—
<i>Fraxinus angustifolia</i>	Freixe de fulla menuda	0,41	0,54	<i>Quercus rubra</i>	Roure americà	0,02	—
<i>Fraxinus excelsior</i>	Freixe de fulla gran	1,91	2,81	<i>Quercus suber</i>	Alzina surera	9,71	0,23
<i>Ilex aquifolium</i>	Grèvol	0,96	3,53	<i>Rhamnus alaternus</i>	Aladern	0,16	7,97
<i>Juglans regia</i>	Noguera	0,09	0,09	<i>Rhamnus frangula</i>	Fràngula	0,01	—
<i>Juniperus communis</i>	Ginebró	1,99	25,41	<i>Robinia pseudacacia</i>	Falsa acàcia	0,31	0,05
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Càdec	1,37	15,58	<i>Salix alba</i>	Salze	0,08	—
<i>Juniperus phoenicea</i>	Savina	0,52	3,71	<i>Salix atrocinerea</i>	Gatell	0,15	0,05
<i>Juniperus sabina</i>	Savina de muntanya	0,04	0,27	<i>Salix caprea</i>	Gatsaule	0,85	0,27
<i>Larix decidua</i>	Làrix	0,03	—	<i>Salix fragilis</i>	Vimetera	0,02	0,05
<i>Laurus nobilis</i>	Llorer	0,05	0,27	<i>Salix</i> sp.	—	0,06	0,09
<i>Olea europaea</i>	Olivera	0,44	2,08	<i>Sambucus nigra</i>	Saüc	0,04	0,32
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Aladern de fulla estreta	0,01	6,62	<i>Sorbus aria</i>	Moixera mostellar	1,32	2,67
<i>Phillyrea latifolia</i>	Fals aladern	0,53	6,34	<i>Sorbus aucuparia</i>	Moixera de guilla	0,75	1,45
<i>Pinus halepensis</i>	Pi blanc, pi bord	25,49	0,54	<i>Sorbus domestica</i>	Server	0,24	0,59
<i>Pinus nigra</i>	Pinassa	19,54	0,50	<i>Sorbus torminalis</i>	Moixera de pastor	0,28	0,32
<i>Pinus pinaster</i>	Pinastre	2,84	0,23	<i>Taxus baccata</i>	Teix	0,07	0,09
<i>Pinus pinea</i>	Pi pinyer	9,37	0,32	<i>Tilia cordata</i>	Tell de fulla petita, til·ler	0,49	0,14
<i>Pinus radiata</i>	Pi insigne	0,36	0,05	<i>Tilia platyphyllos</i>	Tell de fulla gran	0,08	0,05
<i>Pinus sylvestris</i>	Pi roig, rajolet	30,24	1,13	<i>Ulmus glabra</i>	Oma	0,08	—
<i>Pinus uncinata</i>	Pi negre	7,40	0,09	<i>Ulmus minor</i>	Om	1,08	0,72

El quadre mostra la llista d'espècies trobades en el decurs de l'IEFC, la proporció de parcel·les on s'ha trobat cada espècie amb port arbori (diàmetre normal d'almenys 5 cm, columna Arbori) respecte al total de parcel·les mostrejades (10.644) i la proporció de parcel·les on s'ha trobat cada espècie amb port no arbori (diàmetre normal menor de 5 cm, columna Menors) respecte al nombre total de parcel·les on les espècies trobades només eren presents amb port no arbori, formant part del regenerat, de l'estrat arbustiu o d'ambdós (2.208).

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Quadre 4.2. Existències, percentatges i superfícies de les 17 espècies arbòries més abundants a Catalunya

	Existències			% d'existències			Superfície Regenerat	
	Peus (milions)	VAE (m³)	Carboni (t)	Peus	VAE	Carboni	(ha)	(ha)
<i>Quercus ilex</i>	373,12	9.136.284	5.469.924	26,86	8,79	15,01	449.244	44.905
<i>Pinus sylvestris</i>	223,77	26.262.735	8.100.598	16,11	25,27	22,23	353.777	1.875
<i>Pinus halepensis</i>	181,55	14.477.318	5.116.773	13,07	13,93	14,04	312.407	934
<i>Pinus nigra</i>	160,86	12.206.950	3.944.604	11,58	11,74	10,82	233.081	501
<i>Quercus humilis</i>	72,26	3.913.334	1.646.887	5,20	3,76	4,52	199.505	20.024
<i>Pinus uncinata</i>	61,12	8.426.346	2.569.206	4,40	8,11	7,05	87.696	226
<i>Quercus suber</i>	39,16	3.306.435	1.044.447	2,82	3,18	2,87	116.118	243
<i>Fagus sylvatica</i>	36,14	5.189.403	1.985.949	2,60	4,99	5,45	61.149	2.464
<i>Arbutus unedo</i>	31,44	332.312	233.947	2,26	0,32	0,64	59.503	219
<i>Quercus cerrioides</i>	27,77	1.062.336	491.341	2,00	1,02	1,35	89.259	11.636
<i>Castanea sativa</i>	20,58	1.376.324	482.502	1,48	1,32	1,32	27.858	641
<i>Pinus pinea</i>	19,24	3.511.616	1.299.296	1,38	3,38	3,57	107.927	548
<i>Abies alba</i>	14,71	4.575.302	1.375.882	1,06	4,40	3,78	26.775	2.059
<i>Pinus pinaster</i>	12,61	1.353.794	380.023	0,91	1,30	1,04	34.512	580
<i>Quercus petraea</i>	12,45	1.294.636	518.474	0,90	1,25	1,42	28.451	1.958
<i>Quercus faginea</i>	11,76	330.664	164.356	0,85	0,32	0,45	41.761	5.858
<i>Betula pendula</i>	11,59	534.128	180.603	0,83	0,51	0,50	35.019	785
Resta d'espècies	79,25	5.754.747	1.437.505	5,70	6,41	3,94	—	—
Total bosc	1.389,38	103.044.664	36.442.318	100	100	100	—	—

El quadre mostra les existències en milions de peus de més de 5 cm de diàmetre normal, en m³ de volum amb escorça (VAE) i en tones de carboni acumulat a la biomassa aèria i els percentatges que cadascuna de les existències representen respecte al total de Catalunya per a les principals espècies de Catalunya, per a la resta d'espècies agrupades i per al total de bosc. Les dues darreres columnes corresponen a la superfície en hectàrees ocupada en presència per cada espècie i a la superfície que ocupa el regenerat de cada espècie en boscos d'altres espècies. Aquestes són les 17 espècies amb més de 10 milions de peus l'any 1993. Entre totes sumen el 94,3 % del total d'arbres que hi havia als boscos de Catalunya.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

rar, a més, autòctones. Fins i tot n'hi ha moltes (si es compara amb altres països d'Europa) de relativament abundants.

D'aquesta manera, del conjunt de gairebé 90 espècies forestals amb port arbori que es van trobar a Catalunya en el decurs de l'IEFC (quadre 4.1), n'hi ha 13 que són espècies dominants (entenent com a dominant aquella espècie que ocupa almenys el 50 % de l'àrea basal d'una parcel·la o d'una massa forestal) almenys a l'1 % dels boscos. El quadre 4.2 inclou les 17 espècies amb més de 10 milions de peus i el quadre 4.3, les característiques estructurals dels boscos homogenis (entenent com a bosc homogeni aquell on l'espècie més abundant ocupa almenys el 80 % de l'àrea basal del bosc) d'aquestes espècies a Catalunya.

Quina és l'espècie més abundant a Catalunya?

Paradoxalment, una pregunta tan simple com aquesta té una resposta complexa (d'aquelles que comencen amb un depèn). O potser resulta que aquesta pregunta és simple, però no prou clara. Perquè si el que es vol conèixer és quin tipus de bosc és més freqüent en el paisatge, llavors la resposta és la pineda de pi blanc.

En canvi, si en realitat el que es vol saber és de quina espècie hi ha un major nombre d'arbres, llavors la resposta també és simple però, diferent: l'alzina. Com tam-

Quadre 4.3. Característiques estructurals dels boscos homogenis de les principals espècies de Catalunya

	Superfície	Existències		Densitat	VAE	BAT	BB	DN	Altura	IAF	REC	n
	(ha)	Peus (milions)	%Peus	(peus/ha)	(m³/ha)	(t/ha)	(t/ha)	(cm)	(m)	(m²/m²)	(%)	
<i>Quercus ilex</i>	123.310	213,17	57,13	1.729	41	51	13,2	5,34	10,6	1,97	77	1.110
<i>Pinus sylvestris</i>	170.051	167,21	74,73	983	120	72	13,3	8,86	18,4	1,28	75	1.554
<i>Pinus halepensis</i>	198.495	152,60	84,05	769	56	40	9,1	7,16	15,8	0,75	51	1.680
<i>Pinus nigra</i>	97.110	112,31	69,82	1.157	89	56	9,7	8,32	15,7	1,32	61	872
<i>Quercus humilis</i>	26.186	28,43	39,34	1.086	64	55	8,5	7,04	13,7	1,94	73	225
<i>Pinus uncinata</i>	44.808	47,55	77,79	1.061	155	92	10,9	8,15	20,3	1,60	51	400
<i>Quercus suber</i>	38.484	19,95	50,95	518	46	30	3,7	6,00	20,5	0,53	35	340
<i>Fagus sylvatica</i>	20.868	22,06	61,05	1.057	170	133	17,0	12,02	19,1	3,36	156	195
<i>Arbutus unedo</i> ¹	702	0,89	2,82	1.263	13	20	8,2	4,01	7,8	0,97	36	6
<i>Quercus cerrioides</i>	9.405	8,82	31,75	938	46	43	9,3	14,7	14,7	1,26	63	75
<i>Castanea sativa</i>	9.604	13,82	67,17	1.439	108	78	12,5	8,66	14,5	4,26	109	81
<i>Pinus pinea</i>	16.892	7,76	40,35	460	80	58	16,7	8,39	23,9	1,09	60	156
<i>Abies alba</i>	9.919	8,47	57,58	854	348	206	17,0	11,81	27,6	4,46	71	84
<i>Pinus pinaster</i>	7.115	6,09	48,26	855	93	51	8,8	8,62	17,8	0,99	46	62
<i>Quercus petraea</i>	5.061	5,79	46,51	1.144	117	97	14,1	9,95	16,9	2,54	112	47
<i>Quercus faginea</i>	3.986	3,47	29,49	870	26	27	6,6	5,37	11,5	1,16	43	36
<i>Betula pendula</i>	3.265	3,30	28,45	1.010	41	30	4,4	7,24	12,2	0,77	60	28
Resta d'espècies	18.544	13,44	16,96	725	107	49	6,8	12,52	17,7	1,15	67	164
Bosc homogeni	803.806	835,13	60,11	1.039	86	59	11,0	7,73	16,4	1,39	66	7.115

El quadre mostra, per a cadascuna de les 17 espècies més abundants, per a la resta d'espècies agrupades i per al conjunt d'espècies a Catalunya, el nombre d'hectàrees de boscos homogenis, el nombre de peus (en milions) de cada espècie en aquests boscos i el percentatge que aquests peus representen sobre el total de peus de cada espècie a Catalunya (columna Peus del quadre 4.2). També es donen, per a cada espècie, els valors mitjans del nombre de peus per hectàrea (Densitat), del volum amb escorça (VAE), de la biomassa aèria total (BAT), de la biomassa de branques (BB), del diàmetre normal (DN), de l'altura, de l'índex d'àrea foliar (IAF) i del recobriment arbori (REC). La darrera columna (n) correspon al nombre de parcel·les on cada espècie forma masses homogènies.

¹ L'arboç s'ha inclòs com una d'aquestes 17 espècies ja que en total compta amb més de 10 milions de peus (quadre 4.2), tot i que el nombre de parcel·les on és homogeni és minoritari a causa del seu port majoritàriament arbustiu a Catalunya.

Font: Sistema d'Informació dels boscos de Catalunya.

bé és l'alzina si el que en realitat es vol saber és quina és l'espècie present a un major nombre de comarques o, simplement, quina espècie és més present sobre el conjunt del territori.

I tanmateix, ni de bon tros, l'alzina o el pi blanc, són les espècies amb més volum amb escorça, perquè el pi roig gairebé triplica les existències en volum amb escorça de l'alzina i gairebé duplica les del pi blanc.

La complexitat que reflecteix el requadre anterior és conseqüència d'una gran diferència estructural entre les pinedes de pi blanc, els alzinars i les pinedes de pi roig que actualment hi ha a

Catalunya. D'aquestes tres espècies, el pi blanc és la que concentra més les seves existències en els boscos homogenis (84 % dels peus, quadre 4.3). Per tant, el pi blanc es concentra, sobretot, als boscos de pi blanc. L'alzina és a l'altre extrem: a Catalunya hi ha moltes alzines barrejades en boscos d'altres espècies. I és que pi blanc i alzina són de característiques ben diferents. Mentre que el pi blanc és una espècie que necessita molta llum, que aguanta molt bé la sequera i que té una capacitat de dispersió pel vent important, per tant, pot viure en ambients força secs i, sobretot, els pot colonitzar; l'alzina és una espècie que pot suportar l'ombra de qualsevol altra, però la seva capacitat de dispersió és menor i depèn dels animals. Tanmateix, la seva capacitat de rebrotar fa que sigui difícil d'eliminar, un cop s'ha instal·lat en un indret. L'alzina no aguanta tant com el pi blanc els

episodis de sequera extrema, com es va posar de manifest en la sequera de l'estiu de 1994 (làmina 10). El pi roig suporta una mica millor l'ombra que el pi blanc i també té una bona capacitat de dispersió, però té una limitació encara més gran que l'alzina pel que fa als requeriments d'aigua.

Això fa que tots els territoris que queden lliures (abandonament de conreus i pastures) a les zones més eixutes, habitualment són colonitzats pel pi blanc (per exemple, totes les serralades litorals i prelitorals de les comarques de Tarragona i sud de Barcelona i, actualment, fins i tot algunes planes properes al litoral). A les zones on, per les condicions extremes, no poden instal·lar-se altres espècies, aquestes pinedes són pràcticament monoespecífiques i constitueixen gairebé l'únic tipus de bosc que s'hi fa (sempre hi ha petits fondals amb altres espècies). En canvi, allà on tard o d'hora arriben altres espècies (bàsicament pinassa, alzines i roures), el pi blanc, poc a poc, va essent substituït per alguna d'aquestes.

L'alzina i, sobretot, els roures han patit unes pràctiques silvícoles que han reduït enormement la seva dominància als boscos de Catalunya. Tanmateix, actualment estan recuperant el territori perdut. L'alzina i els roures formen part del vol (i sobretot del subvol) de moltes pinedes de pi blanc, de pinassa, de pi roig, de pi pinyer i de pinastre. Competeixen amb avantatge amb totes aquestes espècies i, per tant, poc a poc les van substituint. Els incendis forestals acceleren aquesta dinàmica, atès que alzines i roures són espècies rebrotadores que es refan ràpidament després d'un foc, que els proporciona terrenys lliures de competència on abans costava de créixer. Això es pot observar des dels nombrosos petits incendis (corresponents a anys diferents) que sovintegen a la serra de Collserola, fins als

Figura 4.1. Regeneració de roure cerrioide després d'un gran incendi



La fotografia mostra una incipient roureda de roure cerrioide al Berguedà un any després del gran incendi forestal de 1994. Aquesta és, però, una zona amb una densitat de roures excepcional i no és el més habitual.

grans incendis forestals (figura 4.1) de les comarques del centre de Catalunya (el Berguedà, el Bages, el Solsonès, etc.).

Catalunya és un país d'alzines i de roures i això, en els propers anys, cada cop es farà més evident en el paisatge.

El pi roig és també una espècie colonitzadora. En aquest cas, la seva expansió es produeix damunt els conreus i sobretot les pastures abandonades a la muntanya mitjana, als Prepirineus i als Pirineus fins a cotes al voltant dels 1.900 m. A més, és una de les espècies arbòries que a Catalunya viu en un rang altitudinal més gran (làmina 9A), des de per sota dels 200 m (al Pla de l'Estany, la Selva i la Garrotxa) fins a més amunt dels 2.000 m (a la Vall d'Aran i l'Alt Urgell). Tanmateix, que sigui una espècie colonitzadora i que es trobi en expansió en determinats indrets no pressuposa una futura major presència en el conjunt del territori, atès que el pi roig rep la competència directa de moltes altres espècies forestals avui en dia també en expansió, i molt sovint precisament en detriment seu. Les espècies que fan ombra i poden acabar eliminant el pi roig en el rang altitudinal on és més abundant són: l'avet, el faig, els roures i, fins i tot, l'alzina. Muntanya avall rep també la competència de la pinassa i muntanya amunt, la del pi negre.

La pinassa és la quarta espècie forestal a Catalunya pel que fa al nombre total de peus, a la superfície ocupada i a la quantitat de carboni acumulada i la tercera pel que fa al volum amb escorça (quadre 4.2).

Aquestes quatre espècies representen més de dues tercers parts del nombre total de peus d'espècies arbòries forestals a Catalunya i a prop del 60 % tant pel que fa a volum amb escorça, com pel que fa a la quantitat de carboni acumulat a la biomassa aèria. Hi ha altres tres espècies que també tenen una presència considerable a Catalunya: el roure martinenc, el pi negre i l'alzina surera (quadres 4.2 i 4.3). Ara bé, mentre que el roure martinenc és una espècie molt present (25 % de les parcel·les) però poc dominant (ja s'ha esmentat més amunt que, juntament amb l'alzina, forma part del vol i subvol d'altres espècies), el pi negre (als Pirineus i Prepirineus, per damunt de la cota 1.800) i l'alzina surera (a les solanes del nord-est, per sota de la cota 600) són espècies amb una distribució molt més localitzada i molt dominants dins la seva àrea de distribució. De la resta de 17 espècies amb més de 10 milions de peus a Catalunya destaquen el faig i l'avet, sobretot pel que fa al percentatge del volum amb escorça que acumulen (quadre 4.2) i perquè són espècies en expansió, sobretot, en detriment del pi roig.

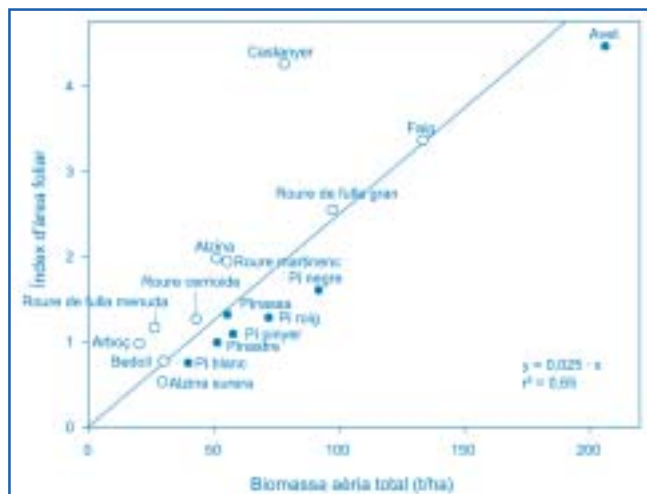
Les espècies amb més fulles per unitat de superfície de sòl (IAF) són per aquest ordre: l'avet, el castanyer (aquesta espècie representa un cas particular en tractar-se de plantacions fustaneres de torn relativament baix) i el faig (quadre 4.3). Es

tracta d'espècies que tenen fulles des de la part superior de la capçada fins força avall, fulles que toleren bé l'ombra i per això aquestes espècies poden créixer a l'ombra de qualsevol altra espècie (i, en créixer, generen, al seu torn, una ombra que elimina l'espècie competidora). Aquesta immensa quantitat de fulles al vol del bosc fa molt difícil la presència d'altres espècies a sota, amb la qual cosa en aquests boscos acostuma a haver-hi pocs arbustos al sotabosc. Segueixen, pel que fa a aquest índex d'àrea foliar, el roure de fulla gran, l'alzina i el roure martinenc. A l'ombra d'aquestes espècies no poden viure-hi altres espècies arbòries forestals, però sí les tres esmentades abans. Tanmateix, molts dels alzinars i les rouredes que trobem actualment estan formats per peus de rebrot de pocs metres d'alçada. En aquests casos, arbustos i lianes poden tenir una presència important, atès que la llum arriba amb facilitat al terra del bosc. Aquestes espècies cobreixen un ampli ventall d'ambients i, si les actuals pràctiques silvícoles no ho eviten, en un futur proper augmentaran la seva presència sobre el territori. Hi ha altres dues espècies que tenen garantida una part del territori, el pi negre, amb el qual cap altre espècie competeix muntanya amunt (làmina 9), i el pi blanc, capaç d'aguantar nivells més grans de sequera que la resta d'espècies arbòries (làmina 8).

Atès que s'observa una relació positiva entre l'índex d'àrea foliar i la biomassa aèria total (figura 4.2) i que els canvis en els boscos de Catalunya semblen anar en el sentit d'un augment de l'abundància d'espècies amb més fulles per unitat de superfície de sòl (avet, faig, roures, alzina, etc.), sembla que, si les pràctiques silvícoles, les perturbacions (incendis forestals) i el canvi climàtic ho permeten, a Catalunya els boscos cada cop tindran capçades més tancades, acumularan una major biomassa aèria total (i, per tant, també un estoc de carboni més gran) i assoliran un port més arbori (arbres més alts). En haver-hi arbres més alts i amb més fulles (i planes), amb un estrat arbustiu menys desenvolupat; en definitiva, boscos menys inflamables, la tendència natural en l'evolució del bosc conduiria cap a una disminució del risc d'incendis forestals.

Com que els recursos per a la gestió forestal són limitats (per no dir escassos), fóra millor esmerçar-los en el sentit que apunta l'evolució natural del bosc, per fer més ràpida aquesta transició cap a boscos menys inflamables i amb més capacitat d'emmagatzemar carboni i no dissipar-los en pràctiques tant cares, de dubtosa utilitat i amb inconvenients per a l'ecosistema com, per exemple, l'eliminació de l'estrat arbustiu del bosc. Aquesta és una pràctica molt més cara que l'actuació sobre el propi estrat arbori (que fins i tot pot arribar a produir beneficis), és de dubtosa utilitat, perquè l'estrat arbustiu es recupera amb rapidesa i no precisament en el sentit en què fóra desitjable i representa, a més, una notable perturbació de l'ecosistema, sobretot per a la fauna, amb la destrucció d'amagatalls i l'eliminació d'espècies productores de menjar (fruits). Finalment, augmenta el risc d'erosió i genera un tipus de residu de dubtosa gestió (es cre-

Figura 4.2. Relació entre la biomassa aèria total i l'índex d'àrea foliar



Els punts corresponen a les mitjanes de biomassa aèria total (t/ha) i índex d'àrea foliar (m² de fulles/m² de terreny) de les principals espècies més abundants a Catalunya quan formen boscos homogenis (és a dir, ocupen almenys el 80 % de l'àrea basal). Observeu la separació entre coníferes (per sota de la recta de regressió) i planifolis (per sobre) i com ambdós grups d'espècies s'ordenen (amb alguna excepció com el bedoll) seguint un gradient climàtic similar al gradient altitudinal observat a la làmina 9.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

ma, alliberant CO₂ a l'atmosfera?). Per tant, les neteges de sotabosc haurien de quedar limitades a zones molt puntuals: vores de carretera, rodalies de les urbanitzacions i a zones on l'obtenció dels recursos forestals ho requereixi (extracció de suro, fusta i altres productes del bosc). Les administracions forestals podrien posar fil a l'agulla i començar per facilitar aquesta evolució natural en els espais protegits de l'àmbit mediterrani i, fins i tot, de la muntanya mitjana, accelerant la substitució dels boscos de pi blanc (sempre en quedarà de tota manera una bona representació al país) i de part dels de pinassa i pi roig pels alzinars i les rouredes mediterrànies i submediterrànies. La natura ja ho va fer, però lentament i sovint el procés es veu alterat per incendis forestals, fins i tot de vegades, grans incendis forestals que comporten un canvi molt dràstic en el paisatge.

..... Boscos monoespecífics i boscos mixtos

Queda clar que Catalunya és un país amb moltes espècies arbòries forestals (quadre 4.1). Ja s'ha dit però, que només unes poques d'aquestes espècies són força abundants (quadre 4.2) i la resta entre poc abundants i rares. I també s'ha indicat que algunes espècies concentren les seves existències en boscos més o menys monoespecífics (sobretot el pi blanc i el pi negre

Quadre 4.4. Nombre d'espècies acompanyants en els boscos dominants de Catalunya

Espècie dominant	Nombre mitjà d'espècies acompanyants	% de parcel·les amb espècies acompanyants				Total
		cap	1 espècie	2 espècies	3 o més	
<i>Quercus ilex</i>	1,75	33,61	36,67	20,05	9,66	43
<i>Pinus sylvestris</i>	1,83	30,56	38,43	20,69	10,32	40
<i>Pinus halepensis</i>	1,27	49,49	30,22	15,40	4,89	24
<i>Pinus nigra</i>	2,12	20,95	40,24	27,30	11,51	24
<i>Quercus humilis</i>	2,21	22,74	30,01	28,12	16,14	29
<i>Pinus uncinata</i>	1,02	57,06	29,86	10,63	2,45	10
<i>Quercus suber</i>	1,79	33,39	33,76	21,78	11,07	16
<i>Fagus sylvatica</i>	2,02	32,96	28,84	16,10	22,10	23
<i>Arbutus unedo</i>	2,64	3,57	42,86	35,71	17,86	6
<i>Quercus cerrioides</i>	1,95	25,19	39,69	26,72	8,40	14
<i>Castanea sativa</i>	1,49	45,63	30,10	13,59	10,68	17
<i>Pinus pinea</i>	2,51	12,61	35,44	31,83	20,12	15
<i>Abies alba</i>	2,24	21,24	35,40	26,55	16,81	12
<i>Pinus pinaster</i>	2,42	14,75	39,34	27,05	18,85	19
<i>Quercus petraea</i>	2,81	14,12	25,88	27,06	32,94	21
<i>Quercus faginea</i>	2,03	25,00	41,18	19,12	14,71	10
<i>Betula pendula</i>	2,35	20,00	30,91	27,27	21,82	12
Resta d'espècies	2,48	25,38	23,87	20,54	30,21	47
Bosc dominant	1,91	33,61	34,76	20,72	10,90	74

El quadre mostra el nombre mitjà d'espècies acompanyants trobades, el percentatge de parcel·les on l'espècie dominant està acompanyada per cap, una, dues o més de dues espècies i el nombre d'espècies diferents trobades als boscos de cada espècie dominant, a la resta d'espècies agrupades i al total de bosc dominant.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

amb més del 75 % dels peus, quadre 4.3) mentre que la major part de les espècies tenen una important proporció de les seves existències barrejades amb altres espècies arbòries. Però, com mostra el quadre 4.4, la gran majoria dels boscos a Catalunya estan constituïts per una espècie dominant (representa almenys la meitat de l'àrea basal del bosc) i diverses espècies acompanyants (fins a més de cinc, però normalment una o dues), que es barregen amb ella amb una proporció clarament inferior. Això fa que generalment puguem parlar de boscos d'una espècie o altra (fent referència a l'espècie dominant), assumint que allà també hi trobarem altres espècies.

El quadre 4.5 ens mostra com són els boscos dominants de les espècies més abundants a Catalunya. És molt evident que les avetoses són el tipus de bosc estructuralment més diferent de la resta, amb una àrea basal mitjana de més de 41 m²/ha i que els boscos d'arboç i els alzinars són els tipus de bosc més

densos, atès que sovint estan constituïts per molts peus que re-broten de les mateixes soques. Entre les coníferes, els boscos més densos són els de pinassa. Finalment, entre el 70 % i el 92 % dels peus d'aquests boscos corresponen a l'espècie dominant en àrea basal, tret de les pinedes de pi pinyer on, malgrat que aquesta és l'espècie dominant en àrea basal, només aplega el 58 % dels peus.

D'aquesta manera, resulta que a la gran majoria de boscos, l'espècie dominant és una de les 17 espècies dels quadres 4.2 a 4.5. A més a més, com mostra el quadre 4.5, només hi ha poc més de 99.000 ha on o bé no hi ha cap espècie que arribi a acumular el 50 % de l'àrea basal total de la parcel·la (62.207 ha de boscos mixtos), o bé l'espècie dominant no és cap de les que es llisten a la taula (37.468 ha).

En definitiva, a la major part dels boscos de Catalunya es pot considerar que hi ha una espècie dominant però, al mateix

Quadre 4.5. Característiques estructurals dels boscos dominants de les principals espècies de Catalunya

	Superfície (ha)	Existències (milions de peus)	Densitat (peus/ha)	Peus (%)	VAE (m³/ha)	BAT (t/ha)	AB (m²/ha)	n
<i>Quercus ilex</i>	184.654	286,41	1.737	88,51	48	56	15,61	1.666
<i>Pinus sylvestris</i>	219.754	198,44	1.115	81,36	118	72	23,85	2.006
<i>Pinus halepensis</i>	239.092	171,37	864	85,76	60	43	14,62	2.045
<i>Pinus nigra</i>	140.627	144,01	1.264	79,37	87	56	19,57	1.261
<i>Quercus humilis</i>	45.814	42,75	1.198	78,09	70	59	15,81	409
<i>Pinus uncinata</i>	54.613	54,83	1.085	92,17	156	93	30,27	489
<i>Quercus suber</i>	62.937	29,75	752	72,07	54	38	16,20	557
<i>Fagus sylvatica</i>	28.726	27,88	1.155	83,02	173	132	26,21	267
<i>Arbutus unedo</i>	3.097	5,09	2.059	81,93	28	36	11,20	28
<i>Quercus cerrioides</i>	15.946	14,00	1.104	79,81	47	44	12,55	131
<i>Castanea sativa</i>	12.237	16,38	1.497	88,48	103	75	19,28	104
<i>Pinus pinea</i>	36.294	13,08	674	58,48	79	59	18,21	336
<i>Abies alba</i>	13.346	11,10	1.030	80,60	340	204	41,48	113
<i>Pinus pinaster</i>	14.040	9,77	980	70,91	89	51	19,40	122
<i>Quercus petraea</i>	9.162	8,76	1.352	70,54	113	92	21,49	85
<i>Quercus faginea</i>	7.807	6,50	1.079	79,89	33	32	10,28	68
<i>Betula pendula</i>	6.323	5,63	1.196	74,36	58	40	13,89	55
Resta d'espècies	37.468	26.795	1.009	74,30	107	56	16,97	333
Bosc dominant	1.131.937	1.072.552	1.153	81,94	87	61	18,98	10.075
Bosc mixt	62.207	316.844	1.329	—	79	60	17,93	582

Per a les parcel·les on cada espècie és dominant (ocupa almenys el 50 % de l'àrea basal) i per al bosc mixt (bosc on cap espècie assoleix el 50 % de l'àrea basal), es mostra la superfície en hectàrees i el nombre total de peus, en milions, de cada espècie o formació. També es mostren les mitjanes del nombre de peus per hectàrea, de la proporció que cada espècie representa respecte a aquest nombre de peus per hectàrea, del volum amb escorça (VAE), de la biomassa aèria total (BAT) i de l'àrea basal (AB) d'aquestes n parcel·les (darrera columna). La mitjana del nombre de peus per hectàrea donada per a les parcel·les dominants en la sinopsi de cada espècie que es fa en el següent apartat és la de l'espècie i correspon aproximadament al percentatge que indica la cinquena columna d'aquest quadre. De la mateixa manera, l'àrea basal mitjana donada en el següent apartat correspon a l'espècie i no a les parcel·les. Hi ha 13 parcel·les on dues espècies tenen exactament el 50 % de l'àrea basal i per tant es consideren ambdues com a dominants. És per això que la suma de les parcel·les de bosc dominant i bosc mixt supera en 13 les 10.644 parcel·les inventariades a l'IEFC.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

temps, a la major part de boscos d'aquestes espècies dominants hi ha tot un seguit d'espècies acompanyants. Dins d'aquest conjunt de boscos dominants, es pot distingir entre els boscos on una sola espècie acumula més del 95 % del nombre total de peus (boscos que podríem considerar monoespecífics ja que, a excepció de l'arboç amb un 89 % a causa de la pròpia estructura de l'espècie, acumulen, de mitjana, entre el 97 % i el 99,7 % de l'àrea basal total, quadre 4.6) i els boscos on l'espècie dominant té entre el 50 % i el 95 % del nombre total de peus (boscos que, novament a excepció de l'arboç amb un 56 %, acumulen entre el 70 % i el 85 % de l'àrea basal total, quadre 4.7) on, per tant, pot haver-hi fins a un 49,9 % de peus d'altres espècies, és

a dir, en aquests boscos l'espècie dominant es barreja en diferents proporcions amb una o més espècies.

Les dues espècies amb què més sovint (i amb una major proporció) es barreja cadascuna de les espècies dominants més abundants a Catalunya es mostren en els quadres 4.8 (la primera) i 4.9 (la segona). La primera d'aquestes espècies acompanyants és aquella que en un percentatge més elevat de casos és o bé la segona, o bé la tercera espècie més abundant, en àrea basal, a les parcel·les on domina cadascuna de les 17 espècies més abundants i representa almenys un 10 % del nombre total de peus. La segona correspon a la següent espècie acompanyant més abundant que compleix els criteris anteriors.

Quadre 4.6. Característiques estructurals dels boscos dominants de les principals espècies quan ocupen més del 95 % dels peus

	Superfície (ha)	Existències (milions de peus)	Densitat (peus/ha)	Peus (%)	AB (%)	VAE (m³/ha)	BAT (t/ha)	AB (m²/ha)	n
<i>Quercus ilex</i>	88.400	161,89	1.847	99,22	97,63	41	52	14,75	796
<i>Pinus sylvestris</i>	84.695	92,95	1.106	99,34	99,39	130	78	26,08	771
<i>Pinus halepensis</i>	135.496	108,82	806	99,70	99,72	51	37	13,16	1.118
<i>Pinus nigra</i>	44.130	60,32	1.382	99,01	98,70	97	61	21,36	397
<i>Quercus humilis</i>	22.322	23,11	1.056	97,27	99,21	62	55	14,43	186
<i>Pinus uncinata</i>	34.952	37,77	1.086	99,66	99,49	158	94	31,22	312
<i>Quercus suber</i>	22.802	9,57	422	99,67	99,29	37	24	11,99	202
<i>Fagus sylvatica</i>	11.960	14,36	1.212	99,35	98,87	187	147	28,08	112
<i>Arbutus unedo</i>	348	0,47	1.384	98,22	89,17	22	34	8,22	3
<i>Castanea sativa</i>	7.143	11,01	1.547	99,51	97,89	81	59	16,91	60
<i>Pinus pinea</i>	5.225	2,58	498	99,54	99,62	74	53	17,32	47
<i>Abies alba</i>	4.045	3,81	956	98,93	98,84	396	233	45,37	34
<i>Pinus pinaster</i>	2.661	2,65	999	99,40	98,04	87	49	19,37	23
<i>Quercus petraea</i>	1.848	2,81	1.530	99,40	99,58	99	85	21,71	17
<i>Quercus faginea</i>	2.693	2,34	882	98,93	96,71	21	23	7,49	24
<i>Betula pendula</i>	1.528	1,57	1.040	99,52	99,21	32	24	9,67	13
Resta d'espècies	11.213	8,62	775	99,51	98,83	110	49	14,79	98
Bosc dominant	478.334	543,41	1.144	99,43	99,00	83	58	18,62	4.187

Per a les parcel·les on una espècie és dominant (ocupa almenys el 50 % de l'àrea basal) i representa més del 95 % dels peus, es mostra la superfície en hectàrees i el nombre total de peus en milions de cada espècie. També es mostren les mitjanes del nombre de peus per hectàrea, de la proporció que cada espècie representa respecte a aquest nombre de peus per ha, de la proporció en àrea basal, del volum amb escorça (VAE), de la biomassa aèria total (BAT) i de l'àrea basal (AB) d'aquestes n parcel·les (darrera columna). Aquests boscos es poden considerar monoespècífics atès que, a excepció de l'arboç, acumulen entre un 97 % i un 99 % de l'àrea basal total.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Com es pot veure en el quadre 4.8, una gran part dels boscos de Catalunya tenen com a principal espècie acompanyant l'alzina. Aquest és el cas de les pinedes de pi blanc i de pi pinyer, de les suredes, de les rouredes de roure martinenc, de roure cerrioides, de roure de fulla menuda i de roure de fulla gran, de les castanyedes i de les masses forestals dominades per l'arboç. A més a més, als boscos de pi roig l'alzina és la segona espècie acompanyant més abundant (quadre 4.9). En aquests boscos, la primera espècie acompanyant és el roure martinenc (quadre 4.8), com també ho és als alzinars i a les fagedes. El roure martinenc és també la segona espècie acompanyant als boscos de pinassa. Aquestes dades, juntament amb les de regeneració d'aquestes espècies, les relatives a l'índex d'àrea foliar i el que es coneix respecte a la seva tolerància a l'ombra i a la dispersió de les seves llavors, són de gran utilitat per in-

terpretar quina pot ser la dinàmica d'aquests boscos (vegeu també els capítols 6 i 7) i, per tant, per intuir quina serà la distribució d'aquestes espècies a desenes d'anys vista. En general, quan dues espècies es barregen, la que té menor proporció en àrea basal, quan actua com a espècie acompanyant, és la que treu profit de la competència interespecífica que s'estableix entre ambdues, car aquesta menor proporció de l'àrea basal indica que els peus d'aquesta espècie són més menuts i, per tant, segurament han arribat més tard.

.....
Les espècies forestals dominants a Catalunya

Tot seguit, es fa una sinopsi sobre com són els boscos on dominen cadascuna d'aquestes 17 espècies forestals més

Quadre 4.7. Característiques estructurals dels boscos dominants de les principals espècies quan ocupen entre el 50 % i el 95 % dels peus

	Superfície (ha)	Existències (milions de peus)	Densitat (peus/ha)	Peus (%)	AB (%)	VAE (m³/ha)	BAT (t/ha)	AB (m²/ha)	n
<i>Quercus ilex</i>	99.585	129,84	1.629	79,74	72,33	57	61	16,62	903
<i>Pinus sylvestris</i>	114.207	97,37	1.108	76,85	85,59	112	69	22,89	1.042
<i>Pinus halepensis</i>	83.539	55,86	870	76,94	84,93	70	49	15,97	748
<i>Pinus nigra</i>	82.949	78,71	1.237	76,16	82,32	84	54	19,21	744
<i>Quercus humilis</i>	39.545	33,73	1.241	67,92	72,70	65	55	15,27	355
<i>Pinus uncinata</i>	19.015	16,98	1.104	80,47	79,58	154	91	28,98	171
<i>Quercus suber</i>	24.281	15,31	871	73,16	79,20	63	43	18,75	213
<i>Fagus sylvatica</i>	14.485	13,02	1.150	78,09	79,81	159	120	26,25	134
<i>Arbutus unedo</i>	4.192	6,42	2.042	74,96	56,37	30	36	11,89	38
<i>Castanea sativa</i>	4.712	5,79	1.554	80,15	70,91	84	62	17,22	41
<i>Pinus pinea</i>	17.938	7,85	635	69,16	80,86	78	56	18,48	165
<i>Abies alba</i>	8.710	7,47	1.112	76,22	82,54	288	190	40,37	74
<i>Pinus pinaster</i>	8.745	6,19	968	73,24	75,44	87	50	19,24	76
<i>Quercus petraea</i>	5.608	5,10	1.229	73,23	79,98	113	92	21,00	52
<i>Quercus faginea</i>	4.602	3,85	1.111	75,00	71,81	38	36	11,47	39
<i>Betula pendula</i>	3.792	3,56	1.257	73,79	76,75	61	43	14,54	33
Resta d'espècies	22.707	18,33	1.095	73,32	68,29	91	52	16,56	202
Bosc dominant	556.562	504,71	1.175	76,63	79,68	87	62	19,25	5.008

Per a les parcel·les on una espècie és dominant (ocupa almenys el 50 % de l'àrea basal) i representa entre el 50 % i el 95 % dels peus, es mostra la superfície en hectàrees i el nombre total de peus, en milions, de cada espècie. També es mostren les mitjanes del nombre de peus per ha, de la proporció que cada espècie representa respecte a aquest nombre de peus per hectàrea, de la proporció en àrea basal, del volum amb escorça (VAE), de la biomassa aèria total (BAT) i de l'àrea basal (AB) d'aquestes n parcel·les (darrera col·lumna). Aquests boscos poden arribar a tenir fins un 49,9 % de peus d'altres espècies.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

abundants a Catalunya, recollides als quadres 4.2 a 4.9. Atès que els boscos completament monoespècífics representen al voltant d'un terç del total de Catalunya (un 32 % de les parcel·les de l'IEFC), acostuma a haver-hi una certa barreja d'espècies. És per això que hem assignat un bosc a una determinada espècie *dominant* sempre que li correspongui almenys la meitat de l'àrea basal total. Tanmateix, sovint es donen dades referides a les masses forestals homogènies (p. e.: quadre 4.3); llavors, el que es considera és el bosc on una espècie determinada acumula almenys el 80 % de l'àrea basal total. A partir d'aquí, les dades emprades per a l'elaboració de la sinopsi de cada espècie que no surten directament dels quadres d'aquest capítol (de les quals es fa referència explícita de la font) s'han extret

majoritàriament de les publicacions de l'IEFC (Gracia et al., 2000-2004) i del SIBosC.

Pinus halepensis

El pi blanc és present a totes les vegueries, tot i que la seva presència a l'Alt Pirineu i Aran és gairebé testimonial i a les Comarques Gironines és poc abundant. És l'espècie més abundant a 18 comarques, on és dominant almenys al 40 % del bosc, i arriba a representar entre el 90 % i quasi el 100 % dels boscos de l'Alt Penedès, el Segrià, la Ribera d'Ebre, les Garrigues, el Baix Penedès, el Tarragonès i el Garraf. Les comarques amb més bosc de pi blanc són, però, el Bages (a

Quadre 4.8. Espècie acompanyant més abundant en els boscos de Catalunya segons l'espècie dominant

Espècie dominant	Espècie acompanyant	n	Superfície (ha)	Existències (milers de peus)	AB Aco. (%)	Densitat (peus/ha)	VAE (m³/ha)	BAT (t/ha)	AB (m²/ha)
<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus humilis</i>	162	17.860	28.925	24,12	1.620	53	57	15,79
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus humilis</i>	316	33.097	37.059	13,77	1.120	89	57	18,63
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Quercus ilex</i>	427	47.530	50.826	15,48	1.069	84	61	18,27
<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	250	28.226	36.305	23,99	1.286	96	61	21,14
<i>Quercus humilis</i>	<i>Quercus ilex</i>	142	15.973	21.154	21,34	1.324	72	66	16,86
<i>Pinus uncinata</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	73	8.035	8.669	28,82	1.079	138	81	27,04
<i>Quercus suber</i>	<i>Quercus ilex</i>	148	16.431	16.992	16,91	1.034	75	57	21,43
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus humilis</i>	20	2.193	2.438	19,42	1.112	119	94	22,09
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Quercus ilex</i>	13	1.378	3.581	25,08	2.598	33	41	13,11
<i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus ilex</i>	11	1.237	1.783	20,20	1.441	138	191	38,52
<i>Pinus pinea</i>	<i>Quercus ilex</i>	128	13.305	10.802	15,18	812	93	74	21,17
<i>Abies alba</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	23	2.794	2.641	17,72	945	349	242	43,49
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Quercus suber</i>	42	4.786	4.549	20,59	950	87	49	19,65
<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus ilex</i>	17	1.795	2.708	17,85	1.509	132	112	25,17
<i>Quercus faginea</i>	<i>Quercus ilex</i>	15	1.803	2.446	28,66	1.357	33	34	11,09
<i>Betula pendula</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	9	1.042	1.271	25,30	1.220	64	44	14,68
Resta d'espècies	<i>Quercus ilex</i>	40	4.536	4.951	16,48	—	—	—	—
Bosc dominant	<i>Quercus ilex</i>	1.294	143.082	161.537	13,33	—	—	—	—

Per a cada espècie dominant, es mostra l'espècie que en un nombre (n) més elevat d'ocasions acompanya l'espècie dominant (com a segona o tercera espècie en proporció d'àrea basal i ocupant almenys un 10 % del nombre total de peus de les parcel·les), la superfície en hectàrees que ocupen aquests boscos, el nombre total de peus en milers i la proporció en àrea basal que aquesta espècie acompanyant representa en aquests boscos. També es mostren les mitjanes del nombre de peus per hectàrea, del volum amb escorça (VAE), de la biomassa aèria total (BAT) i de l'àrea basal (AB) per a aquestes n parcel·les.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

prop de 26.000 ha), la Terra Alta (més de 20.000 ha) i l'Anoia (més de 18.000 ha).

La pineda de pi blanc és el tipus de bosc amb un major nombre d'hectàrees a Catalunya (239.092). Concretament, al 19,21 % dels boscos, almenys la meitat de l'àrea basal total correspon al pi blanc. En les properes dècades podrà aquest domini en favor dels alzinars.

El pi blanc té una producció molt variable en funció de l'àmbit territorial (més que la resta d'espècies abundants, segurament perquè se'l troba en un rang molt gran de condicions ambientals), que va des dels 5,6 m³/ha/any de mitjana en volum de fusta amb escorça a l'Àmbit Metropolità fins els 1,5 m³/ha/any a l'Àmbit

de Ponent. Com que té una fusta poc preuada a Catalunya, ha anat disminuint l'interès per la seva explotació forestal i això es reflecteix en les característiques estructurals de les masses, sovint massa denses, constituïdes de vegades per individus de la mateixa edat que provenen de la regeneració natural després d'un incendi forestal o d'una reforestació promoguda, sobretot, per l'Administració forestal, essencialment per evitar els problemes d'erosió. En qualsevol cas, com a conseqüència de la manca de rendibilitat econòmica d'aquestes masses, no s'han dut a terme altres intervencions amb l'objectiu de disminuir la competència i facilitar el creixement dels arbres, i això es reflecteix en les seves característiques estructurals.

Tot i que pot arribar a formar boscos molt denses (s'han arribat a mesurar més de 4.000 peus/ha) i tancats, només hi

Quadre 4.9. Segona espècie acompanyant en els boscos de Catalunya segons l'espècie dominant

Espècie dominant	Espècie acompanyant	n	Superfície (ha)	Existències (milers de peus)	AB Aco. (%)	Densitat (peus/ha)	VAE (m³/ha)	BAT (t/ha)	AB (m²/ha)
<i>Quercus ilex</i>	<i>Arbutus unedo</i>	115	12.508	28.452	17,82	2.275	61	74	19,93
<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Quercus ilex</i>	201	21.830	25.533	14,43	1.170	86	59	19,12
<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	113	12.413	10.845	20,31	874	57	41	14,18
<i>Pinus nigra</i>	<i>Quercus humilis</i>	208	22.923	27.040	14,78	1.180	73	49	17,08
<i>Quercus humilis</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	67	7.040	7.714	29,58	1.096	61	48	14,55
<i>Pinus uncinata</i>	<i>Abies alba</i>	29	3.289	2.677	19,42	814	173	103	28,89
<i>Quercus suber</i>	<i>Arbutus unedo</i>	91	10.234	13.867	16,46	1.355	60	47	19,44
<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	15	1.626	1.865	21,60	1.147	139	106	24,64
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Quercus suber</i>	5	549	910	35,93	1.658	33	41	12,80
<i>Castanea sativa</i> ³	<i>Fagus sylvatica</i>	3	310	289	12,50	930	88	388	52,88
<i>Pinus pinea</i>	<i>Quercus suber</i>	90	10.144	6.682	22,12	659	74	54	18,06
<i>Abies alba</i>	<i>Betula pendula</i>	16	1.881	1.597	12,06	849	245	148	35,15
<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	17	1.911	1.345	24,16	704	89	52	18,31
<i>Quercus petraea</i>	<i>Corylus avellana</i>	9	956	1.343	10,69	1.405	107	76	19,28
<i>Quercus faginea</i>	<i>Pinus nigra</i>	10	1.078	1.232	24,41	1.143	50	45	12,80
<i>Betula pendula</i>	<i>Quercus petraea</i>	6	678	558	23,14	824	39	28	9,33
Resta d'espècies	<i>Corylus avellana</i>	22	2.393	3.874	13,09	—	—	—	—
Bosc dominant	<i>Quercus humilis</i>	857	92.894	111.048	13,28	—	—	—	—

Per a cada espècie dominant, es mostra l'espècie que en segon lloc acompanya més sovint l'espècie dominant (com a segona o tercera espècie en proporció d'àrea basal i ocupant almenys un 10 % del nombre total de peus de les parcel·les), la superfície en hectàrees que ocupen aquests boscos, el nombre total de peus en milers i la proporció en àrea basal que aquesta espècie acompanyant representa en aquests boscos. També es mostren les mitjanes del nombre de peus per hectàrea, del volum amb escorça (VAE), de la biomassa aèria total (BAT) i de l'àrea basal (AB) per a aquestes n parcel·les.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

ha dues altres espècies (entre les més abundants a Catalunya) amb una mitjana menor d'arbres per hectàrea quan es tracta de masses homogènies. Aquestes dues espècies són el pi pinyer i l'alzina surera i només aquesta darrera té una capçada més esclarissada que la del pi blanc, amb una menor superfície de fulles per metre quadrat de sòl (quadre 4.3). Això fa que les suredes i les pinedes de pi blanc siguin els tipus de bosc més permeables al pas de la llum cap al terra, la qual cosa permet el desenvolupament d'un estrat arbustiu compost, almenys en part, per espècies heliòfiles. En el cas del pi blanc, això és, en bona part, la conseqüència del tipus d'hàbitat on es troba, tan sec que condiciona l'estructura del bosc. Si no hi ha prou aigua al terra no hi caben més arbres i, sobretot, no pot haver-hi més fulles transpirant. Això es reflecteix també en el tipus de sotabosc que s'hi fa, generalment no gaire ufanós

(figura 4.3) i, sovint, amb força proporció de combustible fi mort a la part aèria. Ara bé, en realitat aquests valors mitjans que tenen a veure amb el recobriment del sòl es poden considerar una mica subestimats, atès que hi ha molts llocs on el pi blanc està fent un procés de colonització (sobretot en boscos cremats recentment, conreus abandonats des de fa poc i matollars que no s'han cremat des de fa temps) i on encara no s'ha assolit el nivell de recobriment del vol possible en aquests indrets (làmina 11).

Entre les coníferes que hi ha a Catalunya, el pi blanc és la que forma els boscos més oberts, tot i que els boscos de pi negre són, de mitjana, gairebé tant oberts com els de pi blanc. Totes dues espècies viuen en ambients límit però per motius diferents. Mentre que trobem el pi blanc en condicions força extremes

Figura 4.3. Pineda de pi blanc amb un sotabosc de carritx



Com es pot observar l'estrat arbori (ni molt alt ni molt dens) deixa passar una considerable quantitat de llum al terra, on es desenvolupa un estrat arbustiu semblant al que viuria a fora del bosc. El bosc de pi blanc (juntament amb les suredes) és el tipus de bosc que menys modifica les condicions ambientals de l'entorn.

Figura 4.4. Anys de permanència de les fulles a les branques



La fotografia mostra un branquilló de pinassa on s'observen perfectament les fulles dels diferents anys (verticils), en aquest cas fins a vuit, des del més recent a l'àpex, fins el més antic (dreta de la imatge).

d'aridesa per a un arbre, el pi negre el trobem en condicions extremes de fred, en tots dos casos sobre sòls sovint molt pobres, i en aquestes condicions els boscos són especialment oberts. La diferència notable és la quantitat d'aigua disponible i això es reflecteix en la superfície de fulles que una espècie i altra suporten per unitat de superfície de sòl (IAF, quadre 4.3), que és més del doble en el cas del pi negre, i en la quantitat d'anys que l'arbre manté les fulles (figura 4.4 i quadre 4.10). En

els boscos de coníferes, cada final de primavera es produeix la brotada de les fulles, més o menys generosa en funció de les condicions climàtiques dels darrers mesos. Tot seguit, s'arriba a l'eixut estival a les terres mediterrànies, però no així a l'alta muntanya catalana. D'aquesta manera, el pi blanc no té més remei que desprendre's de bona part de les seves fulles més velles. Com a resultat, no s'acostumen a trobar fulles de més de quatre anys en el pi blanc (quadre 4.10) i a més, aquestes acostumen a ser molt minoritàries. En canvi, al bosc de pi negre a l'estiu continua plovent i les fulles velles són un bon magatzem de nutrients, escassos en aquest ambient, així que la durada de la vida de les fulles és major: fins a 13 anys (quadre 4.10).

Al IEFC, es va trobar pi blanc a un total de 2.713 parcel·les, on el 39,6 % n'era l'única espècie arbòria present i gairebé el 62 % eren homogènies (és a dir, almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia al pi blanc). A tres de cada quatre parcel·les on era present, el pi blanc era l'espècie dominant pel que fa a l'àrea basal. En aquestes parcel·les, la densitat mitjana de pi blanc era de 717 peus/ha, l'àrea basal mitjana era de 13,3 m²/ha i l'altura dominant d'11,2 m. El quadre 4.5 mostra les característiques estructurals mitjanes de les 239.092 ha de pinedes de pi blanc. Comparant els quadres 4.6 i 4.7, s'observa que a les pinedes de pi blanc hi ha un nombre de peus per hectàrea molt semblant tant si són masses monoespecífiques com si no ho són. I, en canvi, les masses monoespecífiques tenen una àrea basal i un volum amb escorça menors.

L'any 1993, a Catalunya hi havia més de 181 milions de pins blancs amb un diàmetre normal d'almenys 5 cm, quasi dues tercers parts dels quals eren a l'Àmbit Metropolità, les Terres de l'Ebre i Comarques Centrals, i l'altra tercera part es repartia entre el Camp de Tarragona, les Comarques Gironines i l'Àmbit de Ponent.

L'edat mitjana dels 1.939 arbres mostrejats era de 42 anys. Tanmateix, el càlcul de l'edat mitjana de les diferents espècies a partir dels arbres mostrejats a l'IEFC té dues fonts d'error. En primer lloc, es tracta d'un mostreig esbiaixat, atès que en general s'extreia un testimoni de fusta (o *core*) per a cadascuna de les classes diamètriques presents a cada parcel·la on l'espècie era abundant, sense tenir en compte la diferent abundància relativa de cadascuna de les classes diamètriques. En segon lloc, els *cores* no sempre passen pel centre de l'arbre i a més s'agafaven a una certa altura (uns 60 cm) del terra. El cas és que mentre que el primer factor indicaria que l'edat mitjana real dels arbres és lleugerament inferior a l'obtinguda a l'IEFC, el segon factor actuaria en sentit contrari, per la qual cosa, es pot produir una certa compensació en aquests factors que faria que aquesta edat mitjana pogués considerar-se com una aproximació raonable.

A Catalunya es pot trobar pi blanc des d'arran de mar, n'hi ha fins i tot a la Punta de la Banya al Delta de l'Ebre (figura 4.5),

Quadre 4.10. Proporcions mitjanes, en pes sec, de les fulles de cada any a les branques mostrejades

	% en pes sec de fulles per any de permanència a la branca														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Abies alba</i>	11,8	15,3	14,0	10,9	9,4	6,5	6,3	4,5	2,8	2,8	3,2	3,6	3,1	3,5	2,3
n	13	13	13	13	13	13	12	12	11	11	9	6	6	3	3
<i>Pinus uncinata</i>	10,0	14,4	14,8	13,5	9,5	7,2	4,4	3,0	2,8	3,8	5,8	4,5	3,8	2,6	—
n	58	58	57	50	48	36	29	17	7	3	1	1	1	1	—
<i>Pinus sylvestris</i>	28,7	27,2	16,0	8,9	5,8	4,8	4,8	3,7	—	—	—	—	—	—	—
n	277	276	257	151	55	22	6	3	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pinus nigra</i>	27,4	32,2	20,4	10,1	6,0	3,8	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
n	133	133	123	66	15	6	1	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pinus halepensis</i>	40,2	35,0	16,7	3,6	4,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	295	295	218	57	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Quercus ilex</i>	50,1	30,5	6,6	2,0	4,8	5,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	290	284	143	36	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Quercus suber</i>	61,9	19,7	5,7	11,6	1,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	30	29	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pinus pinea</i>	50,9	37,4	9,0	2,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	22	22	12	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Arbutus unedo</i>	47,3	50,4	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
n	7	7	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

El quadre mostra la proporció mitjana en pes sec, de les fulles per a cada any de permanència i el nombre de mostres (n) on s’han trobat fulles de cada any per a les espècies perennifòlies més abundants a Catalunya. Els caducifolis no s’han contemplat perquè totes les fulles corresponen al mateix any (any 0, corresponent al més recent).

Font: Sistema d’Informació dels Boscos de Catalunya.

fins a prop dels 1.000 m. Si bé és molt més abundant entre els 200 i els 800 m, atès que per sota dels 200 m gairebé tot el terreny està ocupat pels conreus i els sòls urbans, entre els 400 m i els 800 m, segons les zones, comença a cedir protagonisme en el paisatge a altres espècies. Entre els 200 m i els 600 m representa més del 35 % del total de bosc. De totes les espècies arbòries que hi ha a Catalunya, el pi blanc és la que pot aguantar millor la sequera, la qual cosa fa que, en alguns indrets, la pineda de pi blanc sigui l’únic tipus de bosc possible. A les zones més seques (Àmbit de Ponent, Terres de l’Ebre i Camp de Tarragona) és més abundant en orientacions entre nord i oest; en canvi, a les Comarques Centrals i a l’Àmbit Metropolità és més abundant en vessants orientats entre el sud i l’oest.

El pi blanc tendeix a formar masses monoespecífiques, quasi 135.500 ha (quadre 4.6). De fet, és l’espècie amb una

Figura 4.5. Pineda de pi blanc a la Punta de la Banya (Parc Natural del Delta de l'Ebre), l'any 1984



major proporció de peus inclosos dins les masses homogènies de la pròpia espècie (un 84,1 % del total de peus, quadre 4.3). Això és degut al fet que la seva capacitat colonitzadora es limita als terrenys nus, on no hi ha competència de cap altra espècie arbòria forestal. D'aquesta manera, el pi blanc ha estat un bon colonitzador dels terrenys agrícoles (encara és freqüent observar oliveres i marges de pedra seca en alguns boscos joves de pi blanc, figura 4.6) i de pastures que s'han anat abandonant en el darrer segle per sota de la cota 800. Ara bé, mentre que a la part més seca d'aquests territoris no s'ha implantat gairebé cap altra espècie arbòria i encara senyoreja el pi blanc, a les zones més humides, per exemple a Collserola, sota el vol inicial de pi blanc s'ha anat desenvolupant un subvol d'altres espècies forestals, generalment alzines (47.530 ha, quadre 4.8) i roures (11.108 ha de roure martinenc i cerrioides, i 6.136 més de roure de fulla menuda), però en determinats indrets també altres coníferes, sobretot pinassa (12.413 ha, quadre 4.9). En aquests indrets més humids, la presència de pi blanc és qüestió de poques generacions (humanes). En definitiva, el pi blanc actualment presenta una doble dinàmica: expansiva en els ambients més secs del país, sobre conreus recentment abandonats (sobretot els més allunyats dels nuclis urbans o els més propers a la costa) i regressiva en els llocs de contacte amb altres espècies forestals.

Com ja s'ha comentat abans, el pi blanc és una espècie que s'expandeix amb facilitat per les superfícies desabrades, tant se val si ho són per un canvi en l'ús del sòl degut, per exemple, a l'abandonament de conreus (figura 4.6) o com a conseqüència d'una perturbació (incendis forestals, etc.). Regenera bé sota la seva pròpia ombra però és incapaç de créixer sota l'ombra de la majoria d'espècies arbòries que poden entrar en competència amb ell i que, en canvi, es desenvolupen perfectament sota la seva. Tot i que en el cas de la pinassa i, sobretot, del pi pinyer, el pi blanc es troba en una situació de relativa igualtat.

Es tracta doncs, d'una espècie pionera, que a Catalunya només pot considerar-se permanent en els indrets més secs.

Atès que hi ha una part important de les pinedes de pi blanc amb una presència notable d'alzines, roures i pinasses i que aquestes espècies regeneren bé sota l'ombra d'aquest pi però no al revés, és de preveure que l'àrea de distribució del pi blanc es vagi reduint a Catalunya, la qual cosa, d'altra banda, seria un indicador de la bona evolució dels boscos. Aquesta reducció, en una primera fase, podria arribar a les 75.000 ha i es produiria en favor dels alzinars, rouredes i pinedes de pinassa. De tota manera, la pineda de pi blanc continuarà essent l'únic bosc capaç de desenvolupar-se en extenses àrees del sector més eixut de Catalunya (làmina 8A) i en l'actualitat encara està conquerint nous territoris recentment abandonats per l'agricultura (figura 4.6), com ja s'ha comentat més amunt. Tot plegat fa pensar que a Catalunya les pinedes de pi blanc durant molts anys ocuparan una superfície com a mínim d'unes 150.000 ha. El lloc privilegiat que encara ocupa avui en dia està relacionat sobretot amb els canvis d'usos del sòl dels darrers cent anys i amb la política de reforestacions del segle passat. Si el canvi climàtic, els incendis i la gestió no manen altra cosa, aquest paper hauria de minvar.

En cas d'incendi forestal, el pi blanc acostuma a regenerar amb facilitat, i en pocs anys (uns 20 o 25) pot haver-hi un nou bosc de pi blanc, fins i tot molt més dens que l'originari. En cas d'un gran incendi forestal que afecti altres espècies amb problemes de regeneració després del foc (com ara la pinassa o el pi roig), el pi blanc pot experimentar una lleugera expansió. Ara bé, en els llocs on conviu amb espècies rebrotadores com l'alzina i els roures, aquestes sovint tenen avantatge competiu després del foc i el pi blanc redueix la seva dominància respecte a la situació inicial. Això es pot observar, per exemple, en els nombrosos incendis forestals, de poques hectàrees, que hi ha

Figura 4.6. Exemples de colonització de conreus abandonats per pi blanc



Colonització de conreus abandonats de garrofers i oliveres pel pi blanc (esquerra, l'Hospitalet de l'Infant) i d'oliveres per pi blanc i pinassa (centre i dreta, muntanyes de Prades). En tots els casos encara es poden observar les parets de pedra seca.

a Collserola i que acaben propiciant, sobretot, l'expansió del roure martinenc. Hi ha, però, alguns casos en què la recuperació de la pineda de pi blanc es veu dificultada després del foc. Es tracta d'aquells indrets on el període entre incendis és tant curt que no permet la recuperació del bosc i, per tant, la presència de llavors. Algunes zones del Perelló, Vandellòs o el Cap de Creus, amb fins més de cinc incendis forestals en els darrers 30 anys, es troben en aquest cas (làmina 12).

Pinus sylvestris

El pi roig és present a totes les vegueries. Tanmateix, a l'Àmbit de Ponent és molt poc abundant i quasi tot es troba a la Noguera. El pi roig és l'espècie més abundant a sis comarques: el Berguedà, l'Alt Urgell, el Ripollès, l'Alta Ribagorça, el Montsià i el Pallars Sobirà. A les cinc primeres, acumula fins al voltant del 40 % del total de peus de cada comarca, mentre que al Pallars Sobirà es queda amb el 31,4 % dels peus. Les comarques amb més bosc de pi roig són, però, l'Alt Urgell (més de 39.000 ha) i el Berguedà (quasi 42.000 ha l'any 1993, menys però des de l'incendi de 1994).

La pineda de pi roig és el segon tipus de bosc amb un major nombre d'hectàrees a Catalunya (219.754). Això fa que al voltant del 19 % dels boscos, almenys la meitat de l'àrea basal total correspon al pi roig. A més, és l'espècie amb una major biomassa aèria total i amb majors existències en volum de fusta amb escorça i en carboni acumulat. Tanmateix, es de preveure que la seva àrea de distribució anirà disminuint durant les properes dècades com a conseqüència de la competència interespecífica.

Tot i que ocasionalment podem trobar pi roig i pi blanc a tocar, per exemple en els vessants oposats d'un turó en algunes zones no massa altes i de substrat silícic, el cas és que a Catalunya aquestes dues espècies solen estar força segregades espacialment i, per tant, poques vegades entren en competència. Només

hi ha unes 1.700 ha de pi blanc amb una certa abundància de pi roig (prop d'un 17 % de l'àrea basal total) i unes 1.000 ha de pi roig amb una certa abundància de pi blanc (vora un 26 % de l'àrea basal total). El pi roig domina essencialment als boscos prepirinencs, tret dels corresponents al terç més oriental de Catalunya, on dominen els planifolis. El cas és que les comarques prepirinenques són les més boscoses de Catalunya i, a més, en general, són comarques d'una gran extensió territorial. Per tant, encara que el pi roig domina a un nombre relativament limitat de comarques, i fins i tot en una franja relativament limitada del territori català, com que aquesta és la franja més boscosa de Catalunya, el pi roig està entre les tres espècies més abundants, independentment del criteri escollit per determinar-ne l'abundància.

El pi roig té una fusta (figura 4.7) relativament preuada entre les coníferes i una producció mitjana de fusta en volum amb escorça entre 4,8 m³/ha/any (a les Comarques Gironines) i 2,5 m³/ha/any (al Camp de Tarragona). A Catalunya és l'espècie forestal que més fusta aporta, en termes absoluts. Tot i així, s'ha produït una disminució de la seva explotació forestal, almenys pel que fa als boscos públics (majoritàriament situats a les comarques dels Pirineus), potser com a conseqüència de la pèrdua de rendibilitat derivada dels costos afegits que representa el transport des del bosc fins a la indústria.

Tot i que pot arribar a formar boscos molt densos (s'han arribat a mesurar quasi 5.000 peus/ha), a la mitjana de les masses homogènies d'aquesta espècie hi ha uns 983 peus/ha. De les coníferes que hi ha a Catalunya, n'és la que forma els boscos més tancats (figura 4.8). Viu en una franja on el clima és favorable per al desenvolupament de les masses forestals, hi plou prou i l'estació de creixement és llarga, atès que les temperatures són encara relativament suaus (almenys comparades amb les de l'alta muntanya o amb les dels països del nord d'Europa). D'altra banda, aquestes condicions favorables de clima fan que en bona part d'aquesta franja, on ara és tant dominant el pi roig, hi puguin viure moltes altres espècies forestals, com ara el faig, l'avet, el roure de fulla gran, el roure martinenc, l'alzina, etc. De

Figura 4.7. Imatge escanejada d'un testimoni de fusta de pi roig



Aquesta és una de les 2.006 mostres que es van obtenir a l'IEFC per determinar les edats i les produccions dels arbres d'aquesta espècie. Aquest arbre tenia 57 anys en el moment del mostreig i havia tingut un creixement notable durant la major part de la seva vida fins a tenir un diàmetre normal de més de 30 cm.

fet, hi ha fins a 40 espècies diferents que poden arribar a tenir més del 10 % del nombre total de peus en aquestes pinedes (quadre 4.4). En conjunt això suposa més de 120.000 ha. Així, a les més de 50.000 hectàrees amb una important presència de roures o alzines cal afegir-hi 17.923 ha on la pinassa representa, de mitjana, el 27,40 % de l'àrea basal; 15.115 ha, on el pi negre té un 17,71 % de l'àrea basal total; 8.105 ha, on el faig té un 15,30 % de l'àrea basal total i 6.388 ha, on el bedoll representa un 13,53 % d'aquesta àrea basal total. A més, la major part d'aquestes espècies tenen avantatges competitius en relació amb el pi roig, una espècie pionera i, en aquest sentit, de característiques semblants a les del pi blanc. Pertant, d'acord amb l'evolució espontània de la vegetació i sempre amb el permís de la política forestal i del canvi climàtic, en els propers anys l'àrea de distribució del pi roig, es podria veure dràsticament reduïda en favor de les espècies esmentades i fins i tot d'algunes altres (d'aquest conjunt de 40 espècies). Tanmateix, el pi roig és la tercera espècie més abundant en boscos dominats per altres espècies. Així, és present a 28.226 ha de pinassa, a 8.035 ha de pi negre i a 1.042 ha de bedoll com a segona espècie, amb percentatges de l'àrea basal total entre el 24 % i quasi el 29 % (quadre 4.8) i a unes altres 7.040 ha de roure martinenc i cerrioides i 1.626 més de faig (quadre 4.9).

El pi roig és l'espècie que actualment viu en un gradient més gran d'altituds (làmina 9A). Des dels 800 m fins als 1.600 m hi ha la mateixa superfície de pi roig a cada interval d'altitud de 100 m. Ocupa, també, alguns terrenys des de la cota 200 m i puja, ocasionalment, fins per damunt dels 2.100 m. Prefereix els ambients freds, sempre que la neu a l'hivern no sigui gaire permanent. Això fa que no totes aquelles 40 espècies puguin com-

Figura 4.8. Bosc de pi roig amb alguns avets. Parc Nacional d'Aigüestortes



petir amb el pi roig en tota la seva actual àrea de distribució, a part que algunes d'elles tenen altres requeriments addicionals, per exemple, pel que fa al tipus i qualitat dels sòls.

La distribució del pi roig té un límit molt marcat muntanya amunt, entre els 1.600 m i els 1.900 m, on domina el pi negre, millor adaptat al fred, a la neu (és més cònic) i a sòls més esquellètics) i un límit clar muntanya avall, determinat per la disminució de la quantitat de precipitació anual, on és substituït sobretot per la pinassa, però també per d'altres espècies al terç est de Catalunya. Cal dir que aquest patró es reproduïx a una escala local en aquelles muntanyes prou altes com ara el massís dels Ports o les muntanyes de Prades.

Amb tantes espècies competidores, què en quedarà de l'actual distribució del pi roig? En principi s'hauria d'anar reduint d'una manera considerable, atès que fins a cinc espècies (roure martinenc, alzina, faig, roure de fulla gran i avet) regeneren millor que el mateix pi roig sota la seva coberta. Ara bé, perquè una espècie s'escampi cal primer que hi sigui present. D'aquelles cinc espècies, l'avet i el roure de fulla gran tenen una presència molt minoritària i, per tant, només poden afectar la distribució del pi roig en una part relativament petita de la seva àrea de distribució actual. A més, són espècies amb exigències addicionals (de precipitació anual i de qualitat d'estació). D'altra banda, les dues espècies més abundantment distribuïdes per Catalunya, l'alzina i el roure martinenc, són clarament més termòfiles. Per exemple, a l'Alt Pirineu i Aran l'alzina es troba sobretot als vessants sud entre els 800 m i els 1.200 m; el roure, sobretot en vessants orientats entre el nord-est i el sud-oest, també entre els 800 m i els 1.200 m, i el pi roig sobretot, en els vessants orientats al nord entre els 1.000 m i els 1.800 m. Com a conseqüència de tot això, hom podria esperar que en el futur hi hagués més avetoses i més fagedes als vessants nord entre 1.400 m i 1.800 m, més rouredes de roure de fulla gran entre els 800 m i els 1.200 m, més alzinars als vessants sud, entre els 800 m i els 1.200 m, i més rouredes de roure martinenc entre els 800 m i 1.200 m en vessants d'orientació oest. A unes quantes desenes d'anys vista, això podria representar una reducció de l'àrea de distribució del pi roig en unes 65.000 ha. Ara bé, paral·lelament el pi roig seguirà colonitzant els conreus, els prats de dall i les pastures que es vagin abandonant, sobretot entre els 1.200 m i els 2.000 m i mantenint una notable competència amb el pi negre (a la franja compresa entre els 1.600 m i els 2.000 m) i amb la pinassa (a la franja compresa entre els 1.000 m i els 1.400 m).

Al IEFC, es va trobar pi roig en un total de 3.219 parcel·les. Però només al 22 % d'aquestes parcel·les era l'única espècie arbòria present, mentre que el 48,3 % podien considerar-se estacions homogènies (és a dir, almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc

corresponia al pi roig). Al 62,3 % de les parcel·les on era present, el pi roig era l'espècie dominant pel que fa a àrea basal. A aquestes parcel·les, la densitat mitjana de pi roig era de 903 peus/ha, l'àrea basal mitjana era de 21,6 m²/ha i l'altura dominant de 13,1 m. L'edat mitjana dels 2.006 arbres mostrejats (figura 4.7) era de 49 anys. Si comparem l'estructura de les pinedes de pi roig monoespecífiques (quadre 4.6) amb la resta de boscos de pi roig (quadre 4.7) veurem que la densitat mitjana és pràcticament la mateixa, però les masses monoespecífiques tenen una àrea basal i un volum amb escorça superior a la resta, la qual cosa indicaria que en aquestes pinedes els arbres de la resta d'espècies acostumen a ser més menuts que el pi roig, la qual cosa podria indicar que han arribat més tard.

L'any 1993, a Catalunya hi havia a prop de 224 milions de rojalets amb un diàmetre normal d'almenys 5 cm, dels quals quasi el 90 % es concentraven en només 10 comarques. La comarca amb més pi roig l'any 1993 era el Berguedà (quasi 41 milions de peus), però l'any 1994 el més gran incendi forestal de la història de Catalunya va cremar una part dels boscos de pi roig d'aquesta comarca (fou la segona espècie més afectada en termes absoluts a la comarca del Berguedà, amb uns 3,6 milions de peus), per la qual cosa, des del juliol de 1994 l'Alt Urgell és la comarca amb més pi roig (més de 39 milions de peus), seguit del Berguedà, el Ripollès (amb quasi 26 milions de peus), el Pallars Sobirà (amb prop de 22 milions), Osona (amb prop de 21 milions), el Solsonès (amb més de 18 milions) i el Pallars Jussà (amb més de 10 milions).

El pi roig tendeix a formar masses dominants; de fet, és la tercera espècie, després del pi blanc i del pi negre amb una major proporció de peus inclosos dins les masses homogènies de la pròpia espècie (més d'un 74 % del total de peus, quadre 4.3). La quarta part de peus de pi roig, els que n'estan fora de les masses dominants, està barrejada amb una gran quantitat d'espècies com ja s'ha comentat més amunt. Ara bé, com també ja s'ha dit, hi ha moltes espècies amb una presència important dins els boscos de pi roig.

El pi roig és una espècie que s'expandeix amb facilitat per les superfícies desarbrades com a conseqüència de canvis en l'ús del sòl (abandonament de conreus, pastures, etc.), i que regenera bé sota la seva pròpia ombra, però a diferència del pi blanc, que és gairebé incapaç de fer-ho sota la ombra de la resta d'espècies arbòries que poden entrar en competència amb ell, també regenera relativament bé a l'ombra d'algunes d'aquestes espècies, sobretot de la pinassa, del roure martinenc i del pi negre. Es tracta, doncs, d'una espècie essencialment pionera que a Catalunya manté una certa capacitat d'expandir-se en àrees ocupades per altres tipus de bosc (sobretot pinassa). Possiblement, el pi roig tendeix a expandir-se pels límits de la

seva àrea de distribució en detriment d'altres pins, però els anys excepcionalment desfavorables posen cada espècie al seu lloc i bona part d'aquests arbres poden morir (com va passar durant la sequera de 1994 a les muntanyes de Prades). Com en el cas del pi blanc, la previsible reducció de la seva àrea de distribució a Catalunya serà un indicador que s'està produint una evolució positiva en els boscos. Si les polítiques forestals i el canvi climàtic i de règim de focs no imposen el contrari, cal esperar que d'ací a cent anys el pi roig tingui una àrea de distribució molt menor a l'actual, menor que la de l'alzina, i fins i tot que la del roure martinenc (*sensu lato*, vegeu el primer paràgraf de l'apartat d'aquesta espècie). Aquesta reducció, en una primera fase, podria arribar a unes 65.000 ha i es produiria sobretot a favor de les rouredes de roure martinenc i cerrioide, dels alzinars, de les fagedes, de les rouredes de roure de fulla gran i de les avetoses. El lloc privilegiat que ocupa en el panorama forestal de Catalunya està relacionat amb els canvis d'usos del sòl dels darrers cent anys i en les pràctiques silvícoles habituals en el segle passat, que han tendit a reduir la presència de l'alzina i, sobretot, dels roures.

***Quercus ilex* (sensu lato)**

Convé aclarir que aquí el terme alzina es fa servir en sentit ampli, fent referència tant a les alzines (*sensu strictu*) com a les carrasques, essent aquestes, però, menys abundants a Catalunya. L'alzina és present a totes les vegueries (de fet és l'única espècie inclosa a tots els volums de les publicacions de síntesi de resultats de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya; Gracia et al., 2000-2004) i a totes les comarques, tret de la Vall d'Aran. A 28 comarques passa dels 900.000 peus i a 12, dels 10 milions de peus. A l'Àmbit de Ponent gairebé tota es troba a la Noguera. L'alzina és l'espècie més abundant (en nombre de peus) a 13 comarques: la Garrotxa, Osona, l'Alt Empordà, el Gironès, el Pla de l'Estany, la Selva, el Barcelonès, el Maresme, el Vallès Occidental, el Vallès Oriental, el Baix Camp, la Conca de Barberà i la Noguera. Les comarques amb més alzinars són, però, la Garrotxa (amb quasi 25.000 ha), la Noguera (amb més de 21.000 ha) i el Vallès Oriental (amb més de 17.000 ha).

L'alzinar (*sensu lato*) és el tercer tipus de bosc amb un major nombre d'hectàrees a Catalunya (184.654). Concretament, al 15,65 % dels boscos almenys la meitat de l'àrea basal total correspon a l'alzina. A més, és l'espècie amb un major nombre total de peus de més de 5 cm de diàmetre normal, encara que en molts casos es tracta de rebrots d'una mateixa soca. Durant les properes dècades, l'alzinar esdevindrà el bosc dominant al paisatge català.

Atès que l'alzina, juntament amb el pi roig i el pi blanc, és una de les tres espècies més abundants, independentment del

criteri escollit per determinar-ne l'abundància, i que quan es barreja amb qualsevol de les altres dues presenta un clar avantatge competitiu i, a més, és l'espècie present en un major nombre de parcel·les, es podria pensar que serà, en el futur, com per altra banda ho va ser en el passat, l'espècie arbòria forestal més abundant a Catalunya (amb independència del criteri aplicat) amb diferència. Però això dependrà de l'evolució no solament de l'activitat humana sinó també del clima i del règim de focs.

L'alzina té una fusta extraordinàriament densa (sovint més que l'aigua, quadre 4.11), molt preuada com a combustible. Però té una producció de fusta baixa (menys de 2 m³/ha/any en volum amb escorça) i difícil de determinar (anells de creixement difícils de visualitzar). Però, com a la resta d'espècies, la producció de l'alzina varia molt entre zones, des dels 1,1 m³/ha/any a l'Àmbit de Ponent i a l'Alt Pirineu i Aran fins als 2,5 m³/ha/any a l'Àmbit Metropolità. Tot i que s'ha arribat a fer parquet de fusta d'alzina, la demanda d'alzina per part de la indústria transformadora és molt baixa. Per tant, tot i el seu bon preu, el mercat de fusta d'alzina és molt limitat, i se centra en l'aprofitament de branques i peus de poc diàmetre com a combustible. A més, la importància de la fusta com a combustible ha disminuït contínuament durant els darrers anys (vegeu capítol 5). Tot plegat fa que s'hagi produït una disminució progressiva de la seva explotació forestal, cosa que sens dubte haurà contribuït a l'augment de la biomassa aèria als alzinars que, de tota manera, continua essent baixa (51 t/ha a les estacions homogènies, quadre 4.3).

Cap altra espècie a Catalunya forma masses tan denses (s'han arribat a mesurar més de 8.500 peus/ha i la mitjana als alzinars homogenis és de 1.729 peus/ha) i només els boscos de caducifolis (fagedes, castanyedes i rouredes de fulla gran) i les avetoses tenen un vol més tancat i acumulen una major superfície de fulles per superfície de sòl. Això fa dels alzinars boscos poc permeables al pas de la llum cap al terra, la qual cosa dificulta el desenvolupament d'un estrat arbustiu dens i sobretot fa difícil la presència d'espècies amants de la llum. Tanmateix, els alzinars a Catalunya estan lluny de l'estructura típica dels alzinars madurs i amb arbres molt grans. Cal no oblidar que l'alzina és una de les espècies que pot viure més anys de totes les que hi ha a Catalunya i pot arribar a assolir grans dimensions. De fet, bona part dels arbres de mides excepcionals que hi ha a Catalunya són alzines (figura 4.9). Però l'alzinar a Catalunya ha estat tractat tradicionalment com a bosc menut i aquesta gran quantitat de peus de rebrot n'és una de les principals conseqüències però no l'única. Així, molts alzinars estan formats per arbres de port gairebé arbustiu, de només 3 o 4 metres d'alçada (figura 4.10), i en aquestes condicions la llum arriba amb facilitat al terra del bosc, tot i que l'índex d'àrea foliar pugui ser relativament elevat. Això explica que, en contra del que seria d'esperar, actualment molts alzinars a Catalunya tinguin un sotabosc força desenvolupat.

Figura 4.9. Alzina d'Avià (Berguedà)



Destaca sobretot pel diàmetre de la capçada i pel diàmetre normal del tronc.

Figura 4.10. Alzinar de rebrot amb peus menuts i de pocs metres d'altura i relativament obert (amb clapes)



Aquest bosc presenta una estructura molt més inflamable de la que correspondria a un alzinar madur.

Caldria esperar que, amb el temps, els alzinars evolucionessin cap a una estructura més madura, amb menys peus, arbres més alts i sotabosc molt menys desenvolupat i integrat per arbusts d'ombra. Però la natura és lenta i, atès que uns alzinars estructuralment més madurs podrien contribuir a disminuir la inflamabilitat i la càrrega de combustible de bona part dels boscos, podria ser aconsellable un canvi en la gestió forestal dels alzinars. A més, es disposa de diverses experiències recents de selecció de peus en alzinars, experiències que van des de rebrotos

de l'any (després dels incendis del Bages-Berguedà de 1994, figura 7.9) fins a arbres de més de 60 anys (experiments del bosc de Poblet a les Muntanyes de Prades, vegeu figura 9.10), on es demostra que aquestes actuacions ofereixen els resultats desitjats, essencialment un major desenvolupament dels individus seleccionats, amb un impacte moderat: l'índex d'àrea foliar de l'estrat arbori es recupera ràpidament, en qüestió de dos o tres anys.

S'ha esmentat ja que l'alzina és l'espècie amb un major nombre de peus a Catalunya i que és present a gairebé totes

Figura 4.11. Alzinar a les muntanyes de Prades



La fotografia mostra un alzinar dens i amb arbres baixos. De tant en tant apareixen clapes (de tons foscos) corresponents a pi roig (clarament per sobre de les capçades de l'alzina) i a alguns roures.

les comarques del país. També s'ha comentat que entra en competència amb les altres dues espècies forestals més abundants a Catalunya en una part important de les seves àrees de distribució i ho fa amb un clar avantatge. Tot plegat fa pensar que en el futur encara hi haurà més alzinars a Catalunya. Actualment l'alzina és la segona espècie més abundant a 99.452 ha de boscos d'altres espècies on representa entre el 15 i el 30 % de l'àrea basal total, segons quina sigui l'espècie principal amb la qual es barreja. Quasi la meitat d'aquesta superfície, 47.530 ha, correspon al pi blanc, quadre 4.8 i unes altres 21.830 ha, al pi roig (tot i que en els boscos de pi roig encara és més abundant el roure martinenc). Tanmateix, el domini de l'alzinar no solament es produeix en detriment de pinedes de pi blanc i de pi roig, sinó més aviat de les pinedes en general. Moltes pinedes de pi pinyer actualment tenen un subvol dens compost sobretot per alzines (13.305 ha) i roures, i això també passa en una part important de les pinedes de pinassa (16.419 ha) i en algunes pinedes de pinastre (1.399 ha). Hi ha també algunes espècies, sobretot de roures, capaces de competir amb l'alzina en una part de la seva actual àrea de distribució. De fet, en els alzinars hi ha un enorme conjunt d'espècies (fins a 43, quadre 4.4) que per un motiu o altre tenen presència relativament important (com a mínim del 10 % del total de peus de la parcel·la de mostreig). En aquest conjunt hi ha des d'espècies a les quals l'alzina ha anat substituint fins a espècies, com ara els roures, que es barregen amb l'alzina de manera força habitual.

Al IEFC, es va trobar alzines a 4.071 parcel·les, més del 38 % del total, una proporció molt superior a qualsevol altra espècie. I, tanmateix, l'alzina només era l'única espècie arbòria present al 14,2 % d'aquelles parcel·les. El 27,3 % de les parcel·les d'alzina podien considerar-se estacions homogènies (és a dir, almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia a l'alzina). Al 40,9 % de les parcel·les on era present, l'alzina era l'espècie dominant pel que fa a àrea basal. A aquestes parcel·les, la densitat mitjana de l'alzinar era de 1.551 peus/ha, l'àrea basal mitjana era de 13,2 m²/ha i l'altura dominant mitjana, de 8,1 m. Si comparem l'estructura dels alzinars monoespecífics (quadre 4.6) amb la resta d'alzinars (quadre 4.7) veiem que els alzinars monoespecífics són més densos i que en canvi, tenen una àrea basal i un volum amb escorça inferiors. Això vol dir que una bona part dels arbres de les altres espècies que trobem en els alzinars són més grans que les alzines, probablement es tracta de diverses espècies de coníferes com ara el pi pinyer, el pi blanc, la pinassa, el pinastre i el pi roig (figura 4.11) que aniran desapareixent d'aquests indrets.

A Catalunya hi havia l'any 1993 més de 373 milions d'alzines amb un diàmetre normal d'almenys 5 cm, més de dues terceres parts de les quals es troben a les Comarques Gironines, l'Àmbit Metropolità i Osona. La comarca amb més alzina és la Garrotxa

(quasi 62 milions de peus), seguida del Vallès Oriental (amb 41 milions de peus) i l'Alt Empordà (amb 37,5 milions).

Tot i la gran densitat mitjana de peus dins les masses homogènies d'alzina, en elles només hi ha un 57 % del total de peus (quadre 4.3), la qual cosa vol dir que a Catalunya hi ha una gran quantitat d'alzines barrejades amb moltes altres espècies. Si afegim a aquesta dada l'elevada capacitat competitiva de l'alzina enfront d'altres espècies i les dades que s'ha aportat abans relatives a quasi 100.000 ha, on l'alzina ja és la segona espècie més abundant pel que fa a nombre de peus, és de preveure que en les properes dècades augmenti considerablement l'àrea de distribució de l'alzina i que aquesta esdevingui l'espècie més abundant a Catalunya amb independència del criteri que s'apliqui per determinar-ne aquesta abundància. Els alzinars a Catalunya podrien arribar a prop de les 300.000 ha en un futur no gaire llunyà.

Pinus nigra

La pinassa és la quarta espècie més abundant a Catalunya, independentment del criteri utilitzat per definir l'abundància. Com les tres espècies precedents, és present a totes les vegueries. L'Àmbit Metropolità és la vegueria on la pinassa és menys abundant (no arriba als 1,5 milions de peus). Ara bé, la pinassa és l'espècie més abundant només a una comarca, el Solsonès. Aquesta comarca concentra –o, millor dit, concentrava l'any 1993– més de 49.500 ha de pinassa (més del 35 % de tots els boscos de pinassa de Catalunya).

La pineda de pinassa és el quart tipus de bosc amb un major nombre d'hectàrees a Catalunya (140.627). Concretament, l'any 1993, a l'11,85 % dels boscos almenys la meitat de l'àrea basal total corresponia a la pinassa. Tanmateix, l'àrea de distribució de la pinassa s'ha reduït molt durant els darrers 10 anys com a conseqüència dels grans incendis forestals i es redueix també com a conseqüència de la competència amb altres espècies.

La pinassa se situa gairebé sempre entre el pi roig i el pi blanc (làmines 8A i 9A), espècies amb les quals es barreja sovint en els límits de la seva àrea de distribució. De fet, hi ha unes 28.000 ha de pinassa on el pi roig representa el 24 % de l'àrea basal total i quasi 11.000, on el pi blanc en representa més d'un 22 %; i recíprocament la pinassa representa quasi un 28 % de l'àrea basal total en quasi 18.000 ha de pi roig i un 20 %, en més de 12.000 ha de pi blanc. En canvi, és rar el seu contacte amb qualsevol altra espècie de pi a Catalunya. La pinassa domina essencialment als boscos prepirinencs de la part central de Catalunya, desenvolupats sobre substrats calcaris.

Figura 4.12. Troncs llestos per començar el procés de trituració a la planta que Tradema té a Solsona



Té una fusta relativament preuada entre les coníferes, sobretot com a pal, amb una producció mitjana en volum de fusta amb escorça de 4,1 m³/ha/any. A Catalunya és una de les espècies forestals més intensament explotades. A Solsona (Comarques Centrals), gairebé al centre de la seva àrea de distribució, hi ha una indústria transformadora (figura 4.12) que processa una quantitat de fusta molt important (unes 200.000 tones l'any, vegeu el capítol 5). La pinassa s'ha explotat habitualment mitjançant tallades de selecció. Com que és una conífera que tolera relativament bé l'ombra, aquest mètode d'explotació no dificulta la regeneració natural de l'espècie. En els boscos se sol mantenir una densitat de peus elevada amb l'objectiu de forçar el creixement en alçada de cara a l'obtenció de pals, un dels productes que ofereix millors rendiments econòmics. Com a resultat de tot això, els boscos de pinassa acostumen a ser irregulars i molt densos. De vegades, però, aquesta elevada densitat, sumada a un escàs treball de manteniment de la massa i a la tallada dels millors peus de cada rodal, pot propiciar una selecció negativa dels peus i una disminució de la producció forestal d'aquestes masses (Ibàñez et al., 1993).

La pinassa pot arribar a formar boscos realment molt densos (s'han arribat a mesurar uns 6.100 peus/ha) i, de fet, pels motius que ja s'han esmentat, la mitjana de les masses homogènies d'aquesta espècie arriba als 1.157 peus/ha, una xifra per damunt de qualsevol altra conífera, només superada per l'alzina i el castanyer en el conjunt de Catalunya. En molts aspectes presenta unes característiques intermèdies entre el pi blanc i el pi roig (àrea basal, índex d'àrea foliar, recobriment arbori, etc.).

Viu sobre substrats calcaris, entre els 400 m i els 1.400 m (més freqüentment entre els 600 m i els 1.200 m) sobretot en vessants orientats al nord. En aquesta franja, ha de competir essencialment amb l'alzina i el roure cerrioides i en els límits altitudinals ho fa també amb el pi roig i el roure martinenc al límit superior i amb el pi blanc i el roure de fulla menuda al límit inferior. És l'espècie dominant a la Catalunya central (Solsonès, Bages, Berguedà, sud de l'Alt Urgell, etc.). Però, fora d'aquesta àrea principal de distribució, hi ha també pinassa a la zona de l'Alt Empordà i Pla de l'Estany (fins a cotes altitudinals molt baixes), a la confluència de les comarques del Vallès amb el Bages, a la confluència de les comarques de l'Anoia, Alt Camp i Conca de Barberà, a les muntanyes de Prades i al massís dels Ports. Als Ports, tot i que la pinassa l'any 1993 només representava una mica més del 4 % del total de peus, en volum amb escorça arribava al 8 % del total, atès que aquelles pinasses (figura 4.13) tenien un diàmetre normal mitjà i un àrea basal per hectàrea més grans que les de qualsevol altra zona.

Figura 4.13. Bosc de pinassa al massís dels Ports



Es tracta d'un bosc amb arbres majoritàriament grans i d'una edat que deu rondar els 100 anys. Aquesta és una estructura de bosc de pinassa poc habitual en altres indrets de Catalunya (vegeu figura 4.14).

Al l'IEFC, es va trobar pinassa en un total de 2.080 parcel·les, 872 de les quals (quasi un 42 %) podien considerar-se estacions homogènies. A les estacions on la pinassa era l'espècie dominant (1.261), la densitat mitjana de l'espècie era de 1.024 peus/ha, l'àrea basal mitjana era de 17,0 m²/ha i l'altura dominant de 12,3 m. L'edat mitjana dels 1.203 arbres mostrejats era de 53 anys. La pinassa també presenta les seves particularitats estructurals. Com l'alzina, i a diferència de les dues coníferes més abundants, les masses monoespecífiques de pinassa (quadre 4.6) són més denses que la resta (quadre 4.7), però en aquest cas, a diferència dels alzinars, també tenen una àrea basal i un volum amb escorça més grans. D'altra banda, només una quarta part dels boscos dominants de pinassa poden considerar-se monoespecífics, una proporció força més baixa que en el cas del pi blanc, del pi negre i fins i tot, del pi roig.

A Catalunya hi havia, l'any 1993, a prop de 161 milions de pinasses amb un diàmetre normal d'almenys 5 cm, de les quals al voltant d'un 80 % es concentraven en només sis comarques. La comarca amb més pinassa l'any 1993 era el Solsonès (quasi 50 milions de peus), però l'any 1998 un dels incendis forestals més grans de la història de Catalunya va cremar bona part dels boscos de pinassa d'aquesta comarca (va ser l'espècie més afectada amb uns 10 milions de peus cremats). Altres comarques amb molta pinassa són: l'Alt Urgell (més de 20 milions de peus), el Berguedà (més de 23 milions abans del gran incendi de 1994 però només nou després), el Bages (més de 18 milions després del gran incendi de 1994, en aquest cas no podem calcular el que es va cremar ja que el mostreig va ser posterior a l'incendi), el Pallars Jussà i la Noguera (quasi 10 milions de peus cadascuna). És relativament abundant a 15 comarques més.

Han estat els grans incendis forestals els que han provocat una important reducció dels boscos de pinassa en els darrers 10 anys. Entre els incendis forestals del Bages-Berguedà de 1994 (figura 4.14) i del Solsonès de 1998 es van cremar més de 27 milions de pinasses. Només a l'incendi de 1994 es van cremar vuit pinasses per segon. Ha estat precisament el foc el que ha posat en evidència la mena de bosc dominant a Catalunya, i en particular l'estructura actual de moltes pinedes de pinassa, amb una densitat molt gran d'arbres, quasi tots de diàmetres molt petits (figura 4.14). El nombre mitjà de peus per hectàrea a la comarca del Solsonès a les 324 parcel·les on la pinassa acumulava al menys el 50 % de l'àrea basal era l'any 1989 de 1.326, però només el 7,8 % d'aquests arbres tenien un diàmetre normal d'almenys 20 cm. Fins que les fotografies de les portades dels diaris van posar de manifest aquesta situació, la sola afirmació d'aquesta realitat—reafirmada per les mateixes dades que aquí es presenten— aixecava polseguera en bona part del sector forestal del país.

Figura 4.14. Bosc de pinassa cremat l'any 1994 al gran incendi forestal del Berguedà



Es tracta d'una massa molt densa d'arbres de poc diàmetre. Una de les coses que han posat de manifest els grans incendis forestals dels darrers anys és que el bosc a Catalunya està constituït majoritàriament per arbres baixos i de petit diàmetre que malviuen molt atapeïts (el diàmetre normal mitjà a la zona del Berguedà-Solsonès s'aproxima als 15 cm; l'edat, a uns 50-55 anys i la densitat mitja, als 1.200 peus/ha, mentre que al massís dels Ports, el valors són 21 cm, 95 anys i 720 peus/ha, respectivament).

La pinassa és, de totes les espècies de pins que hi ha a Catalunya, la més tolerant a l'ombra. Tanmateix, té dificultats per arribar a col·lonitzar els sòls coberts d'herba, amb independència que hi hagi o no una coberta arbòria. Si, a més, resulta que les llavors es cremen en cas d'incendi forestal, es pot entendre amb facilitat que no es recuperi després d'un foc (figura 4.15), sobretot si aquest és de grans dimensions (amb la qual cosa es limita l'arribada de llavors procedent de les rodalies de l'incendi a una àrea molt menuda). La pinassa regenera bé sota la seva pròpia ombra. Competeix amb un nombre elevat d'espècies: pi roig, pi blanc, alzines i roures de diverses espècies, principalment. També més ocasionalment amb el pi pinyer i altres espècies. Ho fa amb una certa igualtat de condicions amb les espècies de pins, però amb inferioritat de condicions amb les espècies de planifolis, que regeneren molt bé sota la pinassa, mentre que aquesta ho fa amb dificultat sota les seves cobertes. Tot plegat fa que la pinassa sigui una de les tres espècies de pins que tenen un major nombre de peus barrejats amb peus d'altres espècies: més del 30 % de les pinasses són fora de les masses dominants de la pròpia espècie i estan barrejades amb una gran quantitat d'altres espècies com ja s'ha comentat més amunt.

El lloc privilegiat que ocupa la pinassa en el panorama forestal de Catalunya està relacionat amb les pràctiques silvícoles habituals en els darrers segles, tendents a reduir la presència de l'alzina i, sobretot, dels roures en favor dels pins. En els propers cent anys, amb el permís d'aquelles pràctiques, la pinassa veurà reduïda molt considerablement la seva àrea de distribució. Aquesta disminució pot arribar a unes 25.000 ha

Figura 4.15. Estructura dels boscos de pinassa abans i després d'un incendi



A l'esquerra, bosc de pinassa a la comarca del Solsonès. A l'estrat arbustiu s'observen alguns roures. A la dreta, rebrots de roures pocs mesos després del gran incendi forestal del Berguedà-Bages de 1994. Només en un any, els rebrots havien crescut gairebé tant com la tija que els va propiciar. De fet, la major part de roures que es fan evidents després dels incendis forestals que es produeixen a la meitat nord de Catalunya provenen d'exemplars que malviuen a l'estrat arbustiu del bosc. En aquests boscos cremats, aviat va aparèixer una considerable catifa d'espècies herbàcies, malgrat que allò havia estat un bosc de pinassa només en quedava el testimoni dels troncs cremats encara drets.

en favor de les rouredes i a unes 15.000 ha més, en favor dels alzinars. Aquest procés de substitució de la pinassa per roures i alzines s'accelera quan es produeixen incendis forestals, sobretot si són de grans dimensions (com ha quedat ben palès en el cas de l'incendi de juliol de 1994 a les comarques del Berguedà i el Bages). És possible també que en els propers anys la pinassa perdi també una part del seu territori en favor del pi roig i, en canvi, s'expandeixi una mica en detriment del pi blanc.

Pinus uncinata

El pi negre és la sisena espècie arbòria forestal tant pel que fa a nombre d'hectàrees, com pel que fa a nombre de peus (més de 61 milions). A diferència de les quatre espècies anteriors, el pi negre a Catalunya només es troba al Pirineu i Prepirineu. A partir dels 1.900 m, només l'abet i el pi roig competeixen amb ell i, tot i així, només en determinats llocs. Arriba a viure per damunt dels 2.400 m tot i que per damunt d'aquesta cota el que acostuma a trobar-se són peus més o menys aïllats (figura 4.16). Per damunt de l'estatge del pi negre només hi ha matollars, prats supraforestals, masses d'aigua (llacs, etc.) i improductius naturals (rocams, tarteres, etc.). Per sota d'aquesta cota, actualment aquesta espècie està recuperant terreny en detriment dels prats i pastures com a conseqüència directa de la disminució de l'activitat ramadera.

A Catalunya, el pi negre només és abundant a nou comarques, les sis de l'Alt Pirineu i Aran (en conjunt, quasi 43.000 ha i gairebé 48 milions de peus), el Ripollès (6,7 milions de peus), el Berguedà (quasi 5 milions) i el Solsonès (poc més d'1,5 mi-

lions de peus). És l'espècie més abundant a la comarca de la Cerdanya (10.832 ha i quasi 12,5 milions de peus), però la comarca de Catalunya amb més pi negre és el Pallars Sobirà (15.825 ha i 16 milions de peus).

La pineda de pi negre és el bosc més característic del Pirineu i el segon tipus de bosc més abundant en aquella serralada. A Catalunya, és el sisè tipus de bosc amb un major nombre d'hectàrees (54.613). Al 4,6 % dels nostres boscos, almenys la meitat de l'àrea basal total correspon al pi negre. En els propers cent anys el pi negre sembla que tindrà una àrea de distribució similar a l'actual.

La producció mitjana en volum de fusta amb escorça és de 4,3 m³/ha/any i la fusta és de bona qualitat. Tot i així, s'ha produït una disminució de la seva explotació forestal, potser com a conseqüència de la pèrdua de rendibilitat derivada dels costos afegits que representa el transport des del bosc fins a la indústria.

El pi negre representa a Catalunya el límit altitudinal del bosc, per la qual cosa amb certa freqüència es troben individus aïllats de pi negre o formant petites clapes de bosc, sobretot a les cotes més altes (figura 4.16). És en aquests llocs on s'acostumen a trobar els exemplars més vells, tot i que de diàmetres moderats com a conseqüència de les condicions límit en què es desenvolupen en aquests indrets. Però, per sota d'aquest límit altitudinal, pot arribar a formar boscos força densos (s'han

Figura 4.16. Estructura dels boscos de pi negre



Exemplars de pi negre al límit altitudinal del bosc (esquerra). Els boscos de pi negre acostumen a ser relativament oberts, en part perquè es troben al límit altitudinal del bosc, però també perquè es tracta d'un arbre amb una capçada molt cònica, amb poc desenvolupament horitzontal de les branques. És relativament freqüent trobar clapes on les fulles arriben ben bé fins al terra (centre). Com es desprèn d'aquestes tres imatges l'estrat arbustiu en aquest tipus de bosc normalment és molt poc desenvolupat i el bosc és pràcticament monoespecífic.

arribat a mesurar poc més de 4.400 peus/ha). De fet, la mitjana de les masses homogènies d'aquesta espècie és de 1.061 peus/ha, la segona més alta després de la pinassa. Tanmateix, aquesta és una dada que pot resultar enganyosa presentada així, ja que en aquest valor mitjà tant alt hi té força a veure el fet que el pi negre acostuma a viure en zones de fort pendent, per la qual cosa la densitat (que es dona projectada sobre el pla) resulta tan elevada. Tot i això, sobta que, entre les coníferes que hi ha a Catalunya, el pi negre sigui una de les que formen els boscos amb menor recobriment. Hi ha dos factors que motiven això: d'una banda, els boscos situats en el límit altitudinal són realment molt oberts i, de l'altra, els boscos de pi negre acostumen a tenir una capçada poc desenvolupada. El pi negre és, de tots els pins autòctons de Catalunya, el menys brancut.

Es pot trobar pi negre a partir dels 1.200 m d'altura (1.400 m a les Comarques Centrals) i és el tipus de bosc dominant entre els 1.800 m i els 2.400 m (des dels 1.600 al Ripollès i la Cerdanya). En aquesta franja, el clima és molt limitant per al desenvolupament de les masses forestals, fins al punt que a Catalunya gairebé és l'única espècie capaç de formar boscos en aquestes condicions. Tot i que en aquests indrets hi plou molt, l'estació de creixement és molt curta atès que les temperatures són fredes la major part de l'any i la neu és present al terra del bosc des de finals de novembre fins a principis de maig. La distribució del pi negre té un límit molt clar muntanya avall, entre els 1.900 i els 1.600 m, on passa a dominar el pi roig i, en determinats indrets, l'abet i el faig. És molt més abundant en orientacions nord. En aquestes mateixes cotes a d'altres orientacions hi ha la major part de les pastures.

A l'IEFC, es va trobar pi negre en un total de 788 parcel·les. Al 36,9 % d'aquestes era l'única espècie arbòria present i prop del 51 % podien considerar-se estacions homogènies (és a dir, almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia al pi negre). Al 62 % de les parcel·les on era present, el pi negre era l'espècie dominant pel que fa a àrea basal. A aquestes parcel·les, la densitat mitjana del pi negre era de 1.004 peus/ha; l'àrea basal mitjana, de 28,1 m²/ha i l'altura dominant, de 13,4 m. L'edat mitjana dels 541 arbres mostrejats era de 75 anys. En el cas del pi negre s'aprecien molt poques diferències estructurals si es comparen les masses monoespecífiques (quadre 4.6) amb la resta de masses on l'espècie és dominant (quadre 4.7). Tanmateix, aquesta és una de les espècies que major tendència té a formar masses monoespecífiques (el nombre mitjà d'espècies trobades a les parcel·les on domina és una, el 57 % d'aquestes parcel·les no té cap espècie acompanyant i només un 2,5 % de parcel·les tenen tres o més espècies acompanyants, quadre 4.4). De fet és, després del pi blanc, l'espècie amb una major proporció de peus inclosos dins les masses homogènies de la pròpia espècie (quasi un 78 % del total de peus, quadre 4.3). El

22 % restant de peus de pi negre acostuma a estar barrejat, en proporcions decreixents muntanya avall, amb peus de pi roig (8.035 ha), d'abet (3.286 ha) i de faig. Quan no domina, el pi negre acompanya les pinedes de pi roig en més de 15.000 ha, on ocupa un 18 % de l'àrea basal total.

El pi negre és una espècie que regenera bé sota la seva pròpia ombra i es troba en condicions de relativa igualtat quan es barreja amb el pi roig; en canvi, quan es barreja amb l'abet, aquest regenera millor. D'altra banda, mostra una pitjor capacitat que el pi roig per colonitzar espais oberts, fins al punt que, de vegades, en masses tallades arreu o on s'ha tallat la major part de l'àrea basal, s'han observat dificultats en la regeneració, fins i tot després de força anys. A més a més, com que acostuma a formar boscos densos amb troncals molt cilíndrics i poc brancuts, quan s'elimina una part important dels arbres de la massa, la resta queda força desprotegida enfront de ventades i nevades, fenòmens molt freqüents a la seva àrea de distribució. Caldria tenir ben present les característiques estructurals d'aquesta espècie, el pendent dels terrenys on viu i les peculiaritats climàtiques de cada indret abans d'autoritzar-ne l'exploració forestal.

Si el canvi climàtic i altres causes no imposen el contrari, cal esperar que en els propers cent anys el pi negre tingui una àrea de distribució molt similar a l'actual. Hom pot preveure una certa expansió de l'abet en detriment seu, però sempre per sota dels 2.000 m i, en canvi, una certa expansió del pi negre a les pastures abandonades entre els 2.000 m i els 2.400 m.

Quercus suber

L'alzina surera és la cinquena espècie forestal pel que fa al nombre d'hectàrees (5,23% dels boscos de Catalunya) i la setena pel que fa a nombre de peus (més de 39 milions). Ara bé, més de quatre cinquenes parts de les existències d'aquesta espècie es concentren a les Comarques Gironines. Dins d'aquest àmbit, representa prop del 45 % de la superfície arbrada al Baix Empordà, on és l'espècie més abundant, i al voltant d'un 25 % a la Selva, Gironès i Alt Empordà. És poc freqüent al Pla de l'Estany i rara a la Garrotxa i al Ripollès. En canvi, fora d'aquest àmbit, només té una certa importància al Montnegre, entre el Maresme i el Vallès Oriental i només té una presència testimonial en altres indrets de Catalunya.

Tradicionalment, s'ha gestionat de cara a l'obtenció del seu producte més preuat, el suro. Per això, tot i que pot arribar a formar boscos densos i tancats amb més de 1.500 peus/ha (fins un màxim d'uns 2.700 peus/ha mesurat a l'IEFC), el més habitual és trobar-la formant masses molt més obertes. De fet, el 80 %

Figura 4.17. Diferències en l'estructura de l'alzina surera i l'alzina



Comparació entre una alzina surera (arbre a l'esquerra de la fotografia) i una alzina (dreta). La quantitat de fulles de la surera és menor que la de l'alzina.

de les suredes tenen un recobriment arbori inferior al 50 % i només el pi pinyer té una densitat mitjana inferior a la de la surera. D'altra banda, l'alzina surera acostuma a tenir una capacçada clara, amb poques fulles, sobretot, si la comparem amb l'alzina (figura 4.17). De fet, té menys superfície de fulles per unitat de superfície de sòl (IAF) que qualsevol altra espècie forestal (quadre 4.3). D'altra banda, les suredes es troben en una zona termòfila però relativament humida (propera al mar). Tot plegat fa que a les suredes hi arribi al terra una gran quantitat de llum i es desenvolupi un potent estrat arbustiu (amb un recobriment del 74,4 % de mitjana) d'espècies heliòfiles, que assolixen un gran desenvolupament vertical (fins a 3 i 4 metres).

A l'IEFC, es va trobar aquesta espècie en un total de 1.034 parcel·les, en 191 de les quals és l'única espècie arbòria present i 340 poden considerar-se parcel·les homogènies per aquesta espècie. A les parcel·les on l'alzina surera era l'espècie dominant en àrea basal (557), la densitat mitjana d'aquesta espècie era de 473 peus/ha, l'àrea basal mitjana de 13,3 m²/ha i l'altura do-

minant de 9,2 m (les suredes són boscos relativament baixos). Les masses monoespecífiques (quadre 4.6) tenen un nombre mitjà de peus per hectàrea inferior a la meitat del que hi ha a la resta de suredes (quadre 4.7) i, com a conseqüència, també tenen una àrea basal i una biomassa aèrea total molt inferiors. Això és degut, amb tota probabilitat, al fet que les suredes explotades són volgudament monoespecífiques, de manera que l'estructura d'aquestes suredes està molt relacionada amb la gestió forestal que s'hi fa.

A Catalunya el suro s'extreu cada 12-14 anys dels individus que han assolit un diàmetre normal d'almenys 20 cm (figura 4.18A). L'escorça de la surera que no s'ha pelat mai s'anomena pelagrí (figura 4.18B). Actualment, el 29,1 % de les alzines sureres de les suredes de Catalunya tenen un diàmetre normal igual o superior als 20 cm i són susceptibles d'aprofitament. Aquesta proporció puja fins al 39 % a l'Alt Empordà i al 34 % a la Selva i baixa fins per sota del 22 % al Maresme, on la proporció de suredes sense explotació és major. De mitjana, la producció de suro a les estacions on l'espècie és dominant, està al voltant de 80 kg/ha/any (en pes sec). En suredes especialment productives pot arribar-se a produccions d'entre els 100 i els 300 kg/ha/any. De fet, només en un 10 % de les estacions dominants mostrejades s'assolien aquestes produccions. A part del suro, de l'alzina surera també se n'aprofita la llenya, que és de molt bona qualitat.

L'alzina surera, quan no ha estat pelada recentment, generalment sobreviu als incendis forestals gràcies a l'aïllament tèrmic que li proporciona la seva escorça. Després de l'incendi, l'arbre rebrota de tija, amb la qual cosa el paisatge es regenera amb una gran rapidesa (figura 4.19). Ja s'ha esmentat que les suredes acostumen a presentar un sotabosc molt desenvolupat, format per espècies, algunes de les quals (com el bruc) són molt inflamables, per la qual cosa, en cas d'incendi forestal, aquestes masses cremen amb notable virulència. Tot i així, també s'ha esmentat que, després del foc, la recuperació és més ràpida que en qualsevol altra espècie a Catalunya i, a més a més, tot i que no rars, tampoc han estat massa freqüents els incendis en suredes a Catalunya durant els 25 darrers anys. Cal tenir presents, però, els grans incendis de les Alberes i de Gualba-Santa Coloma de Farners (figura 4.19), el darrer, molt espectacular, va afectar fins i tot les fagedes.

A Catalunya hi ha uns 39 milions d'alzines sureres: 11 a la comarca de la Selva; gairebé 10 milions, al Baix Empordà; uns altres 11 repartits entre l'Alt Empordà i el Gironès i la resta, entre el Maresme (prop de quatre) i el Vallès Oriental (poc més de tres).

Es pot trobar l'alzina surera des d'arran del mar fins a prop dels 1.000 m, si bé és molt més abundant en orientacions des

Figura 4.18. Exemples d'alzina surera en explotació i de pelagrins (sureres mai explotades)



Sureda en explotació (esquerra). La pela del suro acostuma a anar precedida d'una estassada de l'estrat arbustiu. Els exemplars, habitualment per sota dels 20 cm de diàmetre normal, que encara no s'han pelat mai s'anomenen pelagrins (dreta).

Figura 4.19. Sureda rebrotant de tija poc després d'un incendi forestal



Uns mesos després de l'incendi forestal de Gualba-Santa Coloma de Farners de 1994, ja hi havia una notable recuperació de l'estrat arbori a les suredes afectades per l'incendi.

Font: Fotografia de Jordi Vayreda.

de l'est fins al sud-oest i per sota dels 600 m d'altitud. És una espècie termòfila, que requereix un substrat silícic i una certa humitat, la qual cosa limita la seva àrea de distribució. Tot i que és freqüent trobar-la formant masses dominants, segurament propiciades de cara a l'obtenció del suro, sovint es barreja amb espècies com l'alzina, el pi pinyer, el pinastre i diverses espècies de roures. Cal dir, però, que la surera regenera raonablement bé sota totes aquestes espècies, amb les quals es barreja, i que elles tampoc regeneren malament sota la surera. Això fa que sigui freqüent trobar suredes amb una proporció important de pi pinyer (vora el 30 % en àrea basal a 5.922 ha) o de pinastre (prop del 24 % en àrea basal a 4.284 ha) i, a la inversa, pinedes de pi pinyer (10.144 ha) i de pinastre (4.786 ha) amb una important proporció d'alzina surera (22 % de l'àrea basal a les pinedes de pi pinyer i poc més del 20 % a les de pinastre). Però les espècies amb què més sovint trobem barrejada l'alzina surera són l'alzina (quadre 4.8) i l'arboç (quadre 4.9); hi ha 16.431 ha de suredes amb una proporció relativament gran d'alzina i 10.234 ha amb arboç (ambdues representen més del 16 % de l'àrea basal). D'altra banda, 4.741 ha d'alzinars tenen una proporció gran d'alzina surera (quasi un 32 % de l'àrea basal). A part de la regeneració a partir de glans, també pot rebrotar a partir de les

arrels més superficials. De tota manera, l'àrea de distribució de la sureda possiblement estigui més condicionada per la rendibilitat de l'obtenció del suro que per la capacitat competitiva de l'espècie. En condicions naturals probablement la sureda perdria terreny, sobretot a favor de l'alzina i dels roures.

***Quercus humilis* (sensu lato)**

Aquí es parla d'aquesta espècie en un sentit molt ampli, incloent-hi un nombre molt considerable d'individus amb diferents graus d'hibridació amb d'altres espècies properes, entre d'altres coses perquè hom no té la certesa que la identificació al camp d'aquestes espècies sempre hagi estat la correcta. Això inclou, a més del roure martinenc, els seus híbrids amb el roure de fulla menuda (*Quercus cerrioides*, que tanmateix en algunes taules es mostren separatament, quadres 4.1 a 4.5, 4.11 i 4.12, atès que els valors estructurals mitjans són diferents als dels peus identificats com a *Quercus humilis*) i amb el roure americà. Aquest conjunt de roures és present a més del 26 % de les parcel·les de l'IEFC (un percentatge de presència similar al del pi blanc), però només és dominant en un 5,5 % (mentre que el pi blanc domina a gairebé quatre de cada cinc de les parcel·les on és present, el roure només domina en una de cada cinc). Considerat en aquest sentit ampli, aquest roure és una de les espècies més esteses pel territori (n'hi ha a totes les vegueries), sobretot a la meitat nord.

Aquests roures són presents al mateix nombre de parcel·les que el pi blanc i només queden per darrere de l'alzina i el pi roig. En els propers anys poden presentar un augment més espectacular en el paisatge de Catalunya (major que qualsevol altra espècie en proporció a la seva actual àrea de distribució), en detriment de diverses espècies de coníferes.

Regeneren bé sota vols d'una gran quantitat d'espècies: pinastre, pi pinyer, pinassa, pi roig, pi blanc, alzina surera, alzina i, fins i tot, faig. D'aquesta manera, es comprèn que el conjunt de roures (martinenc, cerrioide i altres híbrids) sigui l'espècie acompanyant més abundant a 33.097 ha de pi roig (on, de mitjana, els roures apleguen el 13,77 % de l'àrea basal total), a gairebé un 18 % (17.860 ha) dels alzinars mixtos (on ocupen un 24 % de l'àrea basal total) i a 2.193 ha de fagedes (amb el 19,42 % de l'àrea basal), tal com mostra el quadre 4.8. A més a més, el roures apleguen el 14,78 % de l'àrea basal total en 22.923 ha de pinassa (quadre 4.9), el 13,50 % en 11.108 ha de pi blanc i el 10 % en 3.050 ha de pi pinyer. En els propers cent anys podria augmentar en unes 70.000 ha la seva actual àrea de domini en detriment d'aquestes coníferes. És l'espècie que en els propers anys pot presentar un augment més espectacular en el paisatge de Catalunya.

Els roures regeneren molt bé sota la seva pròpia ombra i a més rebroten vigorosament després d'un incendi forestal com mostra la figura 4.1; fins i tot els exemplars amb port arbustiu, un any o dos després del foc poden arribar a generar rebrots més grans que l'estructura aèria original (figura 4.15). Tanta capacitat de competir i tanta omnipresència fan pensar que aquests roures han d'experimentar un avenç molt considerable en els propers anys (vegeu també la introducció d'aquest capítol). Ara bé, algunes de les espècies competidores també regeneren bé sota un vol de roures, per la qual cosa aquestes interaccions competitives poden donar resultats diferents en funció de l'indret i de les característiques de les diferents espècies. Així, per exemple, l'estiu de 2003 es va posar de manifest que el roure martinenc pot sortir més mal parat de situacions de sequera severa que les coníferes amb les quals competeix i que l'alzina. Com a conseqüència de la sequera, en molt diversos llocs de la geografia de Catalunya el roure martinenc es va comportar com un caducifoli d'estiu (làmina 13), de manera que a principis d'agost molts exemplars ja presentaven totes les fulles seques. Si aquests episodis es repeteixen en anys successius, segurament poden afectar greument el creixement i la supervivència de l'espècie en determinats indrets.

A Catalunya hi ha uns 100 milions d'aquest roures i, per tant, considerats en aquest sentit taxonòmic ampli, són la cinquena espècie pel que fa a nombre d'exemplars. Se'ls pot trobar des dels 200 m fins per damunt dels 1.600 m, però són especialment abundants entre els 600 i els 1.200 metres d'altitud i no sembla haver-hi grans diferències pel que fa a orientació. Ara bé, quasi 9 de cada 10 d'aquests arbres tenen menys de 10 cm de diàmetre normal. Les comarques amb més roure martinenc (i híbrids) són Osona, amb més de 20 milions, el Pallars Jussà, amb més de 15 milions, el Berguedà, amb quasi 8 milions de peus i l'Alt Urgell i el Solsonès amb poc més de 7 milions cadascuna. Precisament a les comarques del Berguedà i del Solsonès és on més aviat es notarà l'augment considerable de les rouredes al paisatge forestal com a conseqüència directa dels grans incendis forestals dels anys 1994 i 1998. En canvi, a les Terres de l'Ebre els roures tenen una presència gairebé testimonial.

Fagus sylvatica

El faig és relativament rar a Catalunya o, millor dit, és present a poques comarques. Tanmateix, aquesta és la vuitena espècie més abundant (més de 36 milions de peus) i la segona espècie caducifòlia més abundant després del roure martinenc. Les fagedes estan molt concentrades al Ripollès (quasi 10 milions de peus), Garrotxa, Osona, Vall d'Aran i Berguedà. Però també hi ha fagedes a l'Alt Empordà, al Montseny (Selva i Vallès Oriental) i fins i tot petites clapes al Solsonès i al massís dels

Ports (làmina 14). A les muntanyes de Prades n'hi ha alguns exemplars, si bé no està ben establert quin ha estat el seu origen.

El faig mostra una marcada preferència per les orientacions nord i és especialment abundant entre els 800 i els 1.600 m. És una de les espècies que hi ha a Catalunya amb una fusta més preuada i d'una producció de fusta més notable: 5,4 m³/ha/any de volum amb escorça. Probablement per aquests motius en el passat ha estat sobreexplotat i, com a conseqüència, la seva àrea de distribució va anar minvant. Actualment es troba en expansió, especialment en detriment del pi roig. Nogensmenys, hi ha més de 8.000 ha de pi roig on el faig assoleix més del 15 % de l'àrea basal total enfront de poc més de 1.600 ha de faig on el pi roig representa més del 21 % de l'àrea basal total. Mentre que el faig regenera sense problemes sota un bosc dominat pel pi roig, aquest ho fa amb dificultat en un bosc dominat pel faig. El faig regenera perfectament sota la seva pròpia ombra i relativament bé a les avetoses i a les rouredes. Tanmateix, els avets, els roures i fins i tot les alzines també regeneren més o menys bé a les fagedes, tot i que pels requeriments ambientals d'ambdues espècies poques vegades coexisteixen en un mateix territori. Tot plegat fa que, mentre que en les interaccions entre pi roig i faig l'avantatge és pràcticament sempre pel faig, en les interaccions amb aquestes altres espècies es pugui donar un ampli ventall de resultats, possiblement en funció de l'orientació, el pendent i l'altitud de cada indret. D'aquesta manera hi ha prop de 1.500 ha de fageda amb una important presència de roure de fulla gran (19,95 % de l'àrea basal total) i també unes 500 ha de roure de fulla gran amb una important presència de faig (31,24 %); vora 2.200 ha de faig amb una important presència de roure martinenc (19,74 % de l'àrea basal) i unes 1.900 ha de roure martinenc amb una important presència de faig (20,54 % de l'àrea basal) i finalment, hi ha quasi 1.600 ha de fagedes amb una important presència d'avets (17,68% de l'àrea basal) i quasi 2.800 ha d'avetoses amb una important presència de faig (17,74 % de l'àrea basal).

Al IEFC, es va trobar faig en un total de 567 parcel·les. Però només al 7,6 % d'aquestes parcel·les hi era l'única espècie arbòria present, i això que les fagedes tendeixen a ser boscos força monoespecífics, i només el 34,4 % podien considerar-se estacions homogènies (és a dir, estacions on almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia al faig). Només al 47 % de les parcel·les on hi era present, el faig era l'espècie dominant pel que fa a l'àrea basal. En aquestes parcel·les, la densitat mitjana del faig era de 971 peus/ha, l'àrea basal mitjana de 23,7 m²/ha i l'altura dominant de 17,7 m. L'edat mitjana dels 274 arbres mostrejats era de 59 anys. Com mostren els quadres 4.6 i 4.7 no hi ha gaires diferències estructurals entre les fagedes monoespecífiques i la resta de fagedes.

Pinus pinea

El pi pinyer és la novena espècie pel que fa a hectàrees (unes 36.000) i l'onzena espècie pel que fa a nombre de peus (uns 19 milions). És una espècie que experimentarà un clar retrocés, sobretot perquè en bona part de la seva àrea de distribució presenta una regeneració escassa o nul·la i, en canvi, dins de la major part de les pinedes d'aquesta espècie s'observa un subvol dens d'alzines i, en menor mesura, roures.

El pi pinyer es va plantar majoritàriament per obtenir-ne els pinyons. En canvi, la seva fusta és poc preuada. Tot plegat fa que sigui l'única espècie a Catalunya que s'ha gestionat intentant aconseguir arbres baixos, per facilitar la recol·lecció de les pinyes. Actualment, amb la pèrdua d'interès en l'explotació dels pinyons (tot i que se'n continuen recollint les pinyes) i l'augment constant de segones residències al llarg de la costa catalana, el pi pinyer s'aprecia essencialment com a paisatge (figura 4.20), i d'una manera o altra, és així com aporta el seu major valor econòmic (difícil d'avaluar, però molt superior al que s'obtidria de l'explotació de qualsevol dels seus productes). Això, en bona part, és degut al fet que el pi pinyer és especialment abundant a la Selva (amb unes 8.200 ha), al Maresme (6.600 ha) i al Vallès Oriental (6.000 ha) i és l'espècie dominant a la serralada litoral, entre el Maresme i el Vallès Oriental, una zona densament poblada i amb una gran quantitat de segones residències.

Al IEFC, es va trobar pi pinyer en un total de 997 parcel·les (per tant, aquesta és la setena espècie pel que fa a presència en els boscos de Catalunya). Però només un 4,5 % d'aquestes

Figura 4.20. Pineda de pi pinyer a la Serra de Collserola



El pi pinyer configura un dels paisatges característics i apreciats de la costa catalana, sobretot de les comarques barcelonines.

parcel·les eren boscos monoespecífics de pi pinyer i només el 15,6 % podien considerar-se estacions homogènies (és a dir, estacions on almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia al pi pinyer), el que representa que aquesta és l'espècie amb una proporció més baixa de masses homogènies entre totes les espècies relativament abundants a Catalunya. A més, només al 33,7 % de les parcel·les on hi era present dominava pel que fa a l'àrea basal. En aquestes parcel·les, la densitat mitjana de pi pinyer era de 360 peus/ha, l'àrea basal mitjana de 14,3 m²/ha i l'altura dominant d'11,4 m. L'edat mitjana dels 270 arbres mostrejats era de 42 anys.

A les pinedes monoespecífiques (quadre 4.6) de pi pinyer hi ha força menys arbres que a la resta (quadre 4.7) i en canvi hi ha molt poca diferència pel que fa a l'àrea basal o al volum amb escorça. Això es deu al fet que, en aquest cas, les espècies acompanyants tenen un port molt més modest que el pi pinyer, i actualment contribueixen poc a la biomassa total del bosc, tot i que es pot preveure que aquesta situació canviarà amb el temps. Tan és així, que més de la meitat de les 36.000 ha de pinedes de pi pinyer de finals del segle XX s'hauran convertit en alzinars, suredes i rouredes de roure martinenc o de roure africà en els propers 100 anys.

Abies alba

Més de la meitat del total d'avets que hi ha a Catalunya (i més de la meitat de les existències de fusta en volum amb escorça) són a la Vall d'Aran, on l'avet és l'espècie més abundant, amb uns 7 milions de peus. Allà l'avet és present a més de la meitat dels boscos. Més de 5,5 milions d'aquests avets es troben constituint veritables avetoses, que abasten una superfície d'un 7.000 ha. A la Vall d'Aran hi ha gairebé la meitat de les existències d'avet en nombre de peus i més de la meitat en volum amb escorça de Catalunya. En canvi, l'avet és una espècie relativament rara a Catalunya (13.346 ha). Queda palès que, en qüestió de boscos, la Vall d'Aran és una comarca única a Catalunya. És la comarca més forestal i, al mateix temps, una de les comarques menys boscoses entre les eminentment forestals. Això conforma un paisatge força divers i equilibrat, dominat pels prats i pastures, però on també tenen una important presència els boscos d'avets i els boscos caducifolis (sobretot fagedes), els matollars i els terrenys sense vegetació (rocams i tarteres, fonamentalment). La segona comarca amb més avets és el Pallars Sobirà i la tercera l'Alt Urgell.

El paisatge de la Vall d'Aran, tan rar dins el conjunt de Catalunya, de ben segur juga un paper important pel que fa a l'interès que desperta aquesta comarca en el conjunt dels ciutadans.

Al l'Alt Pirineu i Aran l'avet és la tercera espècie més abundant entre els 1.600 m i 1.800 m i presenta una marcada preferència per les orientacions nord.

A l'IEFC, es van trobar avets en un total de 230 parcel·les, gairebé a la meitat de les quals l'avet era l'espècie dominant en àrea basal. A aquestes parcel·les, la densitat mitjana d'avet era de 832 peus/ha, l'àrea basal mitjana de 36,6 m²/ha i l'altura dominant de 22 m (figura 4.21). Les avetoses (sobretot les de la Vall d'Aran) són boscos formats majoritàriament per arbres més grans i més vells que els boscos d'altres espècies a Catalunya (quadres 4.6 i 4.11 i figura 4.22).

L'estructura de les avetoses s'allunya espectacularment dels valors mitjans que trobem a la major part de boscos a Catalunya (vegeu el darrer apartat d'aquest capítol). Mentre en algunes comarques de Catalunya es parla de boscos fent referència a masses forestals amb peus de 4 o 5 m d'alçada, l'altura dominant dels avets a la Vall d'Aran és de 23,5 m (figura 4.21). Dins les avetoses, les diferències estructurals també són espectaculars entre les masses pures (quadre 4.6) i la resta (quadre 4.7). Les avetoses monoespecífiques estan constituïdes per menys arbres, però notablement més grans, la qual cosa fa que de mitjana tinguin fins a un 35 % més de volum amb escorça.

En el cas de la Vall d'Aran, aquestes diferències estructurals dels boscos no es limiten als avets sinó que, més aviat, són generals: l'altura dominant mitjana de l'avet en aquesta comarca és de 23,5 m (un metre més que la mitjana de tot Catalunya, 22 m); la del faig és de 19,2 m (en front dels 17,7 m de mitjana a Catalunya); la del pi roig, de 17,1 metres (13,1 m a Catalunya) i la del pi negre, de 15,7 m (13,4 m). Quelcom semblant passa amb els diàmetres normals mitjans dels arbres: en front dels 26,7 cm, 19,5 cm, 18,3 cm i 20,1 cm, 1 cm de mitjana a Catalunya per a l'avet, faig, pi roig i pi negre, a la Vall d'Aran els valors són respectivament 27,1 cm, 26,2 cm, 31,9 cm i 26,1 cm. Naturalment, si els arbres són més alts i de major diàmetre, la mitjana per hectàrea del volum amb escorça per a cadascuna d'aquestes espècies serà molt superior a la Vall d'Aran: així trobem gairebé 350 m³ en el cas de l'avet (respecte els 312 m³ del total de Catalunya), 263 m³ en front de 155 per al faig, 269 m³ en lloc de 109 m³ per al pi roig i 221 en lloc de 144 m³ pel pi negre.

Què hi tenen de particular per haver assolit aquestes mides i haver acumulat aquestes quantitats de fusta? Doncs, a part d'un clima més humit, més anys de creixement (figura 4.22). Mentre que la mitjana dels testimonis de fusta obtinguts a tot Catalunya de pi roig és de 49 anys, la mitjana de les mostres obtingudes a la Vall d'Aran és de 83 anys; en el cas del pi negre, aquests valors són de 75 i 97 anys, en el cas del faig 59 i 68

Figura 4.21. Estructura d'una avetosa i exemplar de l'espècie



A l'esquerra s'observa un bosc mixt d'avet i faig (Vall d'Aran). Observeu com els avets, exemplars de diàmetres normals al voltant d'un metre i alçades superiors als 20 metres sobresurten per damunt del faig. A la dreta, un avet de grans dimensions fotografiat davant dels Encantats.

i els testimonis de fusta d'avets extrets a la Vall d'Aran (152) tenien una mitjana de 103 anys enfront del 87 de mitjana a tot Catalunya.

L'avet té una producció notable, 8,4 m³/ha/any en volum amb escorça i un fusta preuada. En el passat recent, això va comportar una sobreexplotació que explicaria la seva reduïda àrea de distribució actual. Però, actualment, l'avet és una espècie en expansió, sobretot en detriment del pi roig i del pi negre. Nogensmenys, sempre que hi ha presència d'avet a les pinedes de pi roig s'observa regeneració d'avet i quasi sempre en el cas de les pinedes de pi negre i, en canvi, la regeneració de pi roig, quan és present a les avetoses, és rara i la del pi negre, només es produeix en la meitat dels casos. D'altra banda, hi ha quasi 3.300 ha de pinedes de pi negre amb una presència important d'avet (19,52 % de l'àrea basal), poc més de 1.700 ha d'avetoses amb una important presència de pi negre (15,74 % de l'àrea basal), hi ha unes 900 ha més de pinedes de pi roig amb força avets (18,13 % de l'àrea basal) i unes altres quasi 500 ha d'avetoses amb força pi roig (30,34 % de l'àrea basal). Aquest percentatge tan elevat d'àrea basal de pi roig en aquestes avetoses és indicatiu, com ja s'ha comentat abans, del fet que, en realitat, es tracta d'antics boscos de pi roig (els pocs arbres que hi ha són molt grans) que han acabat dominats per l'avet (ha arribat més tard i, per tant, els arbres d'aquesta espècie són d'un diàmetre menor).

L'espècie que regenera millor a les avetoses, en segon lloc després de l'avet, és el faig (figura 4.21). I segurament passa el mateix amb l'avet a les fagedes. Això està en consonància amb les, gairebé, 2.800 ha d'avetoses amb una presència important de faig (17,74 % de l'àrea basal total) i les quasi 1.600 de fagedes amb una presència important d'avet (17,68 % de l'àrea basal).

Figura 4.22. Edat mitjana dels testimonis de fusta de l'IEFC per espècies



Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Pinus pinaster

El pinastre és l'onzena espècie pel que fa a nombre d'hectàrees (unes 14.000) i la catorzena espècie pel que fa a nombre de peus (uns 12,5 milions). És una espècie característica de les Comarques Gironines, on es concentren al voltant de tres quartes parts de les existències d'aquesta espècie a Catalunya, i especialment de la comarca de la Selva, que concentra més del 41 % del total de pinastres. El pinastre comparteix la seva àrea de distribució essencialment amb l'alzina surera i el pi pinyer. També es troben en aquesta àrea alzines i roure martinenc; aquestes dues espècies, com també l'alzina surera, regeneren millor sota el pinastre que ell mateix. Tanmateix, bona part de les masses de pinastre a Catalunya provenen de reforestacions (figura 4.23) i de plantacions destinades a la producció de fusta. De fet, l'any 1993 aquestes plantacions forestals acumulaven pràcticament la meitat de les existències d'aquesta espècie a Catalunya.

A Catalunya, el pinastre es planta per obtenir fusta, atès que ofereix una producció elevada; de fet, la més elevada entre les coníferes, fins als 9,3 m³/ha/any de mitjana en volum de fusta amb escorça a l'àrea de major presència (Comarques Gironines) i 8,6 m³/ha/any a tot Catalunya. Habitualment té un marc de plantació ben definit, les plantacions són denses i es fan tallades arreu; el torn és curt. Per tant, no és estrany que la mitjana d'edat dels arbres mostrejats a l'IEFC es moguéssin entre els 19,6 anys dels arbres d'entre 5 i 10 cm de diàmetre normal

Figura 4.23. Repoblació forestal de pinastre a les Muntanyes de Prades



Entre els anys 1940 i 1960 es van fer nombroses repoblacions de coníferes en aquest indret, una part de les quals foren de pinastre. Encara es pot observar perfectament el marc regular de la plantació.

i els 27,2 anys dels arbres d'entre 35 i 40 cm. La fusta del pinastre s'aprofita bàsicament per a la fabricació de palets.

La immensa majoria de pinedes de pinastre estan per sota de la cota 400 m i és rar trobar-les orientades al sud o a l'est. Acostumen a trobar-se en terrenys de pendent moderat. A l'IEFC, es va trobar pinastre en un total de 302 parcel·les (el 2,84 % del total de parcel·les mostrejades). Entre les 17 espècies més abundants a Catalunya (quadres 4.2 a 4.5), només el castanyer té una àrea de distribució més reduïda. El 20,5 % d'aquestes masses forestals de pinastre podien considerar-se homogènies (és a dir, almenys un 80 % de l'àrea basal total corresponia al pinastre) i el 40,4 %, dominants en àrea basal. A aquestes parcel·les, la densitat mitjana del pinastre era de 696 peus/ha, l'àrea basal mitjana de 15,5 m²/ha i l'altura dominant de 12,8 m. L'edat mitjana dels 164 arbres mostrejats era de 23 anys, la més baixa, amb diferència, entre les coníferes autòctones.

No hi ha gaires diferències pel que fa a àrea basal i nombre de peus per hectàrea entre les pinedes monoespecífiques (quadre 4.6) de pinastre i la resta (quadre 4.7). En aquestes darreres, el pinastre es troba sovint barrejat amb l'alzina sureira; de fet, hi ha unes 4.800 ha d'aquestes pinedes on l'alzina surera representa de mitjana el 20,44 % de l'àrea basal total, i també amb el pi pinyer. En aquest cas hi ha unes 1.900 ha de pinastre on el pi pinyer representa fins al 23,92 % de l'àrea basal del bosc. També hi ha quasi 4.300 ha de boscos d'alzina sureda on el pinastre té una presència important (23,85 % de l'àrea basal total) i unes 1.000 ha de pi pinyer on el pinastre té també una presència important (en aquest cas el 21,70 % de l'àrea basal total).

Castanea sativa

El castanyer era l'any 1993 l'onzena espècie pel que fa a existències en nombre de peus (uns 20,6 milions). Té una àrea de distribució reduïda (només és present en unes 28.000 ha i dominant en unes 12.200 ha), concentrada sobretot a l'oest de la comarca de la Selva (8.800 ha i 13,5 milions de peus) i a Osona, a la zona límit amb la Selva, on hi ha gairebé 2 milions de peus. És present però a totes les comarques gironines i també al Vallès Oriental, al Maresme i a les muntanyes de Prades. Es tracta, gairebé en tots els casos, d'explotacions forestals destinades a la producció de fusta. El castanyer és una de les espècies més productives que hi havia a Catalunya (7,2 m³/ha/any de mitjana en volum amb escorça). Les castanyedes a Catalunya es tallen arreu cap als 20 anys, quan els arbres assoleixen la mida de perxes (perxades de castanyer). Després de la tallada, el castanyer rebrota abundantment de soca i habitualment al cap d'uns anys se seleccionen els tres tanys més vigo-

rosos de cada soca, i se n'elimina la resta. Tanmateix, en els darrers anys, hi ha una tendència a substituir el castanyer per d'altres espècies, atès que les castanyedes han experimentat una considerable pèrdua de rendibilitat com a conseqüència de dues plagues: el xancre i la tinta.

Les castanyedes comparteixen amb les avetoses els índex d'àrea foliar més elevats entre els boscos de Catalunya (quadre 4.3); com a conseqüència, són boscos sense pràcticament sotabosc. El quadre 4.4 mostra que en un 45 % de les Parcel·les on domina, no hi ha cap espècie acompanyant i en un altre 30 %, només una (majoritàriament alzina, en unes 1.200 ha on representa un 20,2 % de l'àrea basal, quadre 4.8). Al 25 % restant de castanyedes hi ha dos o més espècies.

Les castanyedes es troben gairebé exclusivament en orientacions nord i són especialment abundant entre els 400 i els 1.000 m en zones de fort pendent. A la franja compresa entre els 600 i els 1.000 m arriben a representar prop del 25 % dels boscos de les comarques de la Selva i de l'Alt Empordà en aquest interval

Al IEFC, es va trobar castanyer en un total de 246 parcel·les. Al 19,5 % de les quals el castanyer era l'única espècie arbòria present i una tercera part de les parcel·les podien considerar-se homogènies (és a dir, estacions on almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia al castanyer). Només al 42,3 % de les parcel·les on hi era present, el castanyer era l'espècie dominant en àrea basal. En aquestes parcel·les, la densitat mitjana de castanyer era de 1.339 peus/ha, l'àrea basal mitjana de 17,6 m²/ha i l'altura dominant de 12,3 m. L'edat mitjana dels 71 arbres mostrejats era de 16 anys, la més baixa entre les espècies més abundants a Catalunya.

Quercus petraea

A Catalunya, hi ha uns 12,5 milions de roures de fulla gran (quatre milions al Ripollès) i unes 9.000 ha de rouredes d'aquesta espècie. El roure de fulla gran es concentra bàsicament a la zona que limita amb les comarques del Ripollès, la Garrotxa i Osona. En aquestes comarques hi ha dues tercers parts de les rouredes d'aquesta espècie. L'Alt Empordà, el Pallars Sobirà i la Vall d'Aran són les altres comarques on és relativament abundant.

Podem trobar roure de fulla gran des de poc més dels 200 m de cota fins a prop dels 1.800 m. En un rang tan ample d'altituds, entra en competència amb una quantitat considerable d'espècies. Malauradament, es disposa de poques dades per poder treure alguna conclusió sobre la previsible evolució de la seva distribució. Regenera força bé sota el seu propi vol, sota alzina

i pi roig. L'alzina, per la seva banda, també regenera bé sota aquestes rouredes i és l'espècie acompanyant més abundant en 1.795 ha on representa un 18 % de l'àrea basal total. El roure de fulla gran es troba com a espècie acompanyant a quasi 1.700 ha de pi roig (on representa un 17,51 % de l'àrea basal), a quasi 1.500 ha de fagedes (amb un 20 % de l'àrea basal) i a més de 1.300 ha d'alzinars, on representa un 26,3 % de l'àrea basal total. D'aquestes dades, es pot intuir que aquestes rouredes estan invadint una part de les pinedes de pi roig i de les fagedes, però que, en altres zones de la seva àrea de distribució, són elles les invadides pels alzinars.

De tota manera, la comparació de l'estructura d'una roureda madura (figura 4.24) amb la que presenten la majoria d'aquestes rouredes, fa pensar que, més aviat, es troba en una certa expansió ja que es pot considerar que la major part de les rouredes de roure de fulla gran que hi ha avui en dia són força

Figura 4.24. Roureda de Can Pascal (Camprodon)



Aquesta roureda presenta una estructura molt més madura que la mitjana d'aquesta espècie a Catalunya. Es tracta d'una roureda amb arbres de fins a més de 170 anys, una densitat al voltant dels 600 peus/ha, que a les zones amb arbres més grans baixa fins al voltant dels 400 peus/ha, una àrea basal mitjana d'uns 28 m²/ha i unes existències en volum de fusta de més de 180 m³/ha.

denses: 957 roures per hectàrea de mitjana a les parcel·les on l'espècie és dominant i majoritàriament integrades per arbres joves, vora els 46 anys de mitjana per als 102 arbres mostrejats arreu de Catalunya, però de mida relativament gran: 17,8 m²/ha d'àrea basal mitjana i 15,1 m d'altura dominant (valors superiors als del roure martinenc, però inferiors als del faig).

A l'IEFC, es va trobar roure de fulla gran a 262 parcel·les. Però només al 5,3 % d'aquestes era l'única espècie arbòria present i només un 17,9 % de les parcel·les podien considerar-se homogènies (és a dir, parcel·les on almenys un 80 % de l'àrea basal del bosc corresponia al roure de fulla gran). Només al 32,4 % de les parcel·les on era present, el roure de fulla gran era l'espècie dominant pel que fa a àrea basal. En aquestes parcel·les, només hi havia un 14,7 % d'arbres d'almenys 20 cm de diàmetre normal.

Altres espècies

Hi ha encara altres espècies relativament abundants a Catalunya. D'aquestes, l'arboç (*Arbutus unedo*) és la més estesa (és present a gairebé 60.000 ha) i la més abundant (més de 31 milions de peus). Tanmateix, aquesta espècie a Catalunya presenta generalment un port més aviat arbustiu, per la qual cosa aquí no s'acostuma a parlar de boscos d'arboç (només és dominant en àrea basal en unes 3.000 ha, a més de la meitat de les quals està acompanyat d'alzines i sureres en unes elevades proporcions d'àrea basal, entre un 25 i un 36 % respectivament; d'altra banda, l'arboç acompanya aquestes espècies en proporcions d'àrea basal molt menors, entre el 16 i el 18 %, en unes 10.000 i 12.500 ha cadascuna), tot i que en d'altres indrets de la península Ibèrica realment hi ha boscos d'arboç. A l'IEFC, es va trobar arboç en 546 estacions, de les quals només en un 5 % hi dominava. Un cas semblant és el de l'avellaner (*Coryllus avellana*), present només a unes 20.000 ha i espècie acompanyant de fagedes, rouredes i pinedes de pi roig.

El roure de fulla menuda (*Quercus faginea*) és una altra d'aquestes espècies relativament abundants; amb poc més d'11,7 milions de peus (quadre 4.2), no arriba a les 8.000 ha, de les quals, en una quarta part no l'acompanya cap espècie arbòria i a la resta, trobem, sobretot, alzina i pinassa (quadres 4.8 i 4.9). Se'n troba, sobretot, a la comarca de la Noguera i al límit entre les comarques de la Segarra, l'Anoia i la Conca de Barberà; és present, també, a moltes altres comarques (en unes 42.000 ha en total). A l'IEFC, es va trobar roure de fulla menuda en 355 parcel·les i només en un 20 % era l'espècie dominant. Hi ha altres espècies de roures a Catalunya que formen algunes clapes de bosc. Són: el roure pènel (*Quercus robur*, sobretot present a tres zones, una a cavall entre les comarques del

Ripollès, la Garrotxa i Osona, l'altra al nord de la Vall d'Aran i del Pallars Sobirà i l'altra a les comarques de la Selva, Gironès i nord del Maresme), el roure africà (*Quercus canariensis*, relativament freqüent al Vallès Oriental, al Maresme, a la Selva, al Gironès i a la Garrotxa i també present en algunes altres comarques) i el reboll (*Quercus pyrenaica*, només present a les muntanyes de Prades).

La tercera d'aquestes altres espècies, pel que fa a nombre total de peus a Catalunya, és el bedoll (*Betula pendula*, figura 4.25) amb 11,6 milions de peus. És especialment abundant al Pallars Sobirà (8,3 milions de peus), on es concentren més del 70 % de les existències, i relativament abundant al Ripollès (1 milió de peus), Vall d'Aran i Alt Urgell. El bedoll a Catalunya es troba majoritàriament entre els 1.200 i els 1.800 m, tot i que n'hi ha entre els 1.000 i els 2.000 m. És abundant en vessants orientats al nord-est i nord-oest. A l'IEFC, es va trobar bedoll en un total de 303 parcel·les. Tanmateix, només n'era l'espècie dominant, en àrea basal, en el 18,2 %, en una extensió de 6.323 ha, de les quals el 80 % té espècies acompanyants, fonamentalment pi roig i roure de fulla gran (quadres 4.8 i 4.9). L'edat mitjana dels 62 bedolls mostrejats fou de 39 anys.

Figura 4.25. Exemplar de bedoll davant dels Encantats



Diverses espècies del gènere *Acer* (auró negre o *Acer monspessulanum*, auró blanc o *Acer campestre* i blada o *Acer opalus*) estan força escampades arreu i, tot i que acostumen a aparèixer més o menys dispersos en boscos dominats per un llistat ampli d'espècies, s'ha arribat a trobar alguna clapa important d'auró negre a l'Alt Empordà i al Pallars Sobirà. Quelcom semblant es pot dir de diverses espècies del gènere *Sorbus*. La moixera (*Sorbus aria*) i la moixera de pastor (*Sorbus torminalis*) són presents en boscos d'una gran quantitat d'espècies, i la moixera de guilla (*Sorbus aucuparia*) és una espècie molt present al paisatge pirinenc. Hi ha, també, un conjunt d'espècies forestals plantades per produir fusta, originàries d'arreu del món. A Catalunya, aquestes plantacions es limiten, gairebé exclusivament, al Montseny i les seves rodalies. Es troben plantacions de diverses espècies dels gèneres *Pinus*, *Picea* i *Cedrus*, també n'hi ha de *Pseudotsuga menziessi*, de *Larix decidua* i, sobretot, d'*Eucaliptus*. La major part d'aquestes plantacions d'eucaliptus, però, es van fer en una època en què hi havia una demanda important d'aquesta fusta per a la producció de pasta de paper a les comarques gironines. Tanmateix, un cop tancada la planta productora de pasta, no s'han fet noves plantacions d'aquesta espècie. Es dona la circumstància que aquelles plantacions d'eucaliptus es van fer en el seu dia sobre suredes cremades, cosa que, segurament, avui en dia ningú faria.

La resta d'espècies arbòries relativament abundants estan més o menys relacionades amb els cursos d'aigua. Aquest és el cas dels freixes, els salzes, el vern, els oms, els til·lers, els plàtans, els pollancre, l'àlber o aube i el trèmol. Tot i que la densitat de mostreig de l'IEFC no permet aportar gaire informació sobre l'estructura d'aquests boscos, almenys pel que fa a la distribució d'algunes d'aquestes masses forestals, l'MCSC de 1993 aporta una informació adequada. Aquest és el cas dels boscos de ribera (considerats d'una manera global) i de les plantacions de pollancre i de plàtans. Així, segons l'MCSC, a Catalunya hi havia l'any 1993 unes 14.000 ha de boscos de ribera. Aquestes formacions eren especialment abundants a les Comarques Gironines (unes 5.200 ha) i a l'Alt Pirineu i Aran (gairebé 3.700 ha). Aquestes dades de superfície de boscos de ribera són de gran interès, atès l'absolut desconeixement que hi havia d'aquestes xifres fins ara, tant per la manca d'estudis específics com pel fet que la cartografia, en general massa grollera, emprava un nivell de resolució pel qual els boscos de ribera (gairebé sempre molt fragmentats) no quedaven prou reflectits. Tanmateix, és possible que la superfície real de bosc de ribera sigui un xic inferior atès que és possible que en alguns casos s'hagi inclòs algun canyar d'*Arundo donax* dins d'aquesta categoria (això segurament quedarà esmenat a la segona edició de l'MCSC que s'obté a partir d'unes ortofotos de molt millor resolució que les de la primera edició). D'altra banda, mentre que aquests boscos són una peça important per a la connectivitat entre els hàbitats naturals, i malgrat la legislació vigent n'au-

Figura 4.26. Plantació de pollancre



A Catalunya l'any 1993 hi havia unes 5.500 ha d'aquest tipus de plantacions i unes 1.100 ha, de plàtans.

ria d'assegurar una certa protecció, han estat tradicionalment molt maltractats.

Pel que fa a les plantacions de pollancre (figura 4.26), a Catalunya n'hi havia l'any 1993 unes 5.500 ha, molt concentrades a les Comarques Gironines (3.800 ha). Finalment, en aquesta zona també es concentraven dues terceres parts de les poc més de 1.000 hectàrees de plantacions de plàtans que hi havia a Catalunya l'any 1993. Sembla que aquest tipus de plantacions actualment encara estan en augment i en les zones on es duen a terme constitueixen una alternativa als conreus que allí es feien.

La resta d'espècies són tan poc abundants, que un inventari d'abast nacional com l'IEFC no permet aportar gairebé cap altra informació que constatar la seva presència més o menys extensa sobre el territori (quadre 4.1). A l'IEFC, també es va detectar l'existència d'alguna teixeda (*Taxus baccata*) i de petites clapes de grèvol (*Ilex aquifolium*).

• • • • • Els arbres

Convé acabar aquest capítol parlant una mica de com són els arbres que hi ha als boscos de Catalunya.

De vegades els arbres no ens deixen veure el bosc. Aquesta és una frase que ha fet una certa fortuna a la literatura, però la realitat és que, sovint, el bosc no ens deixa veure els arbres.

Aquesta afirmació és tant certa que segurament fins que no s'han vist per televisió els troncs cremats d'una immensa quantitat d'arbres atapeïts i menuts que s'estenien per un mar de socarrim allà on tothom pensava en un bosc abstracte integrat per arbres de debò –un bosc que bàsicament a casa nostra es limita a la Vall d'Aran i alguns altres racons dels Pirineus, una part dels boscos de la comarca de la Selva, bona part de les pinedes de pi pinyer i una part dels boscos del massís dels Ports– no es va començar a tenir consciència de com són els arbres que tenim als boscos de Catalunya i, en definitiva, com són aquests boscos. I és que, de fet, els arbres del bosc són, fins i tot, difícils de fotografiar (i ja se sap que, a l'inici del segle XXI, el que no es veu amb claredat no existeix).

El quadre 4.11 mostra els valors mitjans dels paràmetres estructurals dels arbres de les principals espècies. Com es pot observar, per a la major part d'aquestes espècies, aquests valors mitjans són lluny de la imatge que hom té d'un arbre (figura 4.27).

Considerant només les espècies més abundants a Catalunya, els avets són els arbres més alts, seguits de faigs, roures de fulla gran i castanyers. Per sota, totes les espècies de pins. Encara més baixos són la resta d'espècies de roures, les alzines i les sureres. Hi ha una relació molt estreta entre l'altura mitjana d'aquestes espècies (figura 4.27) i el volum amb escorça (quadre 4.3). Les espècies amb arbres de diàmetre més gran són el pi pinyer, l'alzina surera i el pinastre. Pel que fa als diàmetres de capçada, la mitjana dels arbres mesurats de cadascuna de les espècies varia entre els 2,02 m de l'arboç i els 4,65 del faig. El pi pinyer és el pi amb una capçada més desenvolupada, segueixen pi roig i pi blanc; per contra, el pi negre, la

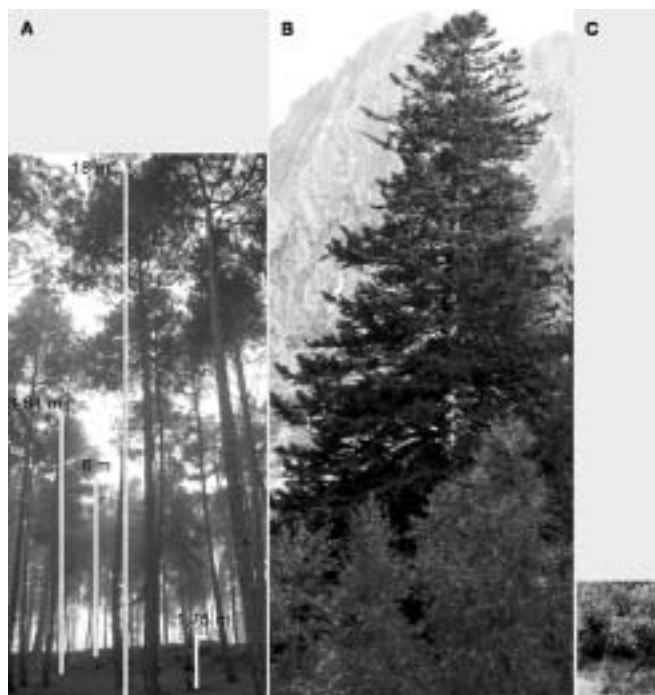
Quadre 4.11. Característiques estructurals dels arbres de les principals espècies arbòries de Catalunya

Espècie	Altura (m)	n	DBH (cm)	n	DC (m)	n	Edat anys	CMA (mm)	n	δ Fusta (g/cm ³)	n	CCA (mm)	n
<i>Abies alba</i>	13,61	796	18,09	3.558	3,88	443	87	1,54	152	0,51	76	1,64	608
<i>Fagus sylvatica</i>	12,77	1.771	14,93	8.896	4,65	879	59	1,63	274	0,69	124	1,69	1.334
<i>Quercus petraea</i>	11,29	533	14,38	3.020	3,91	279	46	2,02	102	0,73	55	1,51	420
<i>Castanea sativa</i>	10,38	424	13,19	3.088	3,17	378	16	3,75	71	0,59	31	2,43	160
<i>Pinus pinaster</i>	9,95	509	18,46	2.756	2,81	466	23	3,24	164	0,52	49	2,58	261
<i>Pinus sylvestris</i>	9,69	11.399	15,82	55.644	3,26	6.130	49	1,85	1.930	0,55	1.252	1,47	7.756
<i>Pinus uncinata</i>	9,69	3.070	16,72	15.443	2,78	1.747	75	1,48	541	0,52	339	1,28	2.125
<i>Pinus nigra</i>	8,84	6.324	14,10	36.447	2,80	3.806	53	1,39	1.180	0,62	827	1,32	4.118
<i>Pinus halepensis</i>	8,75	10.891	15,14	42.887	3,07	6.066	42	1,79	1.895	0,61	1.002	1,68	7.171
<i>Betula pendula</i>	8,67	304	10,77	2.667	2,78	261	39	1,82	62	0,60	27	1,49	126
<i>Pinus pinea</i>	8,62	1.219	23,16	5.969	3,85	718	42	1,97	270	0,59	145	1,87	830
<i>Quercus humilis</i>	8,59	2.585	11,62	17.314	3,11	1.398	43	1,50	344	0,77	292	1,14	1.729
<i>Quercus cerrioides</i>	7,70	616	11,14	5.700	3,09	321	45	1,29	82	0,78	99	1,02	412
<i>Quercus suber</i>	6,47	1.952	20,60	10.207	3,04	1.505	—	—	—	0,83	138	1,10	121
<i>Quercus ilex</i>	6,44	7.996	9,96	73.292	2,66	6.474	—	—	—	0,90	711	1,06	2.447
<i>Quercus faginea</i>	5,94	494	9,97	2.824	2,48	330	39	1,26	79	0,79	80	0,80	278
<i>Arbutus unedo</i>	5,58	165	7,51	5.105	2,02	137	30	1,30	17	0,82	21	1,03	68

El quadre mostra els valors mitjans de l'altura, en m, el diàmetre normal (DN, en cm) el diàmetre de capçada (DC, en m), l'edat, el creixement mitjà anual (CMA o creixement mitjà, en mm, al llarg de la vida de l'arbre), la densitat de fusta (en g/cm³) i el creixement corrent anual (CCA o creixement mitjà dels darrers 5 anys), amb indicació del nombre d'arbres mesurats en cada cas, per a les principals espècies arbòries presents a Catalunya. Es destaquen els tres valors més alts de cada paràmetre: enen blau i negreta per al valor màxim, en negreta per al segon valor més gran i en blau per al tercer.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Figura 4.27. Diferents estructures de boscos a Catalunya



En realitat s'anomena bosc a un conjunt molt divers d'estructures forestals. Aquestes diferències no solament es donen en funció de l'espècie i de l'ambient on viu, sinó que també de la gestió i, per tant, de les condicions en què una espècie s'ha desenvolupat. A la imatge A es comparen alguns exemplars dominants d'una pinada de pinassa del Solsonès de fins a 18 m d'alçada (centre de la imatge) amb una persona (1,75 m, a la dreta de la imatge), amb una pinassa de la mateixa alçada que la mitjana dels 6.324 arbres d'aquesta espècie mesurats durant l'IEFC a Catalunya (8,84 m, a l'esquerra) i amb unes pinasses de 6 metres, corresponent a l'alçada mitjana dels 494 roures de fulla menuda mesurats durant l'IEFC a Catalunya. La imatge B mostra un avet de 23,5 metres d'altura i la C, unes alzines de 4 metres.

pinassa i el pinastre tenen una capçada menys desenvolupada. L'edat mitjana de les mostres de quasi totes les espècies està entre els 38 i els 49 anys (figura 4.22); només dues espècies arriben almenys als 75 anys de mitjana, l'avet i el pi negre i clarament per sota de tota la resta trobem les espècies que s'exploren d'una manera més intensiva, el castanyer i el pinastre; justament aquestes són les dues espècies de creixement més ràpid (més de 3 mm anuals de creixement mitjà i uns 2,5 mm de creixement corrent).

Figura 4.28. Proporció de fusta i branques a la biomassa aèria



La imatge mostra la proporció de fusta (barres de l'esquerra i eix superior) i de branques (barres a la dreta i eix inferior) en la biomassa aèria total per a les principals espècies arbòries de Catalunya.

Font: Sistema d'Informació dels boscos de Catalunya.

L'alzina és l'espècie amb una fusta més densa (quadre 4.11), alguns exemplars tenen una fusta més densa que la de l'aigua. Segueix l'alzina surera, els roures i el faig. Els pins i l'avet tenen fustes força menys denses que l'alzina.

Finalment, com es pot observar al quadre 4.12, la proporció de les diferents fraccions aèries (el que en definitiva acaba determinant en bona part l'aspecte de l'arbre) varia entre espècies d'una manera notable (figura 4.28). El pi més brancut és el pi pinyer i el menys, el pi negre; però la conífera amb menor proporció de biomassa de branques és l'avet. El planifoli menys brancut és el faig i el més brancut, l'arboç.

En definitiva, els boscos de Catalunya estan constituïts majoritàriament per arbres menuts. Tanmateix, arreu del territori hi ha exemplars de dimensions considerables (arbres monumentals).

L'avet constitueix l'excepció més evident a aquesta regla. És un arbre alt, sovint de diàmetre considerable. De mitjana, és el més vell i el que més volum de fusta acumula. Amés, és el que té una menor proporció de la seva biomassa acumulada a les branques.

El faig és gairebé tant alt com l'avet, però força més jove. És l'arbre amb una capçada més ampla, tot i que manté

Quadre 4.12. Mitjanes i proporcions de les diferents fraccions aèries de les principals espècies arbòries de Catalunya

	Biomassa (t/ha)					Proporció (%)			
	Fusta	Escorça	Branques	Fulles	Aèria total	Fusta	Escorça	Branques	Fulles
<i>Abies alba</i>	156,88	24,06	17,02	8,18	206,14	76,1	11,67	8,256	3,97
<i>Fagus sylvatica</i>	108,35	6,54	16,96	1,57	133,42	81,21	4,899	12,71	1,18
<i>Quercus petraea</i>	69,13	11,91	14,12	2,13	97,29	71,06	12,24	14,51	2,19
<i>Pinus uncinata</i>	66,92	9,77	10,86	4,35	91,90	72,82	10,63	11,82	4,73
<i>Castanea sativa</i>	57,30	5,98	12,50	2,42	78,20	73,28	7,647	15,98	3,09
<i>Pinus sylvestris</i>	47,50	8,38	13,31	2,77	71,96	66,01	11,65	18,49	3,85
<i>Pinus pinea</i>	29,16	9,15	16,65	2,89	57,84	50,41	15,81	28,79	4,99
<i>Pinus nigra</i>	34,53	8,46	9,68	2,85	55,52	62,2	15,23	17,43	5,14
<i>Quercus humilis</i>	36,75	8,46	8,49	1,71	55,40	66,33	15,27	15,32	3,09
<i>Pinus pinaster</i>	30,65	8,00	8,80	4,01	51,46	59,57	15,54	17,09	7,80
<i>Quercus ilex</i>	30,09	4,83	13,23	3,13	51,28	58,68	9,428	25,8	6,10
<i>Quercus cerrioides</i>	25,79	6,66	9,33	1,25	43,03	59,93	15,48	21,69	2,90
<i>Pinus halepensis</i>	22,73	6,36	9,12	1,74	39,96	56,88	15,92	22,83	4,36
<i>Betula pendula</i>	21,46	3,61	4,44	0,55	30,07	71,37	12,02	14,78	1,83
<i>Quercus faginea</i>	15,20	3,87	6,56	1,00	26,62	57,08	14,53	24,63	3,75
<i>Arbutus unedo</i>	10,47	0,33	8,25	1,41	20,45	51,2	1,596	40,33	6,88

El quadre mostra els valors mitjans de la biomassa, en t/ha, de cada fracció (fusta, escorça, branques i fulles) i de la biomassa aèria total i la proporció que cada fracció representa respecte al total de la biomassa aèria per a les principals espècies arbòries de Catalunya.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

la menor proporció de biomassa de fulles i la major proporció de la biomassa de fusta de totes aquestes espècies.

El roure de fulla gran té unes característiques semblants a les del faig, però, de mitjana, és més jove i, probablement també per això, una mica més baix.

El castanyer és, també, un arbre alt i, sobretot, jove. De les 17 espècies més abundants a Catalunya, és el que té el creixement més ràpid.

Generalment, el pinastre, el pi negre i el pi roig són, també, alts, s'acosten als 10 metres de mitjana. Però mentre que el pinastre assoleix aquesta alçada en 23 anys, el rajolet ho fa en 49 anys i el pi negre, en 75. De les 17 espècies més abundants a Catalunya, el pinastre és la conífera amb

una major proporció de fulles a la biomassa aèria i un creixement més ràpid. El pi negre, per la seva banda, és la que té una capçada menys desenvolupada, constituïda per branques primes i curtes.

La pinassa, el pi blanc i el pi pinyer són força més variables en alçada, tot i que són arbres d'uns 8 o 9 metres de mitjana. El pi pinyer és la conífera més brancuda de totes, seguit del pi blanc. El pi pinyer és l'espècie amb un diàmetre normal més gran. D'alçada semblant són els bedolls i els roures martinencs, tot i que amb uns diàmetres molt inferiors.

Els arbres de la resta d'espècies, en general, són baixos i, tret de l'alzina surera, de diàmetres molt menuts. Es tracta també d'arbres generalment molt joves i de creixement lent.

5. Gestió forestal

Introducció

Multifuncionalitat i sostenibilitat

Estructura del sector forestal a Catalunya

Els aprofitaments forestals

Eines per a la gestió sostenible dels boscos

5. Gestió forestal

Jordi Vayreda, CREAMF

Introducció

En les darreres dècades, s'ha produït una sèrie de canvis importants i ràpids que han afectat l'ús tradicional del bosc i la manera com es gestiona. Un dels més coneguts, sobretot per part dels propietaris, és la pèrdua continuada de la rendibilitat dels productes tradicionals del bosc (sobretot fusta i llenya) provocada per la contínua disminució del preu real de la fusta i per l'encariment de la mà d'obra.

Aquests canvis es produeixen en un moment en què el canvi climàtic exigeix una reorientació en la forma de gestionar els boscos. L'augment de la temperatura previst i la possible disminució de les precipitacions en l'àmbit mediterrani suposaran una disminució apreciable de l'aigua disponible per als boscos que obligarà, en certa manera, a replantejar els models de gestió actuals. D'altra banda, s'està produint un progressiu canvi en la sensibilitat de la societat envers el medi ambient, que genera una demanda d'un bosc «diferent», i per tant d'una gestió adequada a usos com el turístic, naturalista, recreatiu i educatiu. I la societat també percep cada cop més el bosc com un bé molt preuat per les funcions ambientals que proporciona de forma gratuïta.

En els capítols anteriors s'ha exposat l'estat actual dels boscos a Catalunya mitjançant una fotografia fixa, l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (IEFC) que ha permès d'avaluar quina és la situació actual dels boscos. En els capítols posteriors a aquest, es descriurà la seva dinàmica (successió ecològica) i com l'afecten les pertorbacions, fent un especial èmfasi en l'efecte dels incendis. En aquest capítol es tracta el bosc des de la perspectiva de la gestió forestal. En primer lloc, es fa una anàlisi de l'estructura actual del sector forestal a Catalunya i, a continuació, es fa un repàs dels principals tractaments silvícoles, incidint en els impediments a una gestió acurada dels boscos i analitzant quines en són les causes i quines les conseqüències. Finalment, es proporcionen algunes de les eines per a la gestió forestal sostenible que existeixen actualment i que poden ajudar a superar aquestes dificultats.

Multifuncionalitat i sostenibilitat

Quan actualment es parla de gestió forestal, cal tractar-la en el context de la multifuncionalitat i la sostenibilitat. Aquestes

són les dues paraules clau que regeixen el pensament actual sobre els boscos i que, arreu del món, orienten o haurien d'orientar la gestió i la política forestal. Els boscos són sistemes multifuncionals, que compleixen tres grans tipus de funcions: ambientals, socials i productives. En la seva vessant productiva, els boscos subministren béns naturals renovables, com els productes fustaners i els no fustaners (pastures, suro, pinyes, caça, bolets, etc.). Entre les funcions ambientals i ecològiques dels boscos, destaquen els serveis ecosistèmics que ens presen-ten, com la regulació de la composició atmosfèrica i del clima, el control del cicle hidrològic i de l'erosió del sòl, i el manteniment de la flora i la fauna associades. Entre les funcions socials, les més rellevants són els usos recreatius, educatius, i de lleure, i el paisatge agradable que constitueixen. Aquestes funcions socials donen peu a activitats econòmiques molt importants com el turisme, l'excursionisme, la cacera, etc.

Multifuncionalitat i sostenibilitat no són pas conceptes nous, i menys en l'àmbit forestal. El que ara anomenem multifuncionalitat es deia abans «ús múltiple dels boscos». Però hi ha una diferència important d'èmfasi: la multifuncionalitat incorpora explícitament la preocupació pels serveis ecològics generats pels boscos, cosa que va més enllà dels «usos» que se'n fa. De tota manera, la silvicultura sempre ha tingut com a objectius prioritaris la persistència i la millora de les masses forestals, i per tant ja contenia el nucli del concepte de sostenibilitat. Els termes multifuncionalitat i sostenibilitat forestals han estat incorporats a diferents textos legals i acords internacionals sobre els boscos, i s'han constituït en els barems amb els quals avaluar les polítiques i les pràctiques de gestió forestals.

Estructura del sector forestal a Catalunya

Macromagnituds forestals

La producció forestal representa una part molt petita del seu sector (que inclou també l'agricultura i la ramaderia): un 1,3 % dels més de 3.200 milions d'euros que es mouen de mitjana al sector cada any (quadres 5.1 i 5.2). La producció forestal total inclou els subsectors de la fusta, llenya, suro, caça i pesca fluvial, bolets, llavors i plançons forestals, fruits recollits i altres productes forestals. Les aportacions aproximades per al període 1994-2001 són de 42 milions d'euros (quadre 5.1). En percentatge, i depenent de l'any, la fusta representa entre un 19,7 i un 40,1 % (aquest últim correspon a l'any 1995, un any després dels incendis de 1994); la llenya entre un 3 i un 5 %; el suro, entre un 2 i un 3 %; la caça i la pesca, al voltant d'un 30 %, i al voltant del 40 % els bolets, els fruits i altres productes secundaris. Altrament, es pot veure com al voltant del 74 % del PIB forestal l'aporten activitats no fustaneres (quadre 5.2). Cal destacar, per tant, la gran contribució que representen en termes

Quadre 5.1. Producció forestal, en milions d'€, per anys i subsectors, i mitjana del període 1994-2001

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹	2001 ¹	1994-2001
Fusta	12,84	19,91	10,16	9,48	10,62	7,89	8,38	8,68	11,00
Altres	35,93	29,71	21,51	31,07	34,26	32,11	32,11	32,11	31,10
Total sector forestal	48,77	49,62	31,67	40,55	44,88	40,00	40,49	40,79	42,10
Total sector	2.835,02	2.858,63	3.196,43	3.161,42	3.108,15	3.205,87	3.639,70	3.850,68	3.231,99

¹ Dades provisionals.
Font: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

Quadre 5.2. Producció forestal, en percentatge, per anys i subsectors i mitjana del període 1994-2001

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000 ¹	2001 ¹	1994-2001
% fusta/sector forestal	26,3	40,1	32,1	23,4	23,7	19,7	20,7	21,3	25,9
% altres/sector forestal	73,7	59,9	67,9	76,6	76,3	80,3	79,3	78,7	74,1
% sector forestal/total	1,7	1,7	1,0	1,3	1,4	1,2	1,1	1,1	1,3

¹ Dades provisionals.
Font: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

de renda els recursos no fustaners. De tota manera, cal recordar que, a diferència de les explotacions fustaneres, la caça, la pesca i la recollida de bolets es duen a terme també en terrenys forestals no arbrats, i no només en els boscos.

El pes econòmic del sector forestal només representa l'1,3 % del que mou el sector de l'agricultura i la ramaderia anualment.

Si es divideixen els ingressos del sector forestal entre el nombre de finques forestals de propietat privada (unes 50.000 finques), s'obté un valor mitjà d'uns 900 €/finca/any, molt reduït, que dona idea del caràcter marginal o complementari que té l'activitat forestal en la major part de les explotacions. Ara bé, la majoria de les finques amb boscos no tenen activitat fustanera. Si només es tenen en compte aquelles finques amb més de 25 ha (llindar per sobre del qual es pot considerar que hi pot haver ingressos per aquesta activitat) el valor és de 5.000 €/any de mitjana per finca.

Segons dades de l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2000), l'any 1996 el nombre total de persones censades al sector forestal era de 1.568, un 2,2 % de les 70.891 persones censades en el conjunt del sector agrícola. L'única comarca del país on la silvicultura genera un cert nombre de llocs de treball és la Selva, amb un 14,7 % del total de l'ocupació agrària censada a la comarca i un 16 % del total de l'ocupació del sector forestal censada a Catalunya.

Dels 42 milions d'€ anuals que es mouen de mitjana en el subsector forestal, el 40 % correspon als bolets i el 30 % a la caça i a la pesca; per tant, més del 70 % del PIB forestal l'aporten activitats no fustaneres.

El total de persones ocupades a la indústria de primera transformació de la fusta (inclou empreses d'explotació de la fusta) era, l'any 1995, de 1.681 persones (segons el Departament d'Indústria, Comerç i Turisme) amb un total de 161 empreses. Això fa una mitjana de 10,4 persones/empresa, un valor molt baix que indica una atomització de l'activitat del sector important (moltes d'aquestes empreses són familiars, sobretot les relacionades amb l'explotació dels boscos).

Règims de propietat

Gairebé un 81 % de la superfície de bosc a Catalunya és privat (vegeu figura 5.1). Segons dades de finals de l'any 2003, un 20,7 % de la superfície forestal privada té un *pla tècnic de gestió i millora forestal* (en endavant PTGMF). La superfície de bosc privat amb pla tècnic ha anat creixent any rere any (cada any s'aproven nous PTGMF que s'afegeixen als ja existents) i es troba desigualment repartida pel territori. Les finques amb PTGMF es troben majoritàriament en sis comarques que, en ordre decreixent de percentatge de superfície forestal ordenada, són: el Berguedà amb un 50,2 %; el Berguedà amb un 50,2 %, Osona amb un 39,8 %, el Bages amb un 38 % (una bona

part de la superfície ordenada del Berguedà i el Bages s'està recuperant de l'incendi de l'any 1994), l'Alt Empordà i la Selva amb un 37,4 % i el Solsonès amb un 34,5 % (una part també important s'està recuperant de l'incendi de 1998). Entre les sis acumulen més del 61,5 % dels boscos amb PTGMF. És important remarcar que, de tot el bosc privat, fins a finals de l'any 2003, encara n'hi havia un 79,3 % que no tenia un PTGMF. A més, tot i que aquest percentatge anirà disminuint, no es preveu, almenys a curt i mitjà termini, que tot el bosc privat acabi dotat d'un PTGMF. Potser un dels motius principals és que una bona part de la propietat privada és molt petita (vegeu el següent apartat) i es troba situada en boscos mediterranis relativament secs i, per tant, molt poc productius.

Pel que fa al bosc públic, només representa el 19 % dels boscos catalans, dels quals un 72 % pertanyen a entitats locals, un 17,5 % a la Generalitat de Catalunya, i el 10,5 % restant són terrenys forestals de propietat privada amb consorcis i convenis. Set comarques reuneixen més del 45 % (gairebé 100.000 ha de bosc) dels boscos públics que, en ordre decreixent de percentatge de superfície pública, són: la Vall d'Aran amb el 100 % del seu bosc, el Pallars Sobirà amb un 76 %, la Cerdanya amb un 73 %, el Montsià amb un 63 %, el Baix Ebre i el Pallars Jussà amb un 52 % i l'Alta Ribagorça amb un 49 %

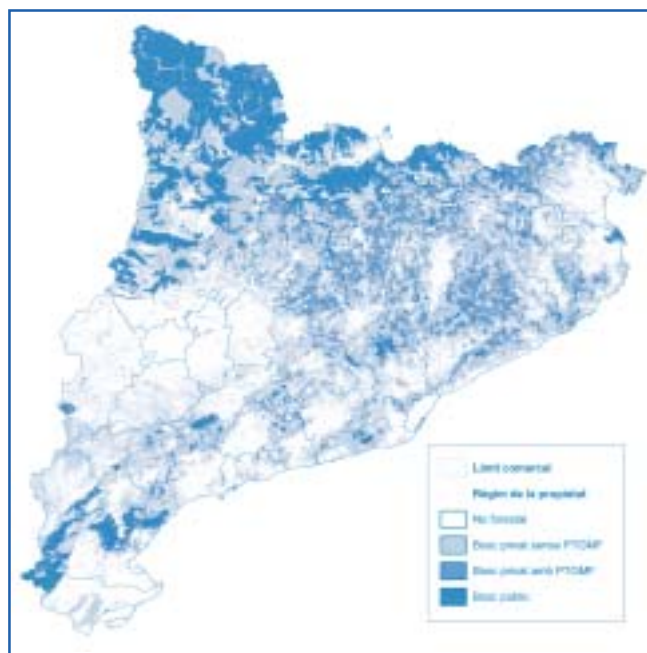
Fins a finals de l'any 2003, només un 20,7 % del boscos privats estaven dotats d'un PTGMF, és a dir, d'un instrument de gestió forestal que en garanteix un ús sostenible. Una part de l'altre 79,3 % no es gestiona i, si es fa, l'Administració no coneix amb gaire precisió quines actuacions s'hi duen a terme.

Dels boscos amb consorci o conveni cal dir que existeix una relació contractual amb l'Administració per a la seva repoblació forestal. Aquests boscos poden ser d'entitats locals o de propietat particular i se'ls considera gestionats directament per l'Administració forestal de la Generalitat. Per la seva banda, la majoria dels terrenys forestals de propietat pública a Catalunya són catalogats d'utilitat pública (un 82 % del bosc públic). Potser per aquest motiu, en alguns casos, els aprofitaments han passat a segon terme en benefici dels usos no fustaners (no productius).

El 82 % del bosc públic està catalogat com d'utilitat pública (protecció de les capçaleres dels rius) i per tant l'activitat fustanera hi ha passat a segon terme.

El motiu pel qual la majoria dels boscos públics es troben concentrats als Pirineus i altres parts culminals de Catalunya (vegeu figura 5.1) és que l'any 1859 es va fer una classificació general de forests d'utilitat pública i es va considerar aquests boscos d'interès per a la protecció de les capçaleres dels rius, de manera que van quedar fora de la desamortització de l'any 1855, conseqüència de l'aplicació de la Llei Madoz (Peix, 1999).

Figura 5.1. Distribució del tipus de bosc segons el règim de tinença



Actualitzat a finals de 2003. El mapa mostra la superfície de bosc segons el règim de tinença, calculada a partir de la superposició de tres capes SIG; d'una banda, el mapa de les forests públiques (DGMN); de l'altra, el mapa de finques amb PTGMF fins a l'any 2003 (CPF) i, finalment, la capa de les àrees forestals de l'MCSC (CREAF-DMAH). La part de bosc privat sense PTGMF surt per exclusió, és a dir, la que no és ni bosc públic ni bosc amb PTGMF.

Font: CREAM, DMAH i CPF segons el text de la figura.

Mida de les propietats forestals

La superfície mitjana de les finques de propietat privada és de 20 ha/finca. Aquesta dada es pot saber perquè es coneix el nombre de finques forestals (una mica menys de 50.000) i la superfície de la propietat privada (1 milió, en números rodons). Únicament unes 8.500 finques tenen una extensió de més de 25 ha però, en canvi, representen aproximadament el 80 % del bosc privat del país. Fins i tot aquestes darreres, que tenen una superfície d'aproximadament 100 ha/finca, encara estan molt lluny del valor mitjà de les finques de gestió pública amb 350 ha/finca.

Els preus dels productes forestals

Els preus de mercat de la fusta i la llenya quan arriben a indústria són molt variables i depenen a grans trets, i com és

lògic, de la mida, de la qualitat i de l'espècie. Segons la taula de preus del mercat de Vic i Girona per a finals de l'any 2003, els preus de fusta per a serra varien entre els 36 €/t per a fusta d'almenys 14 cm de pi blanc fins als 84 €/t que es poden arribar a pagar per al roure pèrol de més de 22 cm de diàmetre. Mentre que els pins se solen pagar entre els 36-50 €/t, en general, els planifolis es paguen millor: el preu mínim sol estar al voltant dels 48 €/t. Un cas apart són els pollancres, el preu dels quals varia segons la qualitat de la fusta que depèn en bona mesura del clon (sempre per diàmetre de més de 18 cm) entre els 43 i els 66 €/m³ ⁽¹⁾ (preus sobre camió). Tenint en compte les taxes de creixement del pollancre (un arbre aconsegueix almenys 18 cm de diàmetre en 12-14 anys), aquesta és de bon tros l'espècie que ofereix un rendiment més elevat. El plàtan, l'altra espècie cultivada, no creix a tan bon ritme i es paga a un preu inferior: 54 €/t.

El pollancre és l'espècie més rendible. En primer lloc, perquè, a més de ser de les que es paguen millor, és la que té un menor cost d'explotació. En segon terme, perquè és l'espècie que creix més ràpidament (torns de tallada de 12 anys) i, finalment, és l'única que té un preu referit al seu volum i no al seu pes.

En general, els preus de la fusta varien substancialment en funció del diàmetre. Aquesta variació es deu sobretot a l'actual demanda del mercat i no tant a l'interès del propietari. Això cal afegir que per aconseguir arbres de gran diàmetre (més qualitat) fa falta una gestió silvícola més acurada i torns de tallada més llargs. Això augmenta els costos de gestió fins arribar al moment de la tallada, que es compensen amb preus més elevats i amb una reducció substancial dels costos d'explotació.

El preu de la llenya està entre els 30 €/t per al faig, els 40 €/t per al roure i la llenya d'alzina que es pot arribar a pagar a 57 €/t. Com es pot veure, la llenya té un preu similar al de la fusta per a serra de qualitat. Això és degut, principalment, que sol té una comercialització en petits lots per a consum domèstic.

La fusta que té com a destí la trituració (majoritàriament per a tauler d'aglomerat) es paga a diferent preu segons l'indret. Així, les indústries que es dediquen a la trituració per fer tauler d'aglomerat paguen aquesta fusta a uns 21 €/t al mercat del Vallès i a

27-29 €/t al Solsonès. Les indústries de trituració accepten majoritàriament fusta de coníferes que paguen millor perquè és el tipus d'espècie majoritàriament usada per a la fabricació d'aglomerat. Els planifolis, en canvi, no els interessen perquè a l'aglomerat no n'hi pot anar més d'un 10 % i a més els paguen millor com a llenya. La fàbrica de pasta de paper de Saint Gaudens (França) paga entre els 38 i els 42 €/t (aquest darrer si és eucaliptus). Aquestes indústries accepten arbres de mides molt diverses (mínim de 12 cm de diàmetre) i de qualitat molt baixa.

Variació de preus dels productes forestals

La variació de preus al llarg del temps és una mostra del punt d'equilibri entre l'oferta disponible i la demanda requerida. És per això que la seva evolució és un bon indicador de la situació del sector al llarg del temps. Per observar aquesta variació temporal és necessari emprar els preus reals, és a dir, incloent-hi el factor inflacionista.

Fusta. Tal com mostra la figura 5.2, tot i que només és la variació del preu pel pi roig amb el temps, es pot observar una davallada molt forta del preu real entre els anys 1974 i 1979. Des d'aquest any fins al 1990, els preus es van mantenir estables, amb lleugeres oscil·lacions. Durant la darrera dècada del segle XX, el preu real no ha parat de baixar i ha arribat al voltant d'un 50 % per sota del preu que hi havia a l'inici dels anys noranta, cosa que representa un descens del 5 % anual. L'evolució del preu per a la resta d'espècies que es comercialitzen és similar.

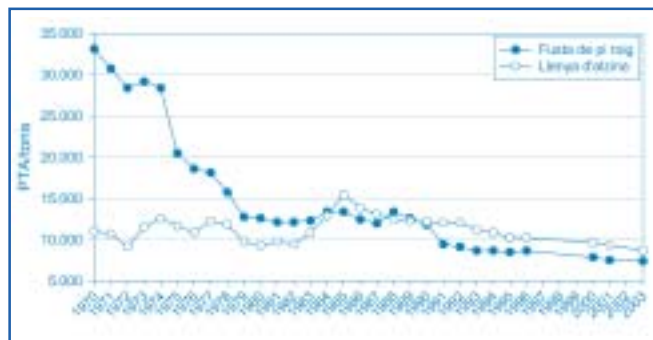
Pel que fa a la fusta de trituració, hi ha hagut un descens constant del preu real en els darrers anys. Ni els grans incendis, ni la influència d'indústries del tauler d'aglomerat, ni el tancament de les papereres catalanes han tingut cap efecte sobre el preu de la fusta de trituració.

Llenya. L'evolució del preu real de la llenya posada a indústria fins a mitjans de la dècada dels vuitanta, sigui de l'espècie que sigui, ha sofert unes oscil·lacions més grans que la fusta però sense una tendència clara a la disminució. A partir de l'any 1985 s'inicia una davallada constant que en 15 anys ha fet disminuir el preu en prop del 40 % respecte al preu de l'any 1985; això és un 2,67 % anual (figura 5.2).

Altres productes. La majoria d'altres productes han augmentat de preu. Les dades per al període 1973-1997 indiquen un increment anual del 5,6 % per als pinyons; del 2,4 % per a les tòfones i del 2,5 % per als bolets. Únicament les castanyes han disminuït de preu a un ritme de 5,8 % anual durant el període 1991-1997.

¹ **Preus en tones o en metres cúbics:** La Llotja de Contractació i Mercat d'Origen de Vic i Girona donen els preus en tones o en m³ depenent de la qualitat de la fusta. L'equivalència entre ambdues unitats no és trivial perquè el pes de la fusta varia en funció de la quantitat d'aigua que conté. El pes és màxim quan la fusta s'acaba de tallar i va disminuint amb el temps fins a un punt en què es manté pràcticament constant. Com que, en la major part dels casos, el preu unitari es dona en tones, a l'intermediari entre el propietari i la indústria li interessa pesar la fusta com més tard millor de cara al propietari i, com més aviat millor de cara a la indústria. Per passar de m³ a tones o viceversa amb precisió seria necessari conèixer la densitat de la fusta en funció del grau d'humitat del material i el temps. Un valor orientatiu podria ser de 0,8 t/m³ per a fusta de pi.

Figura 5.2. Preu real¹ de fusta de pi roig i de llenya d'alzina posat a indústria durant el període 1970-2003



¹Preu en pessetes constants de l'any 2002.

Font: Elaboració pròpia, segons dades de la Taula de preus de la fusta de Vic. Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona, Delegació a Osona.

El preu de la fusta ha anat disminuint a un ritme de poc més del 5 % anual (50 % en la darrera dècada) mentre que la llenya ho ha fet a un ritme inferior, 2,7 % anual (40 % en els darrers 15 anys). Els únics productes que han augmentat de preu són productes secundaris com ara la tòfona, els pinyons o els bolets.

Tractaments silvícoles

La silvicultura és la ciència que s'encarrega de tractar els boscos i encaminar-los cap a determinades estructures. Quan es pretén extreure fusta o qualsevol altre producte del bosc es pot fer planejant un seguit de mesures que garanteixin la seva persistència perquè el subministrament (i la renda) sigui continuat en el temps. Aquesta gestió ha de permetre com a mínim garantir-ne el manteniment sense malmetre'l i, si és possible, millorar-ne la rendibilitat. És el que en el món de la silvicultura s'anomena explotació sostenible. La manera de dur a terme aquesta gestió es basa en els tractaments silvícoles, és a dir, en aplicar al bosc, en el moment oportú, les corresponents estacades, aclarides, esporgades, selecció de tanyes, aprofitaments, construcció de xarxa viària, mesures preventives contra incendis, etc.

Classes de tractament silvícola

De tractaments silvícoles n'hi ha de molts tipus i se solen classificar atenent, d'una banda, al mètode de benefici del bosc i, de l'altra, a la forma de massa principal que es vol obtenir. El mètode de benefici del bosc es refereix principalment a l'origen

dels arbres. Es parla de bosc alt quan tots els peus són de llavor; de bosc menut quan tots els peus són de rebrot i de mitjà quan hi ha barreja. Només quan es tracta estrictament de l'aprofitament de fusta del bosc s'estableix una diferenciació per forma de massa principal; en aquest sentit, existeixen dues grans estratègies d'organització de la tallada segons si el tipus de bosc és regular o irregular.

En qualsevol dels dos casos, el que es pretén és aconseguir mantenir una determinada estructura de la massa forestal en el temps, garantir-ne la regeneració per obtenir un aprofitament sostingut del bosc. En un bosc regular tots els arbres tenen aproximadament la mateixa edat, mentre que en un bosc irregular s'hi barregen arbres de totes les edats i mides. En realitat, la diferència entre ambdós tipus és d'escala: mentre que en un bosc irregular els arbres de diferents edats estan barrejats, en un bosc regular el territori està parcel·lat (rodals) i a cada parcel·la els arbres tenen la mateixa edat. Per a cada espècie, segons el seu temperament (grau de tolerància a l'ombra), zona geogràfica, condicions climàtiques i edàfiques i objectiu perseguit, s'ha d'aplicar un tipus de tractament determinat. En tot això, cal no oblidar que davant de dues o més possibles espècies adients sovint s'escollirà aquella que sigui més rendible econòmicament. Com és lògic suposar, les espècies amants de la llum o heliòfiles suporten aclarides (tallades) més intenses que no pas les d'ombra.

En un bosc regular gestionat, convé fer tractaments al llarg del seu desenvolupament (aclarides de plançonada, aclarides, i tallades de regeneració) per anar ajustant la densitat del bosc a les dimensions creixents dels arbres, i de permetre la regeneració de la massa abans de la tallada final. Això és aconseguir que a cadascuna d'aquestes etapes els arbres d'un mateix rodal tinguin aproximadament la mateixa mida. Es tracta, doncs, d'eliminar (aclarides) a cada pas els arbres que no arriben a la mida predeterminada, i fins a un límit de densitat del bosc també preestablert per a cada etapa, en funció del que s'anomena qualitat d'estació (un índex que resumeix la taxa de creixement dels arbres del rodal).

En un bosc irregular, la gestió sostenible implica arribar a un equilibri on els arbres que abandonen una classe diamètrica a causa de la mortalitat, el creixement o els aprofitaments són substituïts per un nombre equivalent d'arbres provinents de la classe diamètrica inferior. En aquest equilibri, la distribució dels peus per classes de diàmetre es manté aproximadament constant. L'aprofitament d'un bosc irregular implica, per tant, extreure arbres de totes les mides.

La gestió de masses irregulars és més complexa que la del bosc regular. Les tallades de selecció han d'intentar aproximar la distribució real de peus a la distribució ideal. Cada tallada de

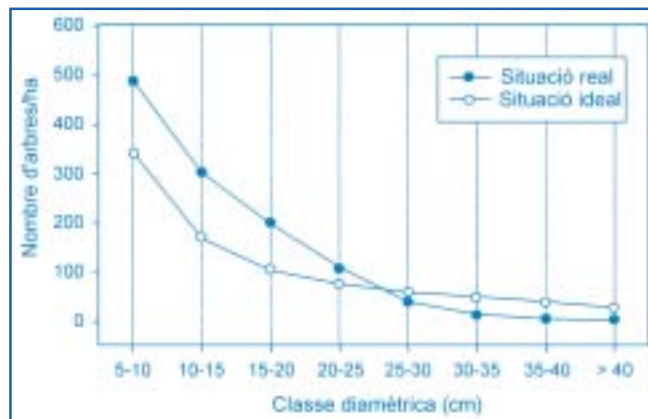
selecció ha de complir les tres funcions que compliria cadascun dels tipus de tallades en boscos regulars: millora, producció i regeneració. Així com la gestió dels boscos regulars mimetitza el que succeeix després d'una gran perturbació natural seguida de regeneració coetània (tots els arbres neixen a la vegada), la gestió dels boscos irregulars mimetitza perturbacions petites obrint petites clarianes on s'estableixen nous individus. La gestió de masses irregulars manté una major constància de les característiques ecològiques del bosc, i té menor impacte paisatgístic en evitar les tallades finals arreu que requereixen els boscos regulars. Tal com es duen a la pràctica, però, les tallades de selecció aplicades als boscos irregulars poden tenir greus inconvenients, ja que la selecció d'arbres a tallar se sol fer en funció del diàmetre i no pas de l'edat i, tot i que no s'hauria de fer, és freqüent tallar els arbres de millor qualitat. La repetició d'aquest procés porta a una degradació progressiva de la massa. A més, aquest tipus de tallada s'aplica fins i tot en espècies heliòfiles (amants de la llum) que poden tenir dificultats de regeneració amb aquest tipus de tractament.

Les espècies intolerants o semiintolerants a l'ombra tradicionalment s'han gestionat com a estructures regulars, atesa la fàcil estratègia de tallada, que emulen condicions de desastres naturals d'una certa intensitat que al final afavoreixen la regeneració. Però, hi ha un interès creixent en la possibilitat d'estendre la gestió cap a masses irregulars fins i tot per aquestes espècies. Considerant el creixent interès de la societat pel paisatge i per la disminució dels impactes de les activitats silvícoles que suposa utilitzar mètodes de gestió menys intensos, sembla evident que la gestió dels boscos com a massa irregular, en general, pot ser la més recomanable. A més, la silvicultura està demostrant que la gestió de masses de petits grups irregulars d'espècies intolerants a l'ombra és possible però requereix una gestió més acurada. Intuïtivament, ja s'entén que cal saber quina mida mínima hauria de tenir una clariana al mig del bosc per permetre que entri prou llum i faci possible la regeneració d'aquest tipus d'espècies.

Aprofitament de la fusta petita

Des d'un punt de vista silvícola, un dels factors claus per a la millora dels boscos a Catalunya és que els primers tractaments silvícoles (les aclarides de millora) es duguin a terme. Això és fonamental perquè els boscos catalans, de mitjana, tenen una distribució per mides en què la quantitat d'arbres petits és excessiva (aproximadament el 50 % dels arbres del bosc són de menys de 10 cm de diàmetre normal). Aquesta distribució es troba molt allunyada de la distribució ideal de peus requerida (figura 5.3) i és en part reflex d'una manca força generalitzada de gestió forestal. Això és perquè els treballs de millora solen suposar una despesa important per al propietari.

Figura 5.3. Comparació entre la distribució dels arbres per classe diamètrica real i la ideal



El gràfic mostra la distribució del nombre mitjà d'arbres (en nombre d'arbres/ha) per classe diamètrica per a *Pinus nigra* (pinassa) a Catalunya (punts negres) en comparació de la distribució ideal (punts blancs). Observeu com la distribució real està molt esbiaixada cap a arbres de mida petita. Comparant amb la distribució ideal, a partir de la classe 20-25 manquen arbres, senyal que a partir d'aquesta mida els tallen en excés

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

En molts boscos de Catalunya hi ha un superàvit d'arbres de mida petita (de mitjana, el 50 % dels arbres tenen menys de 10 cm de diàmetre normal). Aquesta situació és difícil de corregir perquè el preu que es pot pagar per aquests arbres no compensa el que costa extreure'ls del bosc.

Ara bé, l'absència d'aquestes actuacions va en detriment de la producció del bosc i hipoteca els beneficis futurs. La manera de compensar la despesa que suposen aquestes primeres actuacions és que aquesta fusta petita tingui un mercat. Tradicionalment, la fusta petita es tritura per fer tauler d'aglomerat o per fer pasta de paper. Els ingressos que suposen per al propietari aquestes sortides no acostumen a cobrir les despeses, no només perquè aquesta fusta es paga a menys de la meitat del preu que es paga la fusta de grans dimensions, sinó que a més cal afegir el sobrepreu que suposa extreure del bosc cada metre cúbic de fusta d'aquest calibre. Conseqüentment, passa sovint que aquest arbres, un cop abatuts, es deixen al bosc incrementant el risc d'incendi.

Per fer que el balanç econòmic sigui positiu hi ha tres possibles vies no excloents entre si: la subvenció (que en bona part ja s'està duent a terme, encara que probablement la partida

destinada a la millora dels boscos és encara insuficient); reduir els costos d'extracció, augmentant bàsicament l'eficiència de la maquinària que opera al bosc, (difícil perquè la tecnologia actual no és gaire operativa en boscos situats en forts pendents); i, finalment, augmentar els ingressos proporcionats per la venda del producte obtingut. A manca d'un increment substancial de la subvenció, aquesta darrera via és la que més empenta ha rebut els darrers anys. Des de l'Administració, en col·laboració amb la indústria, s'han impulsat iniciatives destinades a trobar una sortida viable a aquesta fusta. D'una banda, dues indústries de primera transformació de la fusta han modernitzat les seves instal·lacions per aprofitar fusta de dimensions cada cop més petites. Aquestes indústries poden consumir fusta de fins a un mínim de 12-13 cm de diàmetre (la resta de serradores es mouen al voltant de 18-20 cm). L'altra gran novetat és que durant el procés no es produeixen costers² sinó que es generen estelles com a material de rebuig (l'escairat de les peces es fa amb torn i, per tant, surt la fusta de rebuig esmicolada) que es ven a la indústria del tauler d'aglomerat.

L'altra indústria que ha rebut un fort impuls és la que fabrica RTI (Roll Tornejat Impregnat). Això és un producte que s'obté en convertir un tronc d'arbre en una peça cilíndrica amb unes mesures predeterminades en diàmetre (entre 5 i 16 cm) i en longitud, que s'impregna amb sals cúpriques per donar-li protecció contra la intempèrie. Donar als arbres de petites dimensions un destí com a RTI és actualment, de totes, la sortida econòmicament més rendible (la fusta per a RTI es paga a més del doble que la destinada per a trituració i una mica més que la fusta destinada a serra). Cal dir, però, que el percentatge d'arbres de petites dimensions que poden tenir com a destí l'RTI és variable i sovint baix. Malgrat tot, combinat amb els altres destins, aquest pot servir per eixugar bona part del dèficit que suposa una aclarida de millora.

La silvicultura preventiva

L'enorme i negativa incidència dels incendis a Catalunya, com a la resta de països de clima mediterrani, obliga a dedicar bona part dels recursos i esforços a prevenir-los mitjançant el que s'anomena silvicultura preventiva. Els tractaments silvícoles tradicionals poden ser un instrument de prevenció eficaç en tant que permeten millorar l'estructura dels boscos, i eviten grans acumulacions de combustible i, sobretot, accelerar la dinàmica cap a estructures més madures més aptes per sobreviure als efectes devastadors dels incendis. Malgrat tot, el foc no hi entén en fronteres, de manera que cal mirar-s'ho en un context de planificació territorial més ampli: la gestió forestal preventiva individualitzada és molt poc eficaç.

² **coster**: material de rebuig de les serradores que presenta únicament una cara plana, sent la resta l'arc corresponent a la superfície externa del tronc.

En el context de la gestió preventiva, sobretot arrel dels incendis de l'any 1994, es va plantejar la possibilitat de fraccionar les masses forestals en perímetres predeterminats (4.419 hectàrees el perímetre més petit i de 72.523 hectàrees el més gran) per anul·lar la seva continuïtat i aïllar-les de les zones de més alt risc d'inici d'algun incendi (urbanitzacions, carreteres, indústries, etc.). Aquest programa de *perímetres de protecció prioritària* (PPP) va ser elaborat pel DARP l'any 1996. Es van seleccionar 31 unitats forestals homogènies d'actuació, situades en zones d'alt risc d'incendi, a les quals s'hi actuaria específicament per tal de crear un sistema reticular de talls de combustible que les aïllen de possibles focs que puguin venir de l'exterior. Cada unitat disposa, a més, d'un sistema interior de prevenció per facilitar una resposta ràpida en cas d'incendi.

Ara bé, fins a quin punt és eficaç mantenir una finca amb un sotabosc controlat si és cert que davant d'un incendi de grans dimensions el foc també s'acaba propagant? Una gestió més efectiva, com la que es proposa en els PPP, és fer aclarides més dràstiques en franges d'entre 50 i 100 m tot al llarg del PPP al voltant de camins i carreteres, deixant una densitat d'arbres al voltant de 200 i 300 peus per hectàrea i podats fins a una alçada de 3 m, i mantenir el sotabosc permanentment estassat (algunes experiències han aconseguit mantenir el sotabosc a ratlla mitjançant ramats). El resultat és el que s'anomena franja de protecció. Potser l'eficàcia d'aquestes franges no és suficient per aturar el foc, però de ben segur que és d'una gran ajuda per als serveis d'extinció d'incendis (protecció activa). A les franges de protecció, el foc es propaga més lentament, és menys intens i la flama no és tan alta. Les franges de protecció van acompanyades d'altres infraestructures com els tallafocs, l'arranjament de camins, la construcció de punts d'aigua, etc. Els PTGMF de les zones amb alt risc d'incendi, com es veurà més endavant, incorporen un *pla de prevenció d'incendis* (PPI) d'àmbit municipal o supramunicipal. I, com que construir i mantenir aquestes infraestructures és car, els propietaris d'aquestes finques gaudeixen d'ajuts econòmics i avantatges fiscals.

Encara en aquest context, hi ha altres mesures a escala de paisatge que val la pena esmentar, com és la possibilitat d'establir mosaics de vegetació diferents, és a dir, alternar boscos amb pastures i conreus en ubicacions estratègicament planejades. En aquest sentit, des de l'Administració s'ha fomentat la recuperació d'antics camps de conreu ara abandonats o, fins i tot, la rompuda de terrenys forestals. Durant el període 1997-2001 s'han autoritzat en una mitjana de 500 hectàrees anuals. Dins el bosc es poden dur a terme actuacions destinades a trencar l'homogeneïtat gestionant els boscos com a masses regulars en polígons (rodals) en diferents estadis de desenvolupament, i potenciar, vora torrents i rierols, la vegetació de ribera que pot servir com a barrera o, si més no, com a retardant del foc.

Re poblacions forestals

Les repoblacions forestals tenen dues finalitats fonamentals no excloents entre si: la protecció del sòl enfront de l'erosió (repoblacions de caràcter protector) i la producció de fusta (repoblacions de caràcter productor). Un aspecte bàsic a tenir en compte és l'elecció de l'espècie, que vindrà determinada en bona part per les característiques del sòl, el clima, la topografia, etc. En principi, en terrenys fortament inclinats (més del 40 %), la finalitat serà principalment protectora. En aquests casos, els treballs de preparació del terreny seran mínims (és recomanable una plantació manual per clots) i el nombre d'arbres a plantar

elevat (entre 1.600 i 1.800 arbres/ha). Quan el terreny és menys costerut, habitualment es fan treballs mecànics de preparació del terreny com el subsolat i solen tenir una finalitat eminentment productora.

Una part molt important de les repoblacions al llarg dels darrers 60 anys s'han dut a terme a les comarques de l'Alta Ribagorça, el Pallars Jussà i el Pallars Sobirà (quadre 5.3), amb un total de més de 28.000 hectàrees, de les quals un 75 % es van fer al Pallars Jussà. En aquesta zona, la dècada en què es van fer més repoblacions va ser la dels anys seixanta, moment en què es dugueren a terme el 40 % del total de repoblacions.

Quadre 5.3. Nombre d'hectàrees repoblades per dècades i comarques

Comarca	Període de la repoblació						
	1941-50	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	1941-2000
Alta Ribagorça	152	1.040	1.440	565	100	0	3.297
Pallars Jussà	300	5.956	8.343	4.388	2.395	356	21.738
Pallars Sobirà	1.222	110	1.302	420	58	0	3.112
Total	1.674	7.106	11.085	5.373	2.553	356	28.147

Font: Direcció General del Medi Natural.

Quadre 5.4. Nombre d'hectàrees repoblades per anys i demarcacions

Any	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya
1995	135	576	432	348	1.491
1996	35	107	210	126	478
1997	125	188	160	35	508
1998	54	307	146	122	629
1999	112	211	488	241	1.052
2000	162	362	90	59	673
2001	86	678	164	27	955
Total	709	2.429	1.690	958	5.786

Font: Direcció General del Medi Natural.

Les espècies majoritàriament plantades van ser pi roig i pi negre a l'Alta Ribagorça, la pinassa i el pi roig, al Pallars Jussà, i el pi roig, al Pallars Sobirà. Molt sovint es feien repoblacions mixtes combinant dues o més espècies de coníferes. En gairebé cap cas es van combinar amb alguna espècie de planifoli.

Durant el període 1995-2001, s'han plantat 5.786 hectàrees a tot Catalunya. Les demarcacions més afavorides han estat

Girona i Lleida amb un 42 i un 29 % del total de repoblacions respectivament (quadre 5.4).

Els cultius forestals

El concepte cultiu forestal s'empra quan es parla de plantacions de pollancre i plàtans. Tot i que en sentit estricte són

repoblacions amb finalitat productiva, sempre se les ha considerat a part i mai com a cultiu agrícola. És per això que les estadístiques inclouen aquestes plantacions com a part de la superfície arbrada del país. Les pollancredes i les platanedes es cultiven habitualment en terrenys plans, a la vora dels cursos d'aigua. En una pollancreda, en qüestió de 12 a 14 anys els arbres arriben a diàmetres d'entre 18 i 20 cm, moment en què es tallen. Això significa un volum de fusta acumulat de 250 m³/ha; per tant, un creixement de 20 m³/ha/any de mitjana. Les platanedes no són tan exigents quant a l'aigua però en contrapartida no creixen a tan bon ritme, només 10-15 m³/ha/any, i es tallen cada 20 anys aproximadament. Si es compara amb els boscos catalans, que creixen a un ritme de 3,2 m³/ha/any (IEFC), farien falta sis hectàrees de bosc per aconseguir el mateix creixement que una hectàrea de pollancre.

Una pollancreda creix a un ritme mitjà de 20 m³/ha/any, sis vegades més ràpid que la mitjana de creixement dels boscos catalans. Les platanedes no creixen a tan bon ritme, 12 m³/ha/any.

Les comarques gironines concentren el 78 % de la superfície dedicada al cultiu del pollancre, seguides de les comarques barcelonines amb un 13 % i, finalment, les de Lleida amb el 8 % restant. A les comarques de Tarragona, la superfície dedicada al cultiu del pollancre és molt escassa. En total, a Catalunya hi ha 9.800 ha dedicades al seu cultiu (segons dades de 1988 facilitades pel DARP). Les conques hidrogràfiques on estan localitzades les principals superfícies dedicades al cultiu del pollancre són el Ter, la Tordera, el Fluvià i el Segre. De tota manera, la superfície actual dedicada al cultiu de plàtans i pollancre és incerta; per aquest motiu, el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) està distingint aquest dos tipus de coberta de la resta de boscos.

• • • • • Els aprofitaments forestals

Algunes definicions

Els aprofitaments forestals que figuren a les estadístiques oficials es classifiquen en funció del destí que se'ls hi dona en: aprofitament de fusta, de llenya, de suro, de bolets i de fruits.

Pel que fa a la fusta, aquestes mateixes estadístiques donen la informació en metres cúbics de fusta en roll. La fusta en roll és el tronc (amb escorça) de l'arbre abatut, net de branques i despuntat. La punta és la part del tronc més prima (a partir de 7-8 cm de diàmetre) i que la indústria de la fusta no aprofita. Aquesta part, juntament amb les branques, normalment queda al bosc sempre que no sigui de roure o alzina. Habitualment,

la fusta en roll arriba a la indústria de primera transformació amb l'escorça.

Pel que fa a la llenya, és aquella part dels arbres que s'aprofita per a energia. A partir de l'any 1996, les dades oficials donen la informació en tones verdes³, mentre que abans d'aquesta data es donaven en esteris⁴, fet que encara dificulta més la inclusió d'aquesta dada a les dades generals d'aprofitaments. La llenya pot ser d'arbres de qualsevol mida. En el cas de l'alzina o del roure, qualsevol part (tronc i branques) val per a llenya. Quan es tracta d'altres planifolis o coníferes, solen usar-se com a llenya els peus menors, les part gruixudes de les branques i les puntes dels arbres grans. Les estadístiques oficials informen només de la llenya que es comercialitza però no de la part de llenya d'autoconsum.

Estadístiques oficials per anys i per tipus d'espècies

Les estadístiques que es presenten en els dos subapartats següents són els aprofitaments forestals, tant de fusta com de llenya, estimats per la Direcció General del Medi Natural (en endavant, DGMN) a partir de la informació aportada per les autoritzacions o notificacions d'aprofitaments presentades a cada oficina comarcal i complementades amb la informació aportada pel Centre de la Propietat Forestal (en endavant, CPF).

Aprofitament per a fusta

Durant el període 1976-2001 (vegeu quadre 5.5) els aprofitaments de fusta en roll (sense la llenya) han estat en mitjana de 534.000 m³/any. D'aquesta quantitat, un 78 % correspon a coníferes i l'altre 22 %, a planifolis. Durant el període 1956-1996 la mitjana ha estat de 474.000 m³/any. Sembla, doncs, que l'oferta de fusta en roll s'ha mantingut força estable durant tots aquests anys o, si de cas, amb un lleuger increment. Al llarg del temps, els increments puntuals d'aquesta producció són deguts principalment als efectes dels incendis (especialment els de l'any 1994), que van fer augmentar puntualment els processos d'explotació de les masses forestals cremades, i van produir una saturació temporal del mercat que no ha estat capaç d'absorbir aquesta gran oferta (la indústria de primera transformació

³ **Tones verdes:** aquesta és una unitat de mesura força habitual en el món forestal però molt imprecisa. És impossible contestar amb precisió a quant equival una tona verda en pes sec, perquè depèn del percentatge d'aigua que contingui en el moment en què es talli, de l'època de l'any, de l'espècie, etc. És habitual considerar que, respecte al pes en verd de la llenya, un 80 % és aigua. Quan ha passat prou temps, el percentatge d'aigua s'estabilitza en un valor que sol oscil·lar entre el 20 i el 30%.

⁴ **Esteri:** unitat de mesura exclusiva de la llenya, equivalent a la quantitat de llenya que es pot encabir en un cub d'un metre cúbic. Per tant, el valor és sempre inferior al metre cúbic de fusta i molt variable, depenent en bona part del gruix mitjà de la llenya.

Quadre 5.5. Aprofitaments de fusta en roll per tipus d'espècies i demarcacions durant el període 1976-2001

	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya
Coníferes	168.778 (40,3)	93.184 (22,3)	122.955 (29,4)	33.379 (8,0)	418.296 (100)
Planifolis	21.324 (18,5)	74.409 (64,5)	9.453 (8,2)	10.091 (8,8)	115.276 (100)
Total	190.102 (35,6)	167.593 (31,4)	132.407 (24,8)	43.470 (8,1)	533.571 (100)

El quadre mostra els valors mitjans, en m³/any, dels aprofitaments de fusta en roll sense incloure la llenya, per províncies i tipus d'espècie durant el període 1976-2001 (manca l'interval 1991-1994). Entre parèntesi figura el valor en percentatge que representa el valor mitjà a cada província respecte al valor d'aprofitament a tot Catalunya per a cada tipus d'espècie.

Font: Direcció General del Medi Natural.

de la fusta manté una demanda fixa en base a la seva capacitat productiva). Aquest fet ha afavorit l'exportació de la fusta sobrant i la conseqüent disminució, els anys següents, de la demanda de primera matèria per part de les indústries de primera transformació dels països.

La demarcació on hi ha més aprofitaments és Barcelona (35,6%), seguida de molt a prop per Girona (31,4 %), Lleida (24,8 %) i, a molta distància, Tarragona amb un 8,1 % (vegeu quadre 5.5). Per tipus d'espècies, la major part de les coníferes, 40,3 %, provenen de la demarcació de Barcelona, mentre que la major part dels planifolis, 64,5 %, són d'origen gironí.

Segons dades de la DGMN, per al període 1998-2000, els aprofitaments en boscos gestionats per la Generalitat van ser, en mitjana, de 2.422 m³/any, un 0,5 % de tots els aprofitaments de fusta; els boscos d'utilitat pública van representar un 9,5 % del total, i la resta, 90 %, van correspondre als aprofitaments en boscos de propietat privada. Per tant, 9 de cada 10 m³ de fusta provenen dels boscos de propietat privada, fet relativament lògic si tenim en compte que 8 de cada 10 hectàrees de bosc són privades.

On es coneix que hi ha més extraccions de fusta (DGMN, dades mitjanes dels anys 1996, 1998 i 1999) és a la Selva i al Berguedà amb valors al voltant dels 50.000 m³/any; al Solsonès, Ripollès i Vallès Oriental amb uns 30.000 m³/any i a l'Alt Empordà, Gironès i Osona amb uns 20.000 m³/any cadascuna.

Per espècies (segons la mateixa font), les que tenen majors aprofitaments de fusta són, per ordre decreixent, la pinassa amb un 25 % en volum del total d'aprofitaments, el pi roig amb un 18 % i el pi blanc amb el 13,5 %. La resta de coníferes estan totes per sota del 5 %. Entre els planifolis, el pollancre és l'espècie amb un percentatge més elevat d'aprofitaments, amb un 10 %, seguida pel castanyer amb un 4 %. La resta de planifolis estan per sota del 2 %. Si a aquestes dades s'hi afegissin els aprofitaments de llenya, espècies com l'alzina i el roure augmentarien significativament el seu percentatge.

Nombroses fonts independents discrepen dels valors d'aprofitaments que s'han exposat fins ara. D'una banda, la mateixa DGMN ja adverteix que aquestes dades són només orientatives. Una enquesta dirigida al sector de la indústria de primera transformació de la fusta duta a terme per la mateixa direcció l'any 1997 va valorar el consum de fusta en roll d'aquesta indústria a Catalunya en uns 860.000 m³/any (un 65 % més que el valor mitjà de les estadístiques!). Amés, cal tenir en compte que aquestes indústries es nodreixen principalment de fusta catalana. Es calcula que només al voltant d'un 10 % és fusta en roll de fora de Catalunya. Altres fonts situen el consum de fusta en roll al voltant de 871.000 m³/any (Raddi, 1998; en un estudi de l'any 1995), valor molt proper al de l'enquesta de la DGMN. Un altre estudi no publicat de 1996 valora el consum de fusta per part de la indústria transformadora catalana en més d'1 milió de m³/any, però tampoc no n'especifica la procedència.

Un valor realista d'aprofitaments forestals estaria al voltant d'1 milió de m³ anuals (gairebé el doble del valor de les estadístiques oficials). D'altra banda, l'IEFC calcula el creixement del bosc en 3,75 milions de m³, per tant se n'aprofita un 27 %. Un altre 21 % serien pèrdues ocasionades pels incendis.

Aprofitament per a llenya

Els aprofitaments de llenyes a Catalunya, segons les mateixes dades oficials de la DGMN, són, per al període 1996-2001, de 136.400 tones verdes de mitjana. Suposant, com sovint es fa en el món forestal, que una tona verda equival a 1 m³, del total d'aprofitaments per aquest mateix període un 78,5 % es destina a fusta i l'altre 21,5 % va per a llenya. Ara bé, d'aquesta llenya una part és de coníferes, que va a parar a la indústria de la trituració per fer tauler d'aglomerat. Si restem aquesta part del valor mitjà per al període 1996-2001, queden per a llenyes una mitjana de 91.000 tones verdes, un 14 % del total d'aprofitaments per a aquest mateix període. Una altra font dona un valor mitjà molt superior: 180.000 m³/any, però en percentatge del total de

fusta en roll la llenya representa un 21,2 %, valor molt proper a les estadístiques oficials.

Ara bé, dir quanta llenya es consumeix realment a Catalunya és força difícil perquè les dades anteriors no tenen en compte l'anomenat autoconsum de llenya (i de fusta). Aquesta quantitat no consta en les autoritzacions que dóna la DGMN, fet que afegeix una incertesa més al coneixement de la quantia dels aprofitaments forestals a Catalunya.

Si bé part de la llenya que es consumeix a moltes cases de pagès, segones residències, etc., es compra, encara hi ha alguns propietaris que tallen la seva pròpia llenya: aquesta és la llenya que s'anomena d'autoconsum. L'única manera que es té avui en dia per aproximar-se a aquest valor és fent un càlcul a partir del nombre d'expedients domèstics que, en mitjana, es demanen a l'any a la DGMN. Quan es concedeix aquest permís, cada propietari té dret a tallar de l'ordre de 2 m³ de fusta i d'entre 8 i 15 tones verdes de llenya. Tenint en compte que anualment hi ha uns 2.000 expedients d'aquesta mena, la quantitat de llenya per a autoconsum estaria entre 16.000 i 30.000 tones verdes per any, que caldria sumar als aprofitaments oficials. Això suposa entre el 12 i el 22 % dels aprofitaments de llenya oficials.

Altres aprofitaments

La mitjana dels aprofitaments de suro per al període 1975-1996 ha estat de 4.200 t/any amb algunes oscil·lacions i un pic molt pronunciat durant dos anys seguits, el 1993 i el 1994, amb més de 8.500 t/any. La mitjana d'aprofitaments de bolets per al període 1974-1996 ha estat de 2.700 t/any i per la tòfona ha estat de 9.100 kg/any. La mitjana d'aprofitaments de pinyons ha estat d'unes 1.400 t/any per al mateix període i en els darrers anys s'ha vist incrementada fins a unes 2.000 t/any. Per al període 1991-1996 la mitjana dels aprofitaments de castanya ha estat de 1.500 kg/any amb lleugeres variacions interanuals.

Bosc aptes per a aprofitaments

La superfície de bosc segons les dades de l'MCSC és de 1.214.000 ha. Ara bé, quan es tracta de dur a terme un aprofitament forestal no tota aquesta superfície es pot considerar apta per ser explotada. D'una banda, hi ha limitacions topogràfiques com ara el pendent del terreny relacionat amb el risc d'erosió del sòl i amb l'accessibilitat per a la maquinària forestal (bosc protectors). D'altra banda, hi ha limitacions silvícoles ja que els boscos si són molt oberts no estan prou capitalitzats per ser explotats.

Un exercici molt senzill pot permetre conèixer quina superfície del bosc és explotable actualment atenent a dos criteris

complementaris: boscos per sota del 60 % de pendent (limitació topogràfica) i, d'aquests, boscos amb un recobriments de capçades per sobre del 70 % (limitació silvícola), llindar a partir del qual se sol considerar que el bosc està prou capitalitzat per dur-hi a terme algun aprofitament. Les dades aportades pel SIBosC permeten veure que només 430.000 hectàrees compleixen aquests dos requisits a la vegada, i això suposa un 35 % del bosc de Catalunya.

Si acceptem aquests criteris de gestió silvícola, només un 35 % dels boscos de Catalunya (430.000 ha) es poden considerar realment aptes per dur-hi a terme aprofitaments fustaners comercials.

Ara bé, es pot fer una anàlisi una mica més acurada, que distingeixi per tipus d'espècies (planifolis i coníferes), comparant quin és el nivell actual d'aprofitaments amb el creixement actual amb les limitacions i sense que es proposaven més amunt. D'acord amb el quadre 5.6, els aprofitaments actuals només suposen el 15 % del creixement dels boscos de coníferes de Catalunya i un 10 % dels de planifolis (sense limitacions). Si només es té en compte el creixement dels boscos susceptibles de ser explotats (amb limitacions), els valors en percentatge augmenten fins al 39 % per a les coníferes i fins al 20 % per als planifolis. La quantitat màxima que es podria extreure cada any dels boscos capitalitzats podria arribar a ser d'1,6 milions de m³ i, tot i així, el bosc que actualment encara no és explotable s'aniria capitalitzant cada any en 2,1 milions de m³. Part d'aquests boscos (els no protectors) s'anirien incorporant progressivament al conjunt de boscos capitalitzats que, al seu torn, podrien ser explotats. Alguns càlculs fets a partir de la informació de l'IEFC han permès estimar aquesta taxa d'incorporació en unes 20.000 hectàrees anuals, un 4,6 % de la superfície de bosc explotable (430.000 ha). En aquest càlcul no s'ha tingut en compte el ritme de destrucció ocasionat pels incendis que, alguns anys, pot arribar a ser molt elevat. D'acord amb dades de superfície cremada del període 1975-1998 (24 anys), s'estima que la superfície mitjana de bosc que es crema cada any és de 10.500 ha.

Sense tenir en compte cap de les limitacions, la producció anual de fusta amb escorça dels boscos catalans és d'uns 3,8 milions de m³/any (dades del SIBosC). Per tant, el nivell actual d'aprofitaments, fins i tot en el cas més extrem (1 milió de m³/any) és aproximadament unes quatre vegades inferior al creixement actual dels boscos. Ara bé, tenint en compte només els boscos explotables segons els criteris descrits, la producció de fusta amb escorça baixa fins als 1,9 milions de m³/any, el doble dels aprofitaments en el cas més extrem.

A banda d'analitzar les possibles pèrdues ocasionades per desastres naturals (allaus, incendis, etc.), es pot concloure que actualment l'explotació dels boscos és

Quadre 5.6. Comparació per demarcacions entre els aprofitaments actuals de fusta (període 1976-2001) i la producció anual

	Aprofitaments (m³/any)		Producció (m³/any)			
	Coníferes	Planifolis	Sense limitacions		Amb limitacions	
			Coníferes	Planifolis	Coníferes	Planifolis
Barcelona	168.778	21.324	1.031.168 (16,4)	289.260 (7,4)	406.933 (41,5)	158.316 (13,5)
Girona	93.184	74.409	488.807 (19,1)	619.310 (12,0)	181.694 (51,3)	336.659 (22,1)
Lleida	122.955	9.453	898.297 (13,7)	177.033 (5,3)	403.051 (30,5)	63.438 (14,9)
Tarragona	33.379	10.091	231.543 (14,4)	26.220 (38,5)	81.391 (41,0)	11.302 (89,3)
Catalunya	418.296	115.276	2.649.815 (15,8)	1.111.823 (10,4)	1.073.069 (39,0)	569.715 (20,2)

El quadre mostra, per demarcacions i en m³/any, els aprofitaments actuals de fusta per a coníferes i planifolis (dades oficials per al període 1976-2001, manca l'interval 1991-1994) i la producció anual, sense tenir en compte cap limitació o tenint en compte les limitacions silvícoles i topogràfiques esmentades al text. Entre parèntesi es dona el percentatge que suposen els aprofitaments per a cada tipus d'espècie i demarcació respecte la producció amb limitacions i sense de cada tipus d'espècie i demarcació.

Font: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca (aprofitaments) i Sistema d'Informació dels boscos de Catalunya (produccions anuals amb limitacions i sense).

sostenible i, fins i tot, que els boscos catalans s'estan capitalitzant. A manca d'una anàlisi més fina, això és *per se* positiu, tot i que l'actual estructura de mides dels arbres està molt esbiaixada cap als arbres petits. En el futur, aquesta evolució pot augmentar d'una manera significativa la superfície susceptible d'explotació fustanera.

Impediments a la gestió dels boscos

Abans de parlar d'impediments és important tenir en compte que la gestió del bosc mediterrani és socialment i ambientalment rendible, però econòmicament gairebé sempre deficitària per als seus propietaris. Per això, la funció que té el bosc de creixement socioeconòmic en el desenvolupament rural és molt petita. Així doncs, és imprescindible generalitzar una gestió impulsada mitjançant ajuts econòmics, per retornar al bosc el que genera (depurador de l'aire i de l'aigua, regulador de l'aigua, retenció del sòl, embornal de carboni, manteniment de la biodiversitat, etc.).

Per què hi hagi gestió d'un bosc cal que es compleixin una sèrie de condicions que en la major part dels casos no es donen.

Impediments ambientals

El creixement de bona part dels boscos catalans és prou alt (3,2 m³/ha/any per al volum amb escorça), sobretot tenint en compte la poca precipitació, l'escassa quantitat de certs nutri-

ents com el fòsfor i, finalment, el fet que els boscos es troben ocupant les terres de més pendent, on els sòls són més primers i la retenció d'aigua és menor. Els boscos es troben en zones poc accessibles i els arbres són de mida molt petita, elements que fan que siguin poc rendibles i que en molts casos no es duguin a terme els mínims treballs de millora que permetrien, a la vegada, augmentar la seva rendibilitat. Fruit d'aquesta situació, es produeix una acumulació de material altament combustible que contribueix a augmentar el perill d'incendis.

Els boscos es troben ocupant les terres de més pendent on l'agricultura ja no és rendible, on els sòls són més primers i la retenció d'aigua menor. Això cal afegir la poca precipitació i l'escassetat de certs nutrients com el fòsfor a la major part dels boscos del país.

Si el que preveuen els models de simulació de canvi climàtic es compleix, hi haurà un augment de la temperatura i una disminució de la precipitació a les zones de clima mediterrani (el clima serà més eixut), la qual cosa farà elevar encara més el risc d'incendis i disminuirà el creixement. L'altre efecte previst és que s'allarguin els períodes de sequera i que les oscil·lacions climàtiques siguin més acusades, fet que pot convertir els nostres boscos en ecosistemes cada cop més vulnerables, sobretot aquells més meridionals i els de les terres de l'interior del país.

Atenent a la situació actual dels boscos i a les perspectives de canvi climàtic que es preveuen, sembla clar que actuar per accelerar els processos cap a estructures més madures faria els boscos més rendibles econòmicament i menys vulnerables al canvi climàtic i al foc.

Davant de la disjuntiva de què és millor, si explotar, en el sentit de gestionar els aprofitaments de forma sostenible, o deixar-ho créixer com vulgui, fins i tot des d'un punt de vista ambiental cada cop és més clar, tenint en compte la situació actual dels boscos a Catalunya, que el que cal és actuar per accelerar els processos cap a estructures més madures, més rendibles econòmicament i també menys vulnerables al foc. De tota manera, entre els dos possibles extrems hi ha una gradació d'intensitats d'intervenció que segons els objectius perseguits caldria matisar. Als boscos fonamentalment protectors aquesta intensitat sempre hauria de ser molt moderada, perquè per damunt de tot hi ha la protecció del sòl enfront de l'erosió. Sense ajuts econòmics, a poques zones del país és rendible una intervenció destinada a millorar-ne l'estructura. A més, si no hi ha perturbacions, la natura, tot i que sovint lentament, evoluciona cap a aquestes estructures sense necessitat que l'home hi intervingui.

Impediments econòmics

Gran part dels propietaris tenen l'activitat forestal com a ocupació secundària a la qual poder recórrer quan la seva activitat principal (majoritàriament agrícola i ramadera) té dificultats per generar una renda adequada. Aquests factors provoquen sovint una explotació inapropiada dels boscos. Això vol dir o bé una subexplotació dels boscos, que desemboca en una excessiva densitat d'arbres que implícitament provoca un enlentiment del creixement, o bé l'extracció només dels arbres que han assolit una determinada mida (principalment dictaminada pels explotadors dels boscos –rematants– i, en segon terme, per la indústria de primera transformació de la fusta que marca els preus). A tot això cal afegir l'increment dels costos d'explotació (la mà d'obra cada cop és més cara i el preu real de la fusta ha anat disminuint amb els anys).

Impediments políticsocials

En general, hi ha una manca de continuïtat en les subvencions per part de l'Administració (l'any 2000 es van poder pagar les subvencions que s'havien promès arrel dels incendis de l'any 1994 i dels expedients forestals dels PTGMF pendents de pagament del període 1994-2000) i un estancament de la política forestal que dificulten la planificació econòmica necessària (la gestió forestal necessita una planificació a molt llarg termini). Altres arguments que li van en contra són la manca d'especialització de la mà d'obra i l'escassa mecanització de les explotacions (la majoria de maquinària per a ús forestal està dissenyada per a terrenys de poc pendent i amb escassa pedregositat i escabrositat). Cal afegir que la major part de la gent té una mentalitat «conservacionista» envers el medi ambient i consideren com a poc sostenible l'extracció de fusta del bosc.

A Catalunya encara no s'ha establert una classificació que permeti ordenar el territori de cara a una sistematització dels tractaments silvícoles, la qual cosa implica planificar, per poder fer estimacions de futur de cara als mercats de productes forestals, i per no estar tan subjectes a les lleis del nostre mercat de la fusta. També cal fer un esforç important per difondre quins són els beneficis d'una correcta gestió forestal, sobretot en una societat com la catalana on cada cop hi ha un distanciament més gran entre la gent de la ciutat i el món rural (especialment el forestal).

..... **Eines per a la gestió sostenible dels boscos**

Estudis del medi natural

Aquest apartat no pretén donar una llista exhaustiva d'estudis fets a Catalunya a diferents escales, només posar de manifest que hi ha una molt gran quantitat d'informació sobre el medi natural que, de ben segur, ha de ser de gran utilitat per al coneixement i la gestió sostenible dels boscos. Entre tota aquesta informació destacarem:

Sistema d'Informació Ambiental de Catalunya. Aquesta font d'informació inclou el banc de dades de la flora i la vegetació a Catalunya (FLORCAT), el banc de dades d'instruments i figures de protecció de la natura (PROTNAT), i el banc de dades de la biodiversitat i l'inventari de zones humides de Catalunya.

La cartografia temàtica. En el segon capítol d'aquesta publicació ja s'ha fet una revisió exhaustiva de quina és la cartografia disponible actualment a Catalunya i, com ja ha quedat sobradament demostrat, la diversa cartografia temàtica és d'una gran utilitat per al coneixement del medi natural i de la seva evolució. En primer lloc, per saber amb la precisió del mapa (que depèn de l'escala) quina superfície ocupa cadascuna de les categories que distingeix i, en segon lloc, per comparar mapes fets en diferents moments i calcular les taxes de canvi i les tendències de cadascuna de les categories.

Els inventaris forestals. Aquest tema ha estat tractat abastament en el capítol 3. Els inventaris forestals constitueixen un dels elements fonamentals per avaluar plenament les funcions ambientals i econòmiques dels boscos, i un dels elements bàsics per a la presa de decisions de l'Administració forestal. Tot i que un inventari és una fotografia fixa del bosc, la repetició en el temps (preceptivament, cada 10 anys) permet conèixer la seva dinàmica i avaluar els efectes de la gestió, de la política forestal aplicada, dels incendis, de la dinàmica del territori, etc. Recordem que, entre finals dels anys vuitanta i els noranta, es van dur a terme, a Catalunya, dos inventaris forestals: l'IEFC i l'IFN2. A l'any 2000 es va dur a terme el mostreig de camp de la tercera

edició de l'*Inventario Forestal Nacional* (IFN3) i actualment s'estan a punt de publicar els resultats.

Els plans tècnics de gestió forestal dels boscos

Com ja s'ha dit, un 80 % dels boscos de Catalunya són de titularitat privada. La necessitat d'una gestió eficaç d'aquests boscos va dur els seus propietaris i l'Administració a crear el Centre de la Propietat Forestal (CPF) l'any 1991 (per ampliar informació vegeu requadre annex). El CPF té com una de les seves tasques prioritàries la d'impulsar, aprovar i fer el seguiment posterior dels *plans tècnics de gestió i millora forestal* (PTGMF). Un PTGMF, tot i que és un document essencialment tècnic, al mateix temps pretén ser un instrument àgil i fàcil d'entendre i, per damunt d'això, útil per a qui l'ha de dur a terme: el propietari, els gestors del bosc i l'Administració. Però, més enllà, un PTGMF serveix per millorar el coneixement de les possibilitats de la finca, plantejar objectius a curt i mig termini (el període de vigència d'un PTGMF normalment no sol anar més enllà dels 10 anys), fer una previsió d'aprofitaments i millores i, en definitiva, racionalitzar la presa de decisions sobre la gestió del bosc. De fet, el PTGMF és un contracte social entre el propietari del bosc i la societat; això significa que el propietari es fa responsable del seu bosc (el PTGMF està signat pel mateix propietari). Aquest contracte li confereix una sèrie d'avantatges legals en la tramitació del document, bonificacions fiscals en la transmissió de finques rústiques forestals i de subvencions, algunes de generals (ajuts per a la redacció del PTGMF, ajuts en les actuacions de millora de la forest, ajuts en l'obertura de camins) i d'altres puntuals (ajuts en resposta als grans incendis forestals dels anys 1994 i 1998).

El Centre de la Propietat Forestal: que és i quines són les seves principals funcions.

El Centre de la Propietat Forestal (CPF) va ser creat inicialment com a òrgan desconcentrat del DARP per la Llei 6/1988, de 30 de març, forestal de Catalunya, amb la finalitat d'ordenar la producció forestal i promoure la conservació i la millora dels boscos i les pastures de propietat privada. El 1999, el CPF es va adscriure al llavors DMA i ha esdevingut empresa pública, per la plena aplicació de la Llei 7/1999, de 30 de juliol, del CPF. Entre les funcions que té encomanades el CPF (Memòria d'activitats, 2000), es destaquen les següents:

- Participar en l'elaboració dels plans de producció forestal.
- Prestar suport tècnic i econòmic per elaborar els projectes d'ordenació i els plans tècnics de gestió i millora forestals (PTGMF), i vetllar perquè s'executin.

Al llarg de tots aquests anys, els PTGMF han anat sofrint contínues modificacions per adaptar-se a les noves demandes de planificació forestal de finques privades. Aquests canvis obeeixen, d'una banda, a qüestions concretes com les provocades pels grans incendis forestals (possibilitat de ramaderia extensiva, rompudes per fragmentar les masses boscoses, elements de prevenció i millora de la lluita contra els incendis, etc.) i de l'altra, a la gran diversitat de criteris i objectius perseguits, cada cop més diferents dels tradicionals (zones protegides, prevenció d'incendis, agroturisme, caça, educació ambiental, preservació de la biodiversitat, etc.). En definitiva, els PTGMF, a partir de l'any 1998, es van dotar d'unes noves instruccions per donar resposta a la idea de multifuncionalitat dels boscos, és a dir, una perspectiva de gestió de les finques forestals més global.

No obstant això, caldria anar un pas més enllà i millorar el seguiment que ja es fa de l'execució dels treballs previstos als PTGMF, i avaluar la seva eficàcia per aconseguir els objectius fixats (segons dades dels anys 1996, 1997 i 1998, només s'executen de mitjana un 27 % de les actuacions que estan previstes en el pla). També, en línia amb les recomanacions de la silvicultura del paisatge, seria desitjable una planificació a una escala superior a la de la finca individual, potenciant per exemple l'associacionisme o la coordinació entre propietaris forestals. Cal remarcar que, en aquest aspecte, 39 propietaris forestals van elaborar conjuntament un PTGMF conegut com «Bosc cremat de Taradell» promogut pel CPF amb l'objectiu de recuperar més de 1.100 ha cremades l'any 1983.

D'aquesta manera, en un país on el bosc privat és majoritari, l'esforç de gestionar el bosc a una escala geogràfica més

- Tramitar i aprovar els projectes d'ordenació forestal i els PTGMF l'àmbit ordenat dels quals afecti exclusivament terrenys de titularitat privada.
- Divulgar mètodes de silvicultura sostenible per produir i conservar els terrenys forestals i assessorar en l'aplicació pràctica dels coneixements tècnics forestals i en la redacció dels instruments de planificació i ordenació forestals.
- Aplicar els instruments de foment forestal mitjançant l'acord de l'atorgament dels ajuts i els incentius corresponents i fiscalitzant la destinació efectiva d'acord amb la finalitat prevista.
- Administrar el Fons forestal dels boscos privats de Catalunya.
- Informar i ésser escoltat en relació amb l'aprovació de qualsevol normativa i instrument de planejament o projecte que afecti superfícies forestals de titularitat privada.

àmplia (pla d'ordenació a nivell comarcal o supracomarcal) permetria millorar la prevenció dels incendis forestals, la gestió cinegètica i la protecció de les espècies amenaçades. El DMAH té a les seves mans la possibilitat d'impulsar el Pla de Producció Comarcal, instrument que definiria el model de gestió a aplicar a les masses forestals i permetria estimar amb precisió les previsions d'aprofitaments anuals.

Segons la Memòria d'activitats del CPF de l'any 2002, el cens de propietaris inscrits al CPF era de 2.328 persones (4,7 % dels propietaris «potencials»). El total de PTGMF aprovats fins a aquesta data és de 1.682, fet que suposa una mitjana de 156 ha ordenades per PTGMF. Pel que fa a ordenació de finques privades, el 17,3 % (261.720 ha) del total de la superfície forestal privada de Catalunya (1.512.755 ha) està ordenada mitjançant PTGMF. De les 2.139 actuacions forestals en les finques amb PTGMF durant l'any 2002, un 39 % van correspondre a aclarides i aprofitaments; un 17 %, a arranjament i construcció de pistes; un altre 16 %, a treballs de millora del bosc; un 10 %, a peles de suro, i un 18 %, a altres actuacions. Finalment, durant l'any 2002 s'han pagat un total de 96 expedients procedents d'exercicis anteriors, per un import total aproximat de 738.000 euros. S'han emès un total de 2.300 informes que han comportat el pagament de 5.620.000 euros en aplicació del Programa de desenvolupament rural de Catalunya.

Els ajuts forestals

Durant el mes de desembre de 2001 es va obrir la tercera edició de l'ordre d'ajuts que desenvolupa les mesures d'actuació forestal del Programa de desenvolupament rural de Catalunya que està previst que es convoqui fins l'any 2006 per promoure la gestió ordenada i sostenible des boscos catalans (publicat al Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya. Núm. 3539-21.12.2001). Aquesta tercera edició de l'ordre d'ajuts presenta la particularitat de ser una convocatòria bianual, per a 2003 i 2004 (vegeu requadre annex).

Ajuts forestals. Resum de l'ordre de 14 de desembre de 2001.

Les bases reguladores dels ajuts estructuren els tipus d'ajuts en quatre capítols i cadascun d'ells es correspon amb una mesura del Programa de desenvolupament rural. Figura l'import màxim de l'actuació (IMA):

Capítol 1. Foment de l'associacionisme de propietaris forestals.

Els ajuts podran assolir fins al 35 % de l'IMA. Va des de 601 € fins als 6.010 €.

Capítol 2. Ampliació, protecció i millora de la superfície forestal.

Secció 1. Forestació de terres no agràries. L'IMA oscil·la entre els 673 i els 1.878 €/ha.

Secció 2. Treballs silvícoles de millora. L'IMA oscil·la entre els 210 i els 841 €/ha.

Secció 3. Millora de suredes. L'IMA oscil·la entre els 210 i els 1.202 €/ha.

Secció 4. Vials. L'IMA oscil·la entre els 751 i els 2.103 €/km.

Secció 5. Projectes d'ordenació i PTGMF. L'IMA oscil·la entre els 6,3 i els 24 €/ha.

Capítol 3. Prevenció d'incendis forestals.

Els ajuts assoliran en tots els casos el 100 % de l'IMA. L'IMA oscil·la entre 601 fins als 4.327 €/km per construcció i manteniment de vials. Entre els 721 i els 1.022 €/ha, per a l'obertura i manteniment de línies de defensa, de 15.025 €, per a la construcció de punts de reserva d'aigua i de 721 €/ha per a l'obertura de franges de protecció d'urbanitzacions.

Capítol 4. Compatibilització de les explotacions forestals amb la fauna.

Els ajuts assoliran en tots els casos el 100 % de l'IMA. L'IMA oscil·la entre els 30 i els 48 €/ha amb un màxim de 150.000 € per sol·licitud.

Per al capítol 2, el percentatge de subvenció de l'IMA és el següent segons el tipus de bosc:

- 90 % en forests d'*utilitat pública*, amb Pla tècnic de gestió i millora forestal i ubicat en espais d'interès natural, o terrenys forestals declarats com a *zones d'actuació urgent*, en ser necessària alguna actuació determinada per causa major.
- 80 % en forests amb Projecte d'ordenació o Pla tècnic de gestió i millora forestal aprovat amb anterioritat a febrer de 2002.
- 60 % en la resta de casos.

Les assegurances

L'acte de l'assegurança, en general, és propi de societats avançades que prefereixen cobrir els riscos coneguts per poder invertir sense sorpreses en el futur de l'empresa. En el sector agrícola, l'assegurança de les collites representa un cost determinat per a l'empresa i assegura l'estabilitat de les rendes de l'explotació agrària. Les subvencions de les assegurances per part de les administracions, assumint un percentatge del cost de les primes, busca l'estabilitat de l'agricultura en el món rural. L'Administració, el sector productor i l'assegurador tenen com a missió consolidar aquests valors d'assegurances i si és possible reduir-ne el risc. Això es pot aconseguir augmentant

el nombre d'assegurats, ja que d'aquesta manera es reparteixen els efectes. Al principi només s'asseguren aquells que tenen una possibilitat de riscos més alta i després aquells que s'han vist afectats, ni que sigui puntualment, per alguna calamitat.

Les assegurances en el sector forestal encara estan a anys llum de les assegurances agràries tradicionals. Actualment, l'assegurança forestal contra el risc d'incendis és molt cara, a causa de l'enorme extensió de superfície a assegurar, l'elevat risc d'incendis i la baixa rendibilitat econòmica del bosc. Per aquest motiu, el DMAH promou la subvenció, que pot arribar fins al 50 % de les primes pagades per motiu d'assegurança forestal contra incendis en aquelles finques amb un PTGMF aprovat. L'any 2002 el CPF va tramitar 49 sol·licituds d'ajuts a la contractació de l'assegurança forestal contra incendis en finques ordenades per un import de gairebé 22.000 euros.

La certificació forestal

Any rere any, hi ha un nombre creixent d'empreses i de consumidors que exigeixen que la fusta que adquireixen estigui certificada, és a dir, que hagi estat obtinguda de manera sostenible. Quan es parla de fusta certificada es vol dir que s'ha produït seguint uns criteris de sostenibilitat mediambiental, econòmica i social. Els processos de certificació forestal volen satisfer aquesta preocupació, i poden constituir-se en eines poderoses per impulsar la gestió forestal sostenible, tant als tròpics com als països temperats. Així doncs, es fa ben palès que la implementació a Catalunya d'un sistema de certificació de la fusta és una magnífica ocasió perquè les exigències de multifuncionalitat i sostenibilitat s'integrin de manera efectiva en la gestió dels boscos públics i privats.

Antecedents

La conferència de Río de l'any 1992 va significar el tret de sortida per al desenvolupament de sistemes de certificació forestal. Des d'aleshores s'han elaborat esquemes de certificació molt diversos, però tots ells comparteixen els mateixos principis i objectius. Entre aquests, el d'abast més ampli es va crear l'any 1993, l'anomenat *Forest Stewardship Council*, FSC (Consell per la Custòdia Forestal), per iniciativa de grups ambientalistes a la qual es van adherir representants d'organitzacions del comerç de la fusta, de poblacions indígenes, consumidors, etc. Els criteris en què es basa es poden trobar al requadre annex.

Principis del Consell per la custòdia forestal (*Forest Stewardship Council*, FSC).

Principi 1: Compliment de les lleis i principis de l'FSC. La gestió forestal ha de respectar totes les lleis

nacionals, els tractats i acords internacionals i ha de complir tots els principis i criteris de l'FSC.

Principi 2: Drets i responsabilitats de propietat i ús.

La propietat i els drets d'ús a llarg termini sobre la terra i els recursos forestals han d'estar clarament definits, documentats i legalment establerts.

Principi 3: Drets dels pobles indígenes. Els drets legals i consuetudinaris dels pobles indígenes de propietat, ús i gestió de les seves terres, territoris i recursos han de ser reconeguts i respectats.

Principi 4: Relacions comunals i drets dels treballadors. La gestió forestal haurà de mantenir o elevar el benestar social i econòmic a llarg termini dels treballadors forestals i de les comunitats locals.

Principi 5: Beneficis del bosc. La gestió forestal haurà de promoure l'ús eficient dels diversos productes i serveis del bosc per assegurar-ne la viabilitat econòmica i una àmplia gamma de beneficis ambientals i socials.

Principi 6: Impacte ambiental. Tota gestió forestal haurà de conservar la diversitat biològica i els seus valors associats, els recursos d'aigua, els sòls i els ecosistemes fràgils i únics, a més dels paisatges.

Principi 7: Pla de gestió. Un pla de gestió—d'acord amb l'escala i amb la intensitat de les operacions previstes—haurà de ser escrit, implementat i actualitzat. En aquest pla s'hi hauran d'establir els objectius de la gestió, i els mitjans per assolir-los.

Principi 8: Seguiment i avaluació. Hauran d'avaluar-se—d'acord amb l'escala i amb la intensitat de la gestió forestal—la condició del bosc, el rendiment dels productes forestals, la cadena de custòdia i l'activitat de la gestió i els seus impactes socials i ambientals.

Principi 9: Manteniment dels boscos d'alt valor de conservació. Les activitats de gestió en boscos d'alt valor de conservació mantindran o incrementaran les característiques especials d'aquests boscos.

Principi 10: Plantacions. A més de complir els principis anteriors, les plantacions hauran de contribuir a complementar la gestió dels boscos naturals, a reduir-hi i a promoure'n la restauració.

Fins aleshores, la majoria d'esquemes de certificació que s'havien proposat, fins i tot el sistema FSC, eren de difícil aplicació a Europa perquè la problemàtica dels nostres boscos és molt diferent (l'explotació forestal segueix procediments tradicionals mentre que a molts boscos d'arreu del món, especialment tropicals, obeeixen a interessos especulatius, arrasant els bos-

cos, desplaçant poblacions indígenes, provocant l'erosió del sòl i fomentant el canvi climàtic). Fruit d'aquesta escassa aplicabilitat, algunes organitzacions de propietaris forestals europeus (finesos, alemanys, austríacs, noruecs, i suecs), a l'agost de 1998, van impulsar la creació del sistema de certificació PEFC. PEFC són les sigles de *Pan European Forest Certification* (Certificació Forestal Paneuropea), una iniciativa voluntària del sector forestal privat europeu que garanteix als compradors de productes procedents de boscos que aquests han estat gestionats de manera sostenible. Posteriorment s'hi van afegir altres estats europeus: Bèlgica, Txèquia, Dinamarca, Regne Unit, França, Irlanda, Letònia, Portugal, Espanya, Suïssa i, fins i tot, el Canadà i els EUA. Entre tots aquest estats, sumen més de 100 milions d'hectàrees de bosc, amb produccions de fusta que ronden els 280 milions de m³/any. El Consell Paneuropeu de Certificació Forestal neix oficialment el 30 de juny de 1999 a París. Actualment, a Europa hi ha un total de 48,5 milions d'hectàrees de bosc certificades de 12 països europeus, la majoria de les quals són de boscos finlandesos. A Espanya hi havia, a octubre de 2003, 88.000 ha certificades.

Dels 48,5 milions d'hectàrees de bosc certificades que hi ha actualment a Europa, 21,9 milions corresponen a Finlàndia (45 %). Si a aquestes afegim la superfície dels altres països escandinaus, el percentatge puja al 69 %. A Espanya hi ha només 88.000 ha certificades.

Els principis i criteris en què es basa aquest esquema (vegeu requadre al final del capítol) van ser aprovats a les conferències ministerials d'Hèlsinki (1993) i Lisboa (1998). En aquests criteris i els seus indicadors es posa un èmfasi especial en les funcions ambientals i protectores dels boscos (cicle del carboni, biodiversitat, sòls i aigües), conjuntament amb la millora dels recursos i de les seves funcions productives i socioeconòmiques. A més, el PEFC en relació amb el FSC té una sèrie d'avantatges: s'ajusta a les característiques de la propietat forestal europea i a l'estructura territorial de l'Europa de les regions; té cura que els petits propietaris forestals no estiguin en desavantatge en relació amb els grans boscos i a la indústria forestal, i permet desenvolupar l'opció de certificació regional, és a dir, certificació homogènia dels boscos d'una regió. Aquest darrer avantatge el fa especialment indicat per a Catalunya, on es pretén homologar el model de gestió impulsat des dels PTGMF. D'aquesta manera, quan la certificació sigui una realitat, la figura dels PTGMF adquirirà un nou sentit, agilitant i simplificant enormement el procés de certificació.

En tots els casos, l'aplicació sobre el terreny de la certificació ha d'anar precedida per una adaptació dels principis generals a la situació particular de cada país. Actualment, hi ha 18 països que estan desenvolupant sistemes nacionals de certificació en el si del PEFC. El més de maig de 1999 es va constituir l'associa-

ció PEFC-Espanya. Aquesta entitat privada, sense ànim de lucre, ha efectuat, com a primera tasca, l'elaboració de la proposta de sistema propi de certificació que es va presentar durant la V Assemblea General del PEFC celebrada a Santiago de Compostela durant els dies 18 i 19 de juny de 2001 i que crea el marc per elaborar la Certificació Regional de Catalunya. Aquest sistema de certificació es basa en els criteris i indicadors paneuropeus i en les normes UNE de gestió forestal sostenible: UNE-162001, 162002-1, 162002-2, 162003, 162004 i el document tècnic PEFC, que pot ser consultat a la web de PEFC-Espanya (vegeu també el darrer requadre).

El 22 d'abril de 2002 la Junta directiva de PEFC va decidir donar suport al sistema de certificació PEFC-Espanya, basant-se en l'informe emès per la consultora finesa externa (INDUFOR OY) encarregada de la seva auditoria. L'Assemblea General el va aprovar el 24 de maig del mateix any i des de llavors s'han certificat unes 250.000 ha (web de PEFC-Espanya).

El 25 d'abril de 2000 es va constituir l'Associació Catalana Promotora de la Certificació Forestal (ACPCF), impulsada pel, llavors, DMA i pel CPF. L'objectiu de l'Associació és promoure la gestió sostenible del bosc a Catalunya per mitjà de la certificació de la fusta produïda amb criteris de sostenibilitat, segons el sistema de certificació PEFC. L'Associació està integrada per organitzacions de propietaris privats, organismes propietaris o gestors de boscos públics, empreses del sector de la fusta, i organitzacions científiques, professionals i socials. Amb l'ACPCF es pretén desenvolupar l'opció de certificació regional, homologant un model de gestió a partir dels PTGMF, i certificar la producció forestal de tots els membres del CPF que ho sol·licitin. D'aquesta manera, els propietaris, tant públics com privats, disposaran d'un procediment el més simple i econòmic possible perquè se'ls certifiqui la sostenibilitat de la producció de les finques forestals.

L'1 d'octubre de 2002, coincidint amb la Jornada Forestal de Sant Francesc es va constituir l'Ens Català Sol·licitant de la Certificació Forestal (ENSCAT). Durant els anys 2001 i 2002, es van elaborar els documents *Referent tècnic regional* i *Procediment de control per a la certificació forestal*, que van ser sotmesos a un procés de participació pública en el si de la ACPCF. Durant la tardor de 2002 els documents van ser presentats a PEFC-Espanya per a la seva aprovació. Aquesta es va formalitzar el 3 de març de 2003 i des de llavors s'han certificat unes 23.000 ha (Associació Catalana Promotora de la Certificació Forestal, 2003).

Un cop aprovat el sistema de certificació, els propietaris forestals que disposin de PTGMF es podran comprometre actiuament i voluntària a complir les normes de certificació i obtenir, com a reconeixement de la gestió forestal que practiquen,

una etiqueta de qualitat avalada pel PEFC. Però per obtenir aquesta certificació hauran d'analitzar la situació de cada un dels indicadors (vegeu requadre annex) i incorporar aquesta

informació en una documentació que serà estudiada per auditors independents que proposaran a l'organisme certificador, si s'escau, l'atorgament de la certificació.

Criteris i indicadors de la certificació forestal paneuropea a Espanya.

S'han establert 34 indicadors genèrics i 9 indicadors complementaris agrupats en 6 criteris generals per a l'avaluació de la certificació a escala regional.

Criteri 1: Manteniment i millora adequada dels recursos forestals i de la seva contribució als cicles globals de carboni.

- Indicador 1.1: Superfície i estructura.
- Indicador 1.2: Existències i taxa de creixement.
- Indicador 1.3: Fixació de carboni.
- Indicador 1.4: Existència de plans de gestió.
- Indicador 1.5: Adequació funcional de la massa (no aplicable a la certificació regional).
- Indicador 1.6: Legislació forestal (específic de la certificació regional).

Criteri 2: Manteniment de la salut i vitalitat de l'ecosistema forestal.

- Indicador 2.1: Estat sanitari de la coberta forestal.
- Indicador 2.2: Activitat cinegètica i ramadera extensiva (no aplicable a la certificació regional).
- Indicador 2.3: Plans de defensa contra incendis.
- Indicador 2.4: Prevenció d'incendis: control de combustible (no aplicable a la certificació regional).
- Indicador 2.5: Estat nutricional del sòl.
- Indicador 2.6: Tècniques de control de plagues i malalties.
- Indicador 2.7: Tècniques aplicades als treballs forestals.
- Indicador 2.8: Estat de regeneració de zones afectades per catàstrofes.
- Indicador 2.9: Danys originats per herbívors.
- Indicador 2.10: Emissions i deposicions de contaminants.
- Indicador 2.11: Danys per catàstrofes (específic de la certificació regional).

Criteri 3: Manteniment i potenciació de les funcions productives dels boscos (fustaner i no fustaner).

- Indicador 3.1: Seguiment i avaluació de la producció.
- Indicador 3.2: Relació aprofitaments/creixement o producció biològica.
- Indicador 3.3: Rendibilitat econòmica.

- Indicador 3.4: Accessibilitat.
- Indicador 3.5: Informació socioeconòmica forestal (específic de la certificació regional).

Criteri 4: Manteniment, conservació i potenciació adequada de la diversitat biològica en els ecosistemes forestals.

- Indicador 4.1: Estimació de la biodiversitat.
- Indicador 4.2: Conservació d'espais protegits.
- Indicador 4.3: Conservació i millora d'hàbitats singulars i ecotons.
- Indicador 4.4: Espècies amenaçades.
- Indicador 4.5: Arbres morts.
- Indicador 4.6: Espècies forestals naturals i seminaturs.
- Indicador 4.7: Qualitat de la regeneració.
- Indicador 4.8: Material reproductiu forestal (específic de la certificació regional).
- Indicador 4.9: Boscos mixtos (específic de la certificació regional).

Criteri 5: Manteniment i potenciació adequada de les funcions de protecció en la gestió del bosc (sobretot, del sòl i de l'aigua).

- Indicador 5.1: Control de l'erosió.
- Indicador 5.2: Aigües.
- Indicador 5.3: Forests protectores.
- Indicador 5.4: Gestió de residus no forestals.

Criteri 6: Manteniment d'altres funcions i condicions socioeconòmiques.

- Indicador 6.1: Conservació d'arbres i entorns singulars.
- Indicador 6.2: Condicions sociolaborals dels treballadors de la unitat de gestió.
- Indicador 6.3: Formació dels treballadors en matèria de gestió forestal sostenible i en riscos laborals.
- Indicador 6.4: Patrimoni històric.
- Indicador 6.5: Valors recreatius, paisatgístics i culturals.
- Indicador 6.6: Socioeconomia forestal (específic de la certificació regional).

6. Dinàmica forestal

Introducció

Les claus de la dinàmica forestal: processos de mortalitat i regeneració

Dinàmica forestal. El cas dels boscos mediterranis d'alzina i pi blanc

6. Dinàmica forestal

Josep Maria Espelta, CREAM

Introducció

Un dels objectius centrals de l'ecologia vegetal és esbrinar quins tipus de factors controlen la distribució espacial de les plantes i, per tant, la composició específica de les comunitats. Aquests factors, i la seva importància, poden canviar segons l'escala d'estudi (figura 6.1). Mentre a una escala regional dos dels factors més importants són el clima (vegeu capítol 4) i el substrat geològic (p. e. calcari, silícic), a una escala més local són la topografia (altitud, orientació, pendent, forma del relleu) i el sòl (gruix, estructura) els elements que controlen els patrons de distribució. Hi ha un tercer grup de factors que influiran, particularment sobre aquesta segona escala, en les espècies presents i en la dinàmica de la comunitat forestal: el *tipus i règim de perturbacions* (incendis, explotació forestal, sequeres, etc.). Les perturbacions, tant naturals (ventades, nevades) com induïdes per l'home (tallades), poden ser moderades (trencada d'una branca, mort d'un arbre) o d'abast més gran (incendi). En qualsevol cas, afecten, en major o menor grau segons la seva intensitat i freqüència, la coberta del bosc i, per tant, modifiquen la disponibilitat de recursos (llum, aigua, nutrients). La identifica-

Figura 6.1. Factors que determinen la distribució dels boscos



A grans trets, la distribució dels boscos està determinada per la climatologia i el substrat geològic a escala regional (A) i per altres factors com la topografia o el tipus de sòl a una escala més local (B). En el temps, l'estructura i composició del bosc poden canviar per efecte de les perturbacions (C), naturals o induïdes per l'home.

ció de l'efecte d'aquests factors sobre la mortalitat i la regeneració de cada espècie serà un element clau per entendre la dinàmica del bosc i per poder predir els canvis en l'estructura i la composició específica de la comunitat, és a dir, la coexistència o la substitució d'espècies.

Les claus de la dinàmica forestal: processos de mortalitat i regeneració

La mortalitat dels arbres ve determinada per la seva longevitat, en funció del cicle biològic, com també per l'acció d'altres causes ambientals (com factors climàtics, malalties, depredació o accidents mecànics). La mort d'un arbre pot produir-se per efecte d'un únic factor (un llamp, una sequera, una ventada, etc.) o bé ser el resultat d'un sumatori de causes diferents, per exemple competència, patògens i estrès hídric; actuant sobre un individu debilitat o envellit. És important destacar que, mentre que és relativament freqüent observar en els nostres boscos processos de mortalitat deguts a l'elevada competència present en masses joves amb una elevada densitat, o bé a esdeveniments climàtics extrems (com la sequera de 1994 o la nevada de 2001), és força més rar observar arbres vells i de gran port senescents o bé morts. Aquest fet obeeix a la joventut dels nostres boscos i a la intensa gestió a la qual han estat sotmesos en temps recents (vegeu capítols 4 i 5). Cal, però, valorar l'extraordinària importància que té la presència de grans arbres vells morts o senescents, en peu o caiguts, tant per a la fauna (ofereixen talaies o refugi per a ocells, caus per a micromamífers, etc.) com per a la pròpia dinàmica del bosc (obertura del sostre del bosc, disponibilitat de recursos, etc.).

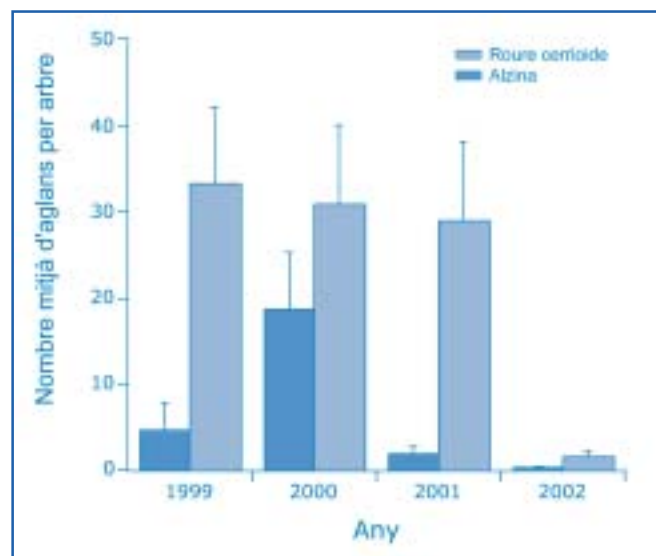
L'alliberament d'espai i de recursos com a conseqüència de la perturbació possibilitarà el procés de reclutament i creixement de nous individus, és a dir, la regeneració del bosc. La primera fase d'aquesta requereix la producció de llavors potencialment viables per germinar. Aquest procés depèn de diferents circumstàncies, la primera de les quals és que els arbres hagin assolit la seva maduresa sexual. Això, tot i que hi ha un ampli rang de variació entre espècies i en algunes d'elles està poc estudiat, acostuma a produir-se en els nostres arbres a una edat força primerenca (al voltant de 10-12 anys en el pi blanc, *Pinus halepensis*), si es compara amb el nombre d'anys que aquestes espècies poden viure. Un cop assolit aquest moment, la producció de llavors està directament relacionada amb la mida dels individus i la disponibilitat de recursos (llum, aigua, nutrients), com també amb la posició, preferent o no, que l'individu ocupa en l'estructura del rodal (arbres del vol, codominants o suprimits). A banda d'aquestes característiques individuals, la producció de llavors també està condicionada per altres característiques generals del rodal. Així, per exemple, Espelta et al. (1995) han observat que tant la producció d'agllans com la mida d'aquestes

disminueixen en augmentar la densitat dels alzinars. En el cas de les espècies dioïques que presenten sexes separats (arbres mascle i femella), com el teix (*Taxus baccata*), la proporció i la situació espacial dels peus mascle i femella en el rodal serà un factor determinant per a la seva regeneració. Sobre aquest conjunt de factors individuals i del bosc hi actuen les condicions meteorològiques, de manera que els anys favorables (pluges abundants, temperatures suaus), la producció de llavors és major. De tota manera, cal destacar en algunes espècies, com l'alzina (*Quercus ilex*), el fenomen de l'anyivoria (*masting*), la producció d'un elevat nombre d'agllans en determinats anys i la nul·la producció en altres, de manera relativament independent a les condicions meteorològiques del moment (figura 6.2). Aquesta característica té una interpretació complexa, i sovint s'atribueix a una estratègia per desconcertar els possibles depredadors que, a causa d'aquest comportament erràtic, no podrien sincronitzar el seu creixement poblacional amb la producció de fruits.

Un cop madures les llavors, la seva dispersió dependrà de diferents característiques morfològiques, com també de la inte-

racció d'altres factors físics (com el vent) o biòtics (animals disseminadors). Entre les característiques que més influencien la capacitat de dispersió destaca la mida de les llavors. Les llavors de mida petita, com les de pollancre (*Populus* sp. pl.), oms (*Ulmus* sp. pl.), alguns aurons (*Acer* sp. pl.) i pins (*Pinus* sp. pl.), són produïdes en grans quantitats i dispersades pel vent, gràcies a la seva forma aerodinàmica, el poc pes i l'ajut d'algunes estructures que faciliten el procés (com les ales de les sàmares). En el cas dels pins, Broncano (2000) ha observat que els pinyons de pi blanc poden arribar a dispersar-se abundantment fins a 25 m des de l'arbre productor, en menor quantitat fins a 50 m i esporàdicament fins a 100 m (figura 6.3). En altres espècies que produeixen llavors grans i pesades, com el faig (*Fagus sylvatica*), l'alzina, el castanyer (*Castanea sativa*) o els roures (*Quercus* sp. pl.), les llavors simplement cauen de l'arbre i, com a molt, es desplacen alguns metres per efecte del relleu (pendent) o arrossegades per l'escolament de la pluja. Tot i això, aquestes llavors que de fet constitueixen la base de la dieta d'alguns animals (rosegadors, ocells, etc.), poden ser dispersades per aquests a llargues distàncies, fins i tot superiors a les que cobreixen les llavors que són empenyides pel vent. Un cas ben

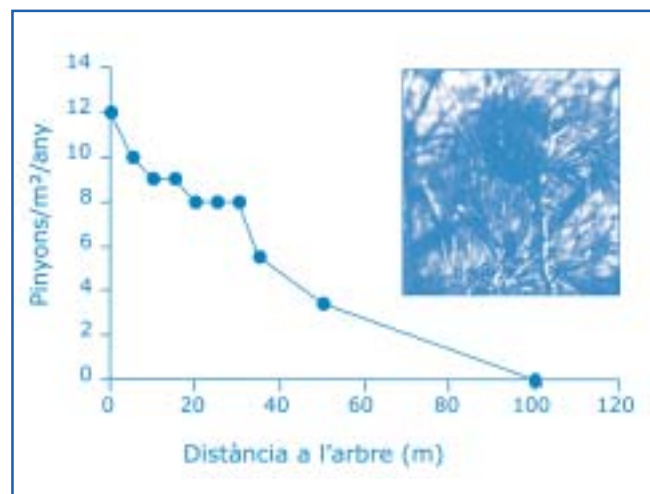
Figura 6.2. Producció d'agllans en alzina i roure cerrioide en el període 1999-2002



El gràfic mostra la mitjana de la producció d'agllans en l'alzina (fosc) i el roure cerrioide (clar) durant quatre anys (període 1999-2002) a la Serra de Collserola. Noteu la gran heterogeneïtat en la producció entre anys (sobretot en l'alzina), l'escassíssima fructificació de l'any 2002 i la gran diferència que pot existir, fins i tot entre dues espècies filogenèticament properes.

Font: Modificat de Cortés, 2003.

Figura 6.3. Nombre de pinyons de pi blanc que arriben a terra segons la distància a l'arbre font



La gràfica mostra el nombre mitjà anual de pinyons per m² que arriben a terra segons la distància a l'arbre que actua com a font de dispersió. A mesura que ens allunyem de l'arbre font, la quantitat de pinyons disminueix considerablement (a poc més de 30 m de distància només trobem la meitat de pinyons que a sota de l'arbre).

Font: Modificat de Broncano, 2000.

conegut és la dispersió de les aglans de roure i alzina per alguns ocells, entre els quals destaca el gaig (*Garrulus glandarius*). Aquesta dispersió no és pas un procés voluntari, ans el resultat de l'oblit de magatzems de llavors o bé de la pèrdua d'aquestes llavors durant el procés de transport. La dispersió d'aglans a llarga distància per animals ens ajuda a entendre la progressiva colonització per l'alzina, que hom observa en pinedes de pi blanc o en brolles, sense que hi hagi arbres adults d'aquesta espècie al voltant.

Per bé que nombrosos animals participen en la dispersió de les llavors, també es cert que bona part d'aquestes són depredades i consumides pels animals, des d'insectes (p. e. formigues) fins a mamífers (esquirols, guineus, senglars, etc.). Aquesta depredació no acostuma a alterar la composició específica de la comunitat, però sí que, en canvi, pot modificar de manera important la densitat de regenerat d'algunes espècies (Terradas, 2001). Entre els insectes, les formigues granívores destaquen pel seu elevat consum de llavors d'algunes espècies. En diferents estudis duts a terme amb pinyons de pinassa (*Pinus nigra*), s'ha observat com formigues (sobretot del gènere *Messor*) podien arribar a depredar fins el 80 % de pinyons disponibles en una zona (Ordóñez i Retana, 2004). Certament, els pinyons resulten molt atractius per a nombrosos animals i així, per exemple, observacions realitzades al Parc de Collserola (Barcelona) han constatat com els esquirols poden arribar a depredar entre el 30 % de pinyes de pi blanc en un any de bona producció d'aquests fruits, i un 50 % de la collita total en anys de baixa producció (Andreu et al., 2000). També les llavors grans, com les d'alzina, roure o faig per exemple, poden sofrir elevades taxes de depredació que difereixen segons l'estructura del bosc. Cortés (2003) han trobat que el percentatge de depredació d'aglans d'alzina i roure pot variar entre el 20 % en boscos esclarissats i el 40 % en boscos densos de la mateixa Serra de Collserola.

Per poder germinar, les llavors que escapen de la depredació han de ser dipositades en microllocs (*microsites*) que les proveeixen de les condicions de temperatura, humitat i tipus de sòl adients. Aquestes condicions canvien segons l'espècie. Per regla general les llavors petites, sovint de cobertes dures, són menys sensibles a la humitat ambiental i requereixen d'un sòl nu (sòl mineral) per poder germinar. En canvi, les llavors grans es dessequen més ràpidament i per això necessiten restar protegides per la fullaraca o altres restes vegetals, amb una humitat ambiental alta i ambients ombrívols. Aquests requeriments marcaran, ja de bon principi, en quin tipus d'ambients la regeneració d'unes espècies o altres es veurà afavorida. En el primer cas, els sòls pertorbats (mancats de fullaraca) seran un ambient favorable per a aquest procés, mentre que en el segon cas l'establiment de les llavors es produirà preferentment en

zones menys alterades (sòls que conserven els horitzons superficials, sovint sota una coberta arbrada).

Un cop establertes, les plàntules requereixen de les condicions de llum i aigua adients per sobreviure, iniciar el seu creixement i assolir nous estadis del cicle vital, el d'arbrissó i finalment, el d'arbre. En les espècies d'arbres, la disponibilitat de llum ha estat considerada un dels factors ambientals més importants que influirà en el procés de regeneració i així s'ha establert una classificació entre: les espècies que no poden regenerar sota la coberta del bosc (*intolerants a l'ombra*), les que sí poden establir-se i mantenir un banc de plàntules en aquestes condicions (*mig tolerants a l'ombra*) i les que poden regenerar, créixer i reproduir-se en condicions d'ombra (*tolerants a l'ombra*, parlant estrictament). A diferència dels boscos tropicals, en els boscos de Catalunya no trobem espècies completament tolerants a l'ombra, és a dir, que puguin completar el seu cicle biològic en aquestes condicions, i totes les nostres espècies o bé es comporten com intolerants, o bé requereixen ombra només en les primeres fases del seu desenvolupament. D'altra banda, cal destacar que, en el nostre clima mediterrani, on l'aigua és el principal recurs limitant, la intolerància a l'ombra porta aparellada una major resistència a l'estrès hídric, el qual s'incrementa en condicions d'elevada radiació solar. En canvi, les espècies d'ombra són molt més sensibles a aquest estrès.

La tolerància o intolerància a l'ombra, de fet, resumeix una veritable síndrome de característiques lligades al procés de regeneració: la mida de les llavors, el seu mecanisme de dispersió, les condicions que requereixen per a la germinació i les característiques morfològiques i fisiològiques que permetran el desenvolupament de les plàntules. Les espècies intolerants a l'ombra acostumen a presentar llavors petites. Aquestes llavors, que per la seva petita mida necessiten sòl sense fullaraca, contenen poques reserves per proporcionar el creixement inicial de les plàntules en situacions desfavorables (per exemple, d'ombra) o per competir amb altres plantes. Per això, aquestes espècies no poden mantenir un banc de plàntules o arbrissos en un bosc tancat, amb una elevada cobertura arbòria. Per a la seva regeneració necessiten ambients oberts, sovint pertorbats, on incideixi una elevada radiació solar i on puguin expressar ràpidament el seu creixement. Són espècies de creixement relativament ràpid, que inverteixen majoritàriament els seus fotoassimilats en aquest procés, en lloc de destinar-los a reserves, defensa, etc. A nivell fisiològic, acostumen a presentar elevades taxes fotosintètiques, juntament amb diferents mecanismes per controlar les pèrdues d'aigua per transpiració (bon control estomàtic), mentre que, a nivell arquitectònic, fan una assignació prioritària de la seva biomassa cap a fulles (òrgans assimiladors) i tija. En canvi, les espècies tolerants a l'ombra tenen llavors grans, que necessiten ambients amb una bona humitat per germinar i que

contenen una important quantitat de reserves per al creixement de les plàntules. Per això, aquestes espècies poden mantenir un banc de plàntules (*regeneració avançada*) en boscos madurs, sota una elevada cobertura arbòria. Contràriament al cas anterior, són espècies de creixement relativament lent, fusta més aviat densa, i sovint amb un elevat contingut de metabòlits secundaris que les protegeixen dels fitòfags (com els tannins en les fagàcies). Acostumen a presentar menors taxes fotosintètiques i a tenir més pèrdues d'aigua per transpiració (menor control estomàtic). A nivell arquitectònic, presenten una més gran inversió en arrels i òrgans de reserva. Des del punt de vista evolutiu, s'ha interpretat que les espècies tolerants a l'ombra representen una estratègia més conservadora, en la qual s'intenta optimitzar la possibilitat de supervivència, a costa però d'un creixement menor i més lent, mentre que les espècies intolerants intenten maximitzar el seu ràpid creixement per assegurar-se la disponibilitat de llum. Aquests dos comportaments poden considerar-se els dos extrems d'un gradient continu en què podríem situar i comparar entre si la resposta regenerativa de les diferents espècies d'arbres dels boscos de Catalunya.

A banda de les característiques de producció de llavors, dispersió, depredació i la tolerància o intolerància del regenerat a l'ombra, altres atributs vitals de les espècies poden incidir en el seu procés de regeneració. En aquest context és important destacar la capacitat de rebrotar (restituir la part aèria perduda per efecte d'una pertorbació a partir de bancs de gemmes protegides) que presenten molts dels arbres planifolis que trobem en els nostres boscos (com alzina, suro, roure, castanyer, faig, etc.). Tot i que aquesta rebrotada serà tractada amb més profunditat en relació amb els incendis forestals en el capítol 7, és important destacar que, tot i no tractar-se d'un veritable mecanisme de reproducció, car no dóna lloc a nous individus genètics, sí que en canvi significa la reiteració o reconstrucció de la part aèria d'un individu que li permet seguir ocupant un determinat espai, impedir la instal·lació d'altres plantes i controlar un determinat volum de recursos (llum, aigua i nutrients). Així doncs, la rebrotada després d'una pertorbació esdevé un possible mecanisme de regeneració del bosc que comporta canvis en l'estructura del rodal, però no en la seva composició específica a curt termini, ja que no hi ha incorporació de nous individus ni reemplaçament.

• • • • •

Dinàmica forestal.

El cas dels boscos mediterranis d'alzina i pi blanc

L'alzina (*Quercus ilex* L.) i el pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.) són dues de les espècies forestals més abundants a l'oest de la conca mediterrània, amb un considerable encavallament de les seves àrees de distribució respectives. A Catalunya alzinars, pinedes i boscos mixtos d'ambdues espècies formen un mosaic

típic de la muntanya mitjana i la terra baixa. En aquest sentit, el pi blanc és l'espècie forestal més estesa (20 % de la superfície forestal arbrada), seguit de prop per l'alzina (15 %, i tercera espècie més abundant al nostre país després del pi roig, 18 %). Per la seva importància paisatgística, ecològica i en la gestió forestal (aprofitament de fusta i llenyes), la biologia i ecologia d'ambdues espècies, com també la dinàmica d'aquests boscos, ha estat força estudiada en els darrers anys.

L'alzina és una espècie perennifòlia i esclerofil·la, de creixement lent i fusta dura, amb una gran assignació de biomassa a les arrels i amb una vigorosa capacitat per rebrotar després de pertorbacions. L'alzina presenta una clara anyivoria en la seva producció de fruits (agllans), els quals resten a poca distància de la font de producció o bé puntualment són dispersats per alguns animals. En canvi, el pi blanc és una conífera de creixement més ràpid, sense capacitat de rebrotar però amb un elevat potencial de producció i dispersió de llavors que li permet colonitzar àrees recentment pertorbades i relativament distants. Pel que fa als requeriments de llum i aigua, les dues espècies presenten clares diferències, especialment durant la fase de regeneració. Així doncs, l'alzina ha estat tradicionalment considerada com una espècie força tolerant a l'ombra i amb una moderada resistència a l'estrès hídric, mentre que el pi blanc ha estat classificat com intolerant a l'ombra i amb una gran tolerància a l'estrès hídric.

La sensibilitat de les agllans d'alzina a la dessecació i, per tant, la seva curta viabilitat (1-2 mesos) fan que aquestes necessitin nivells baixos de llum i una elevada humitat ambiental, com la que es troba sota una coberta arbòria tancada, per a la germinació i la supervivència de les plàntules. Diferents estudis en condicions controlades han indicat que l'òptim per aquest establiment i supervivència se situa en ambients on la intensitat de llum no supera el 8 % i amb una disponibilitat d'aigua no inferior a 500 l/m² anuals (Retana et al., 1999). Aquesta importància de la llum i l'estrès hídric com a factors limitants per al reclutament de l'alzina s'ha vist corroborada per treballs de camp en els quals s'ha observat que la major supervivència de les plàntules es dóna en microllocs en forma de depressió, amb fullaraca, en comparació de llocs de sòls pedregosos, nus o en forma de monticle (Retana et al., 1999). La importància de la disponibilitat d'aigua ha quedat palesa també en les observacions de camp, en les quals s'ha constatat un clar increment en la densitat de plàntules d'alzina amb l'altitud i en les obagues.

El requeriment d'una elevada humitat per a les plàntules d'alzina s'explica pel reduït control de les pèrdues d'aigua per transpiració, mentre que la seva tolerància a l'ombra estaria relacionada amb una gran capacitat per mantenir elevades quantitats de pigments fotosintètics en aquestes condicions i, per tant, una bona capacitat d'assimilació. Aquestes caracte-

rístiques són les que ens expliquen que aquesta espècie pugui mantenir un banc de plàntules «estacionades» sota el vol del bosc, amb una supervivència que pot abastar nombrosos anys, però sense creixement. No obstant això, els mateixos estudis citats anteriorment han indicat que si bé, l'òptim per a la supervivència dels plançons se situa al voltant del 8 % de llum, el seu creixement augmenta notablement quan la radiació arriba al 36 %, equivalent a la llum present en boscos amb un vol mig tancat. Aquests resultats palesen que perquè hi hagi un reclutament efectiu de plançons d'alzina i que aquests progressin cap a nous estadis de creixement juvenil (arbrissons) cal, en un bosc que presenta una estructura força madura (elevat recobriment, fullaraca al sòl, etc.), que es doni un règim de perturbacions moderat (trencadissa d'algunes branques, mort d'alguns arbres vells, etc.).

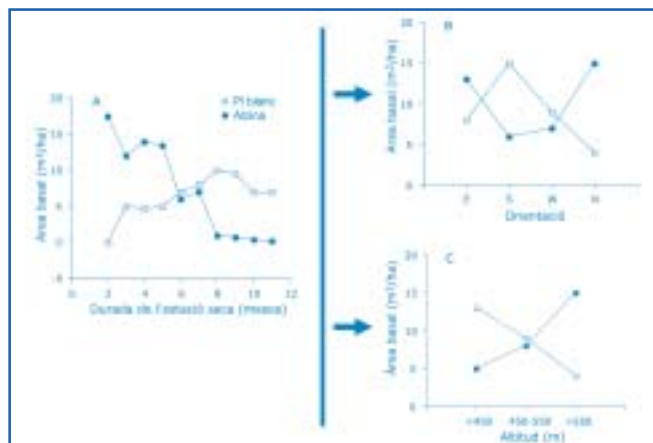
Tal com s'ha comentat anteriorment, la presència de boscos madurs és escassa a Catalunya. Així doncs, la major part d'alzinars, fruit bàsicament d'una antiga gestió centrada en la producció de carbó i actualment de llenya, presenten una estructura de bosc jove, amb una elevada densitat de peus, de mida petita (vegeu capítol 4), en els quals es practiquen aclarides de selecció cada 20-30 anys. En aquests casos la «renovació» del bosc està centrada i dominada per la vigorosa capacitat de rebrotar d'aquesta espècie. Tal com han constatat diferents estudis, la tallada fa que el nivell de radiació augmenti molt (fins al 80 % aproximadament), fet que suposa unes condicions poc favorables per a la germinació de les aglans i la supervivència dels plançons d'alzina, a banda de la gran competència que representen els individus ja instal·lats i que estan rebrotant. En aquests casos, doncs, s'ha observat que el reclutament de nous individus és pràcticament nul i que el bosc es reconstrueix bàsicament a partir dels individus que rebroten. Com s'ha posat de manifest en estudis d'aclarides d'alzinars en el Montseny, el primer any després de la perturbació el nombre de rebrots per individu arriba a ser de 167 per disminuir fins a 3,5 peus arboris al cap de 30 anys, a causa de la progressiva competència per la llum entre els rebrots d'un mateix individu (Retana et al., 1992). Diferents autors han alertat que, tot i que encara no s'ha constatat una disminució en la capacitat de rebrotada d'aquests boscos amb l'edat, no és descartable que es produeixi a mitjà o llarg termini (vegeu capítol 7). Si fos així, el nul reclutament de nous individus, a banda d'induir alguns problemes per la manca de renovació dels recursos genètics, podria comprometre la continuïtat per rebrotada d'aquests boscos.

Si es compara amb el model descrit per a l'alzina, el pi blanc necessita les condicions ambientals oposades per a la seva regeneració. Tal com han constatat diferents estudis, les llavors d'aquesta espècie necessiten sols minerals lliures de fullaraca per iniciar la seva germinació. Aquestes condicions rarament es donen sota la coberta del bosc, on la mateixa pinassa difi-

culta el contacte dels pinyons amb el sòl i l'arrelament de les plàntules en néixer. A banda, l'ombra que produeixen les capçades dels arbres dificulta el creixement dels plançons. En aquest sentit, tot i que gràcies a la gran plasticitat morfològica i fisiològica d'aquesta espècie, algunes vegades es poden observar petits plançons recentment germinats en el bosc, la seva supervivència és incerta. En estudis complementaris als anteriorment esmentats per a l'alzina, s'ha observat com la supervivència dels joves pinetons és excel·lent sota nivells d'intensitat de llum del 80 %, fins i tot amb una disponibilitat hídrica de 450 l/m² anuals. La intolerància a l'ombra de l'espècie s'atribueix al fet que, tant bon punt augmenta la quantitat de tija i branquillons que suporten la capçada d'aquests pinetons, probablement les despeses en el manteniment d'aquestes estructures depassen la minsa assimilació fotosintètica que es produeix en aquestes condicions. Aquest fet, unit a la competència exercida pels arbres més grans, condueix a la mortalitat de plàntules i arbrissons. En canvi, la supervivència de les plàntules de pi blanc en condicions d'elevada intensitat de llum i dèficit hídric és possible gràcies a eficaços mecanismes de control de les pèrdues d'aigua, tant fisiològics (control estomàtic, ajust osmòtic) com morfològics (reducció de l'àrea foliar i, fins i tot, senescència d'una part de les fulles). Totes aquestes característiques fan que la regeneració es vegi afavorida després de perturbacions severes que disminueixen dràsticament la coberta arbòria, o bé quan es tracta de colonitzar nous espais oberts (p. e. camps de conreu abandonats).

Una situació particular i força interessant s'esdevé quan analitzem la regeneració d'aquestes dues espècies en boscos mixtos, molt abundants en nombroses comarques de Catalunya (vegeu capítol 4). En aquest cas com assenyalen Zavala et al. (2000), comparant resultats d'experiments en condicions controlades amb observacions de camp i models de simulació de la dinàmica forestal, la composició d'aquests boscos mixtos estarà determinada per la interacció de dos elements: les característiques climàtiques i el règim de perturbacions, amb un balanç entre les situacions de coexistència d'ambdues espècies o bé una progressiva dominància de l'alzina o el pi blanc (figura 6.4). A una escala regional, l'efecte de la durada de l'estació seca és altament significativa. En l'extrem més sec (més de vuit mesos de sequera), el pi blanc forma bosquets monoespecífics. En aquest punt, fins i tot la presència de regenerat disminueix en passar d'obaga a solana, seguint la dràstica disminució de la disponibilitat hídrica imposada per l'orientació. En l'altre extrem del gradient (menys de quatre mesos de sequera), l'alzina esdevé l'espècie dominant. En les situacions amb una durada de l'estació seca intermèdia (entre quatre i vuit mesos), trobem les dues espècies seguint un gradient d'abundància marcat per l'altitud i l'orientació, amb una major presència de l'alzina en alçada i en les obagues i del pi blanc a la terra baixa i en les solanes.

Figura 6.4. Factors que determinen la dominància d'alzina o pi blanc



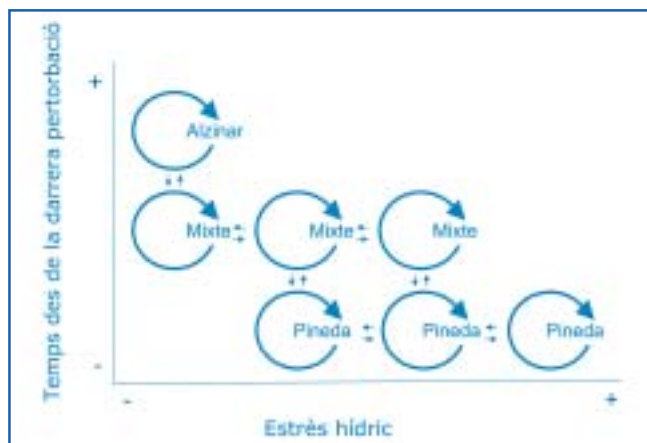
El gràfic mostra l'evolució de l'àrea basal mitjana (en m²/ha) d'alzina (punts negres) i pi blanc (punts blancs) segons el nombre de mesos que dura l'estació seca a Catalunya (A), i segons l'orientació (B) i l'altitud (C) al Figaró. A mesura que augmenta la durada de l'estació seca, augmenta la presència de pi blanc, mentre que l'alzina mostra el patró invers. Pel que fa a l'orografia el pi blanc es troba majoritàriament a les exposicions sud i oest i a una menor altitud, mentre que l'alzina domina en els vessants nord i est i a més altitud.

Font: Modificat de Zavala et al., 2000.

Juntament amb aquest efecte climàtic i topogràfic, la dinàmica dels boscos mixtos de pi blanc i alzina està condicionada pels canvis temporals en l'obertura i tancament del bosc per efecte de les pertorbacions (figura 6.5). En les zones més pertorbades, amb nivells de radiació solar més elevats incidint en el sòl, la presència de pi blanc s'incrementa, mentre que, en les zones amb una menor intensitat de pertorbació, l'alzina troba les condicions òptimes per al seu establiment.

Aquest model de dinàmica forestal, basat en la interrelació de variables climàtiques i topogràfiques amb el règim de pertorbació, és aplicable, amb matisos, al que succeeix amb altres espècies de coníferes i planifolis de Catalunya les quals presenten àrees de distribució sobreposades, com el pi roig (intolerant a l'ombra) amb el roure o amb el faig (tolerants a l'ombra). També en el cas que es tracti únicament de coníferes és produïen situacions semblants, controlades pel grau de tolerància a l'ombra de les espècies presents. Per exemple, a la Catalunya central els boscos de pi blanc se situen als vessants solana i a una altitud més baixa que la pinassa, localitzada preferentment en orientacions nord i a major altitud. En la zona on les dues espècies coexisteixen, la pinassa, relativament més tolerant a l'ombra que el pi blanc, el substitueix si el règim de pertorbaci-

Figura 6.5. Dinàmica dels alzinars, boscos mixtos i pinedes segons l'estrès hídric i el règim de pertorbació



El gràfic mostra una representació idealitzada de la transició i dinàmica entre els alzinars, els boscos mixtos i les pinedes de pi blanc on en abcises es mostra l'estrès hídric i en ordenades el temps des de la darrera pertorbació. Noteu que un major temps des de la darrera pertorbació implica un major recobriment i per tant una menor intensitat de llum a l'interior del bosc.

Font: Modificat de Zavala et al., 2000.

ons és moderat. De manera semblant, a l'alta muntanya dels Pirineus, pi roig, avet i pi negre es distribueixen seguint un gradient altitudinal, modificat localment per l'orientació i el relleu. Tal com han assenyalat estudis fets a la Mata de València, la major tolerància a l'ombra de l'avet permet el reclutament d'aquesta espècie en les zones de bosc més tancat, la regeneració del pi roig es localitza preferentment a les grans clarianes, mentre que el pi negre presenta un comportament intermedi. En el cas dels planifolis rebrotadors (p. e. alzina, roure, castanyer, faig) la diferent tolerància a l'ombra durant les fases juvenils també condiciona la regeneració dels boscos mixtos d'aquestes espècies. En comparar el comportament de l'alzina i el roure cerrioide (*Quercus cerrioides*), Cortés (2003) ha observat una major capacitat de supervivència de les plàntules de roure a baixes intensitats de llum en contrast amb l'alzina que, en aquest cas, seria comparativament menys tolerant. Aquests resultats es confirmen en estudis de camp on s'ha detectat una major presència de plàntules de roure en els boscos mixtos de les dues espècies amb major cobertura arbòria. No obstant això, en aquest cas la dinàmica també estarà condicionada per possibles diferències en la capacitat de rebrotar de les dues espècies. En concret, s'observa una major capacitat en la producció de rebrots en l'alzina, el que indicaria una millor aptitud

d'aquesta espècie sobre el roure per resistir pertorbacions severes o reiterades (Espelta et al., 2003).

Tot i que tenim un coneixement relativament bo dels factors que controlen la distribució i dinàmica de bona part de les espècies d'arbres de Catalunya dominants a escala de paisatge, queden algunes importants qüestions obertes que necessiten un continuat esforç de recerca experimental, de camp i a partir de models de simulació. En particular, desconeixem força quin pot ser l'efecte sobre els nostres boscos d'un canvi climàtic més que probable (vegeu però, els capítols 9 i 10) com també altres esdeveniments directament o indirecta relacionats amb l'home: augment de la contaminació atmosfèrica (especialment l'ozó troposfèric), recessió de la gestió de les masses forestals, augment de la fragmentació d'algunes zones boscoses (carreteres, urbanitzacions, etc.) i també la reiteració de pertorbacions ca-

tastròfiques (p. e. grans incendis). A banda d'aquests reptes, cal també millorar el coneixement dels factors que controlen la dinàmica de les altres espècies arbrades de Catalunya no abundants a escala de paisatge, ja que 75 de les gairebé 90 espècies trobades en l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (88 en total, vegeu quadre 4.1) no arriben a l'1 % de la superfície forestal arbrada de Catalunya. Aquestes espècies són «rars», en el sentit que es troben localitzades en àrees geogràfiques restringides o que es distribueixen més àmpliament per Catalunya però sempre presents amb un nombre petit de peus. Tanmateix, tot i ser poc rellevants pel que fa al paisatge o a l'estructura del rodal, poden tenir un elevat valor en termes de la diversitat de la comunitat vegetal *per se* i per al funcionament general de tot l'ecosistema forestal. Aquest és el cas de nombroses espècies com el teix, les moixeres, etc., que moltes vegades forneixen recursos importants a la fauna, i de les quals encara avui en tenim un escàs coneixement.

7. Els incendis forestals

Introducció

Els incendis forestals a Catalunya

El problema dels grans incendis forestals

La prevenció i extinció dels incendis

La resposta de la vegetació als incendis

La restauració després dels incendis forestals

Regeneració natural o restauració artificial?

7. Els incendis forestals

Josep Maria Espelta, CREAL

Introducció

El foc és una pertorbació natural, i per tant un factor ecològic present en molts tipus d'ecosistemes del món, des dels boscos boreals, a les sabanes o praderies tropicals i temperades fins als matollars i boscos mediterranis. La propensió dels ecosistemes mediterranis al foc obeeix en bona part a la presència en aquests sistemes d'un clima amb un règim de precipitació moderat, molt irregular, amb sequeres recurrents i amb un fort i perllongat eixut estival acompanyat d'elevades temperatures. El foc ha estat considerat la principal pertorbació natural dels boscos mediterranis i un dels principals factors ecològics que han contribuït a modelar l'actual riquesa biològica i paisatgística que caracteritza aquestes zones (vegeu Terradas, 1996). El foc condiciona les espècies de flora i fauna que poden persistir, l'estructura de l'hàbitat i l'oferta alimentària per a la fauna, i determina mosaics espacials amb diferents fases de regeneració que, segons l'escala d'espai i de temps entre incendis, poden crear diversitat. Tot i això, el foc pot també ocasionar pèrdues de nutrients de l'ecosistema, accelerar l'erosió del sòl, afectar negativament espècies poc abundants o de requeriments forestals estrictes i que no tenen mecanismes adients de persistència o dispersió, i pot produir una simplificació en la composició i l'estructura de les comunitats. En termes socials i econòmics, els incendis forestals, sobretot els grans incendis, posen en perill vides humanes i propietats, eliminen durant molt de temps les rendes obtingudes del bosc i alteren paisatges preuats sentimentalment i econòmicament.

Tot i la consideració del foc com una pertorbació natural, a la conca mediterrània, i per tant també a Catalunya, la incidència del foc ha estat particularment condicionada per una antiga i densa ocupació humana amb una llarga tradició sociocultural de l'ús del foc en nombroses pràctiques agrícoles i ramaderes. Així, l'home ha modificat des d'antic el règim natural d'incendis, i n'ha incrementat la freqüència en determinats moments històrics d'expansió agrícola i ramadera, però també n'ha reduït la propagació amb l'extinció activa. Això fa que sigui impossible conèixer quin seria el règim natural d'incendis forestals descomptant la influència de l'home, i sense tenir en compte altres modificacions que aquest ha introduït i que afecten al règim d'incendis, com els canvis en la composició específica i estructura dels boscos, la seva extensió i localització actuals i la superposició de les zones urbanitzades i infraestructures. D'altra banda, esbrinar un suposat i pretèrit règim d'incendis

naturals tampoc resolndria les diferents qüestions plantejades actualment sobre la gestió del foc (fonamentalment, prevenció i extinció) i la recuperació de les zones afectades per grans incendis forestals.

Els incendis forestals a Catalunya

Arreu del món mediterrani, i per tant també a Catalunya, l'evolució en el nombre i tipus d'incendis i en la superfície forestal cremada s'ha modificat en els darrers anys de manera important. Tal com es mostra en la figura 7.1 el nombre d'incendis a Catalunya presenta, amb algunes oscil·lacions, un creixement sostingut i important. Així, per exemple, mentre que la mitjana anual d'incendis a la dècada dels setanta era de 300 s'ha passat a més de 600 als anys noranta. Aquest fenomen pot atribuir-se a diferents factors: l'abandonament de les activitats rurals i l'acumulació consegüent de combustible, la major freqüentació de les zones forestals (molt més accessibles en l'actualitat), la proliferació d'infraestructures als boscos i al seu entorn, com carreteres, urbanitzacions, abocadors, línies elèctriques, etc. (làmina 15). Tots aquests factors afavoreixen un elevat risc d'ignició. No obstant això, també cal fer esment d'un increment en les condicions meteorològiques més propícies al risc d'incendis. En aquest sentit, Piñol et al. (1998) han detectat un espectacular increment en el nombre de dies amb un elevat índex de risc d'incendi a partir del període 1975-1980. Ho atribueixen o bé al fet que som en un període d'anys especialment càlids i secs, o bé a una tendència més global de canvi del clima en aquesta direcció.

D'altra banda, pel que fa a les superfícies forestals cremades anualment, en la mateixa figura 7.1 també podem observar com existeix una gran variabilitat entre anys. Malgrat que la superfície mitjana cremada per any a Catalunya se situa al voltant de 9.000 ha, al costat d'anys molt favorables amb escassa superfície afectada (menys de 2.000-3.000 ha), com el període 1987-1993, s'hi troben anys catastròfics com 1978, 1986, o el 1994, quan, en un sol any, la superfície arbrada cremada va superar les 60.000 ha. Aquesta variabilitat en el temps obeeix a l'aparició en anys puntuals de situacions meteorològiques extremes (per exemple, la sequera de l'any 1994) que incrementen el risc d'ignició i afavoreixen la propagació d'incendis forestals de gran intensitat i superfície.

Arreu del territori de Catalunya, els incendis no mostren una distribució uniforme (làmina 16). A l'alta muntanya (Pirineus) la superfície cremada és escassa i la major part d'incendis es concentren a les províncies de Barcelona i Tarragona, mentre que a les comarques de la plana de Lleida, amb una menor superfície forestal i major activitat agrícola, i de Girona, amb un règim pluviomètric més favorable, l'àrea cremada és menor. A

Figura 7.1. Règim d'incendis a Catalunya durant el període 1970-2001



El gràfic mostra d'una banda, la superfície cremada en hectàrees, distingint entre superfície arbrada i no arbrada (eix de l'esquerra), i de l'altra, el nombre d'incendis produïts cada any (eix de la dreta). Noteu l'augment sostingut en el nombre d'incendis, la heterogeneïtat entre anys en la superfície cremada i la presència d'alguns anys catastròfics (sobretot 1986 i 1994).

Font: Modificat de la web del DMAH.

banda de la diferent distribució territorial cal destacar el fet preocupant que algunes àrees de Catalunya experimenten incendis reiterats: fins a 3-5 incendis en un mateix punt durant els darrers 20-30 anys (vegeu l'Alt Empordà, el Baix Camp, la Ribera d'Ebre i el Baix Ebre a la làmina 16). Aquesta elevada recurrència representa un problema important perquè pot superar la capacitat de recuperació de la vegetació i fauna després del foc, afavorir l'erosió i pèrdues de nutrients i conduir a una progressiva simplificació en la composició i estructura de les comunitats i en definitiva, a la degradació del sistema.

A banda de la diferent distribució geogràfica dels incendis a Catalunya, aquests no han afectat per igual a tot tipus de boscos. D'acord amb l'estudi de Díaz-Delgado et al. (2002) sobre els incendis ocorreguts entre l'any 1975 i el 1998, el 43 % de la superfície cremada correspon a boscos de coníferes, amb un clar predomini de les pinedes de pi blanc que representen el 25 %, seguides dels boscos de pinassa (14 %) i de pi roig (2 %). Després de les coníferes, el segon tipus de vegetació més afectada correspon als matollars (32 % del total de superfície cremada) i en una molt menor proporció als boscos de planifolis (7 % del total). Entre aquests darrers, les suredes (*Quercus suber*), amb un 4 %, i els alzinars, amb un 2 %, representen més del 80 % de la superfície de boscos de planifolis cremats.

L'extraordinària importància de la superfície cremada corresponent a pinedes (sobretot de pi blanc) unida a algunes característiques biològiques i ecològiques d'aquestes espècies ha induït a establir una dubtosa, quan no clarament errònia, relació de culpabilitat de les espècies amb els incendis fores-

tals (vegeu requadre annex). El fet que bona part dels incendis forestals a Catalunya afectin les pinedes, especialment de pi blanc, més que ser un fenomen provocat per aquestes espècies es deuria a altres raons. En primer lloc, els pins són els arbres més abundants a Catalunya on ocupen més del 45 % de la superfície arbrada, especialment el pi blanc amb un 20 %, i, per tant, és normal que també siguin les espècies més afectades pels incendis. En segon lloc, pel seu marcat caràcter d'espècies colonitzadores d'espais oberts, els pins han envaït bona part dels antics conreus abandonats (antigues vinyes, conreus de secà, etc.), que en molts casos es troben propers a zones urbanes o infraestructures (p. e., carreteres) on comencen els incendis. A més, en el cas del pi blanc, aquest es localitza majoritàriament en zones on el clima i també un elevat grau d'urbanització poden afavorir els incendis (p. e., àmplies zones de Tarragona i Barcelona).

Finalment, a aquests factors s'hi suma el fet que la baixa rendibilitat de l'explotació dels boscos de pi blanc ha provocat un descens en la gestió d'aquestes masses, i ha afavorit una estructura propensa als incendis forestals (elevada densitat, continuïtat entre el sotabosc i l'estrat arbori).

Afavoreixen els pins els incendis forestals? El pi blanc, un fals piròfit

Força vegades s'ha acusat els pins i sobretot el pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.), un dels arbres més abundants a Catalunya, d'afavorir i beneficiar-se dels incendis forestals. Així, s'ha concedit a aquesta espècie el qualificatiu de piròfit (del grec pyros=foc i phytos=planta), argumentant que necessitaria els incendis per incrementar-ne la regeneració i expandir-se a noves àrees. Aquesta afirmació és rotundament falsa quan s'aplica a tots els pins en general, i també quan es refereix al pi blanc, malgrat que és cert que els pins, per les seves característiques biològiques i ecològiques (elevada producció de llavors, bona dispersió, frugalitat i resistència a l'estrès hídric, etc.), són bons colonitzadors d'espais oberts, com els que de vegades, però només de vegades, es produeixen després dels incendis.

Diferents estudis recents mostren que molts pins presents a Catalunya, com el pi pinyoner (*Pinus pinea*), la pinassa (*Pinus nigra*) o el pi roig (*Pinus sylvestris*), poden tenir importants dificultats de regeneració després dels incendis. Aquestes espècies no tenen pinyes serotines (pinyes que romanen closes en l'arbre durant molts anys). D'altra banda, alliberen majoritàriament els seus pinyons abans de l'estiu, i no disposen, per tant, d'un banc de llavors per colonitzar la zona cremada després de l'incendi. En el cas del pi blanc, l'única espècie que manté pinyes serotines tancades i per tant pot

D'altra banda, la regeneració del pi blanc després del foc no és sempre satisfactòria, perquè depèn en bona part de les condicions meteorològiques posteriors. Si l'incendi és seguit d'una tardor plujosa, la regeneració pot ser abundant, com després dels incendis de l'any 1994, en què la densitat de plançons va arribar als 80.000 individus/ha en algunes zones. No obstant això, si la tardor següent és seca, la major part de pinyons no germinen i, en canvi, són ràpidament consumits per formigues i rosegadors, com en algunes pinedes de pi blanc afectades per l'incendi del Solsonès l'any 1998, on la densitat de plançons actual amb prou feines arriba a 300-500 individus/ha. D'altra banda, en el cas de zones amb incendis reiterats s'ha observat que si el temps de retorn del foc és inferior al temps que aquesta espècie necessita per produir novament pinyons (10-15 anys), la seva regeneració es nul·la i desapareix. Totes aquestes evidències posen en dubte que els pins resultin clarament beneficiats pels incendis forestals i ens aconsellen desterrar d'un cop i per sempre el qualificatiu equivoc i desfasat de piròfit aplicat al pi blanc.

tre exterior i 3) disminuir la diversitat biològica i paisatgística. Nogensmenys, els grans incendis forestals generen una gran alarma social i poden tenir un gran impacte socioeconòmic en comarques senceres en depassar l'escala d'una o diverses propietats forestals i afectar severament diversos municipis o fins i tot comarques senceres (p. e., incendi del Bages-Berguedà l'any 1994, Solsonès el 1998, Cap de Creus el 2000, Sant Llorenç del Munt el 2003).

Aquesta situació ha portat a considerar els grans incendis com un dels principals problemes per al manteniment i continuïtat del bosc mediterrani, ja que és d'esperar que la incidència d'aquest fenomen pugui aguditzar-se en el futur, a causa de l'augment de les transformacions territorials que afavoreixen aquests episodis (p. e., recessió de l'activitat agrària) unit a un previsible canvi climàtic que augmentarà, en general, la sensibilitat del bosc mediterrani al foc.

Juntament amb l'increment d'incendis de grans dimensions, en els últims anys es constata a Catalunya una major afectació pel foc de zones, fins a cert punt, poc afectades històricament pels incendis. D'acord amb les dades procedents de la cartografia històrica de focs a Catalunya (1975-1998) elaborada per Salvador et al. (2000) i de l'Atlas Climàtic de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 1997), s'observa que la proporció d'hectàrees cremades en zones estrictament mediterrànies ha disminuït des del 73 % a la dècada dels setanta i el 75 % a la dels vuitanta, al 64 % als anys noranta. Contràriament, el percentatge de superfície afectada en zones més submediterrànies, amb un clima, teòricament, menys favorable als incendis forestals, ha augmentat d'un 26 % i un 23 % als setanta i vuitanta fins al 36 % en la dècada dels noranta. Aquest fenomen pot tenir conseqüències greus, ja que pot afectar espècies que poden manca de mecanismes de regeneració aptes per fer front a aquestes pertorbacions. Un bon exemple d'aquesta situació el constitueixen els incendis de l'any 1994 al Nord del Bages i al Baix Berguedà o el de 1998 al Solsonès, que van afectar majoritàriament boscos de pinassa (*Pinus nigra* Arn.), destruint més del 30 % de l'àrea total ocupada per aquesta espècie a Catalunya. Tal com han constatat diferents estudis, la regeneració d'aquesta espècie després de l'incendi ha estat pràcticament nul·la, i s'ha produït un important canvi en la composició específica dels boscos i en el paisatge forestal de la zona (Espelta et al., 2002).

• • • • • La prevenció i extinció dels incendis

A Catalunya, com en altres països mediterranis, s'ha seguit fins ara una política de prevenció i supressió del foc que intenta evitar que es produeixi un incendi i que, un cop produït, intenta

extingir-lo en el mínim temps possible. Així, els dispositius de vigilància i extinció a Catalunya han augmentat molt els seus mitjans en els darrers anys i s'han mostrat molt efectius en la majoria de casos, tot i que el problema continua essent els grans incendis forestals. Aquests episodis, generalment acompanyats de condicions meteorològiques extremes, assoleixen massa intensitat per poder-los combatre amb els mitjans de lluita directa i poden arribar a cremar milers d'hectàrees. En aquest context, a banda de l'esmentat augment en els mitjans de prevenció i extinció, en els darrers anys la Generalitat de Catalunya ha definit 31 grans àrees denominades *perimetres de protecció prioritària* (PPP) que inclouen la major part dels terrenys forestals més susceptibles als incendis. Aquests perímetres sovint es basen en discontinuïtats naturals entre les masses boscoses o bé en infraestructures més o menys lineals (p. e., carreteres, zones agrícoles, erms). En ells, es pretén afavorir l'activitat agrícola i en els casos necessaris executar, a més d'altres actuacions, amples franges de baixa càrrega. L'objectiu és evitar o retardar que els focs petits i mitjans no esdevinguin grans incendis, a més d'emprar-los com a elements de seguretat i d'atac al foc. Aquesta mesura ha anat acompanyada d'un major èmfasi en el concepte de coresponsabilització i *autoprotecció* de la societat en front del foc. Per això, s'han posat en marxa diferents lleis i normatives per garantir una major seguretat d'aquelles instal·lacions que, localitzades en el bosc o al seu entorn, presenten el risc d'esdevenir un focus d'incendi (p. e., línies elèctriques). Així mateix, es pretén dotar les urbanitzacions situades en terrenys forestals de mesures específiques (p. e., franges amb baixa càrrega de combustible, punts d'aigua, vials d'evacuació, etc.) per evitar tant l'arribada com la propagació d'incendis des del seu interior.

Malgrat que aquestes polítiques que emfatitzen els esforços de discontinuïtat entre masses boscoses i la sensibilització social, vigilància i extinció dels incendis són raonables poden, si no s'acompanyen d'una gestió forestal adient dels boscos, no assolir l'objectiu d'evitar els grans incendis forestals i ocasionar altres perjudicis. Cal, doncs, promoure estructures de les masses forestals resistents al foc: mantenir i augmentar la diversitat tant d'espècies com de paisatges forestals amb un mosaic de boscos en diferents fases de desenvolupament (madurs, mig oberts, recentment gestionats, etc.), amb densitats moderades i amb arbres suficientment grans com per resistir focs de superfície o baixa intensitat, i també amb zones adequesades on el bosc convisqui amb aprofitaments silvopastorals. D'altra banda, no s'ha d'oblidar la importància d'establir aquestes mesures de prevenció, no solament en les àrees susceptibles de sofrir un incendi, sinó també en aquelles zones recentment cremades, on la seva posada en pràctica requereix una menor inversió econòmica i un menor cost ecològic i, en canvi, permet establir les bases per evitar en el futur la repetició de nous incendis (vegeu requadre annex).

Limitacions i paradoxes sobre la prevenció i extinció dels incendis forestals

Fonamentar la prevenció dels incendis basant-se en grans discontinuïtats entre masses forestals i/o en l'eficàcia de l'extinció té algunes limitacions i pot conduir a certs resultats paradoxals, pel que fa a la conservació del medi natural i a la prevenció dels grans focs:

1. La limitació de les discontinuïtats. Tot i que la separació entre masses boscoses sembla poder contribuir a evitar la propagació de grans incendis, cal tenir present que durant la propagació d'un gran incendi forestal alguns fragments de material vegetal encès o «xàldigues» (pi-nyes, branquillons, etc.) poden recórrer, impulsats pel vent i en algunes situacions topogràfiques favorables, distàncies de centenars de metres, i provocar noves ignicions i focus d'incendi. Així doncs, seria necessari dissenyar, executar i mantenir discontinuïtats extraordinàriament amples per poder evitar o reduir aquest fenomen. No obstant això, introduir aquestes grans discontinuïtats entre boscos podria contribuir a augmentar la fragmentació de les masses forestals, en alguns casos ja afectades per l'aïllament que imposen diferents estructures presents en el territori com ara carreteres, nuclis urbans, etc. Aquesta fragmentació pot tenir un impacte negatiu en processos biològics i ecològics que requereixen una bona connectivitat entre zones boscoses per mantenir-se.



Una excessiva compartimentació dels boscos (A) pot limitar en alguns casos la progressió dels incendis (B); tanmateix, també pot dificultar processos ecològics que necessiten una bona connectivitat (C).

2. La paradoxa de l'extinció. Tot i que apagar els incendis sembla constituir l'element central de control d'aquests tipus de perturbacions, cal valorar les conseqüències que tindria basar-se en aquesta única estratègia, si no es complementa amb una gestió del combustible vegetal. Com més eficaços som evitant i apagant incendis petits o mitjans més afavorim, a mitjà termini, i si no comptem amb l'esmentada gestió dels boscos, les condicions de continuïtat i acumulació de biomassa perquè en el futur es pugui produir un incendi devastador, coincidint amb una situació d'especial risc meteorològic o de multiplicitat d'incendis en un mateix moment.



Una gran eficàcia en l'extinció dels incendis forestals (A, B, C), si no va acompanyada d'una gestió del combustible vegetal, afavoreix a mitjà i llarg termini les probabilitats d'un gran incendi forestal (D).

Cal també modificar la percepció que la societat urbana té del foc: ben utilitzat, pot ser una eina eficaç de gestió de la vegetació i de lluita contra els mateixos incendis. En aquest sentit, el Departament d'Interior de la Generalitat, amb la creació del Grup de Reforç d'Actuacions Forestals (GRAF), va començar l'any 2000, de manera experimental i pedagògica, un programa de cremes controlades de sotabosc i de matollars, que s'afegeix a les cremes controlades de pastures d'alta muntanya dutes a terme pel Departament de Medi Ambient i Habitatge. En aquestes cremes controlades, la intensitat del foc és menor que en els incendis sense control i, per tant, els possibles danys ecològics són més limitats. Alhora, reduir la càrrega de combustible pot contribuir a crear hàbitats més oberts adients per a la fauna. No obstant això, per garantir l'efectivitat d'aquest tipus de gestió, les cremes han de repetir-se en un mateix lloc cada pocs anys. Aquest fet obliga a restringir-les a indrets estratègicament seleccionats, tant per la incapacitat pràctica de conduir-les en desenes de milers d'hectàrees cada any com pels inconvenients ecològics que comportaria estendre pel territori aquest règim d'elevada recurrència de foc, especialment per a les espècies sensibles. En aquest sentit, a Catalunya cal una recerca coordinada per establir les modalitats més adients per fer-les i per poder prevenir-ne els efectes negatius indesitjats.

La resposta de la vegetació als incendis

L'efecte immediat de l'incendi sobre la vegetació és la destrucció de la part aèria, a vegades també de les arrels, dels arbres per la combustió, total o parcial, o bé per «sufocació» (exposició a elevades temperatures, sense arribar a cremar). El grau de combustió de la vegetació dependrà en gran mesura de la intensitat de l'incendi, segons la temperatura assolida i la durada d'aquest procés. Aquesta intensitat també incidirà en les possibles pèrdues de nutrients per volatilització, la mida i estructura de les cendres i el grau d'afectació dels horitzons orgànics del sòl. D'altra banda, la intensitat del foc i el comportament d'aquest determinaran tres elements molt importants per a la recuperació posterior de la vegetació com són: 1) l'estructura de la vegetació residual (p. e., presència d'arbres mig cremats, «illes verdes»), 2) la forma espacial de l'incendi (p. e., superfície cremada regular o irregular) i 3) les dimensions de l'incendi (gran o petit). A part d'altres consideracions, la regeneració natural serà més fàcil en incendis petits, amb interposició de zones no cremades o amb «illes verdes», que en les situacions contràries.

La regeneració natural

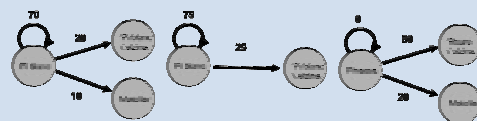
Entre els atributs més evidents de les espècies de l'àrea mediterrània, tot i que no exclusius, hi ha els diferents mecanismes de regeneració que presenten en resposta a perturbacions com els incendis. El reconeixement d'aquests mecanismes ha

estat fonamental a l'hora de bastir un dels paradigmes més coneguts sobre la dinàmica d'aquestes comunitats després del foc: la continuïtat, pràcticament no alterada, de la composició específica i la relativament ràpida recuperació de les seves propietats estructurals després del foc (*resiliència*). No obstant això, estudis recents han assenyalat l'abús en l'aplicació d'aquest concepte a tot tipus de comunitats forestals mediterrànies (vegeu requadre annex).

El paradigma de l'autosuccessió. Quan de temps trigarem a tenir un nou bosc?

L'observació, a començaments dels anys setanta, que la dinàmica de la regeneració natural després dels incendis en sistemes mediterranis de Califòrnia (*chaparrals*) era diferent d'altres models de successió secundària va donar origen a encunyar el terme *autosuccessió* per descriure el procés de recuperació d'aquestes comunitats (Lloret, 1996). Aquest nou concepte feia èmfasi en el manteniment de la composició específica de la comunitat abans i després del foc, la manca de colonització per part de noves espècies, com també la ràpida recuperació de les propietats estructurals prèvies com ara el recobriment, en contrast amb el patró continuat de colonització i extinció d'espècies en diferents etapes que caracteritza la successió secundària d'altres sistemes (p. e., la successió en camps abandonats). L'observació de processos similars en formacions vegetals de la conca mediterrània (p. e., garrigues a Catalunya i sud de França) i a altres sistemes mediterranis del món (p. e., Austràlia, sud d'Àfrica) va estendre l'aplicació d'aquest concepte per descriure la resposta de les comunitats mediterrànies al foc.

Malgrat que és cert que la recuperació d'algunes comunitats mediterrànies després del foc té força èxit, no és possible generalitzar aquest patró a tot tipus d'espècies, comunitats o situacions postincendi. Tal com ja s'ha comentat, hi ha espècies que no presenten mecanismes eficients de regeneració després del foc i, fins i tot en les que sí els tenen, factors com la intensitat de l'incendi, la topografia, el sòl, la meteorologia o bé la interacció dels herbívors o plagues poden condicionar la direcció, la velocitat i l'èxit de la regeneració natural. En aquest sentit, diferents estudis han assenyalat la importància que tenen els primers anys després de l'incendi per a la recuperació de la comunitat. D'altra banda, no podem negligir l'efecte que la reiteració d'incendis o, fins i tot a més llarg termini, el canvi global poden tenir sobre aquest procés.



D'acord amb els resultats de l'aplicació de models de predicció, la regeneració natural pot conduir a canvis en la composició de les comunitats. Un gran percentatge de boscos de pi blanc i alzina mantenen la mateixa composició específica d'abans de l'incendi (A i B). En canvi, els boscos de pinassa canvien totalment a alzinars i rouredes o bé a matollars (Rodrigo et al., 2004).

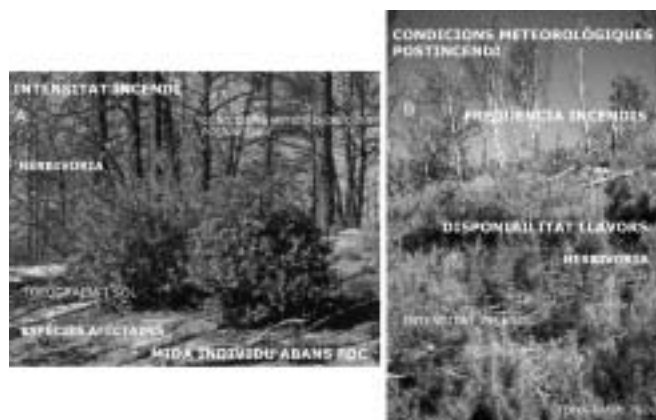
Saber quant de temps trigarem a tenir un nou bosc és difícil, i sovint es dona una resposta simplificada. En aquest sentit, l'observació del fenomen de l'autosuccessió en alguns tipus de boscos no ens hauria de conduir a l'optimisme inconscient i a desatendre la valoració acurada del procés de regeneració o a oblidar la necessitat de millorar la nostra capacitat d'entendre i predir els canvis que poden esdevenir-se després del foc mitjançant la recerca.

Els mecanismes de regeneració després del foc (vegeu una extensa revisió a Lloret et al., 1996) poden sintetitzar-se en dos grans models: les espècies *rebrotadores*, amb capacitat de rebrotar a partir de bancs de gemmes protegides i de restituir la part aèria perduda per efecte del foc (figura 7.4A) i les espècies *germinadores*, mancades de la capacitat de produir rebrots i que només poden regenerar a partir de la germinació de llavors (figura 7.4B). Aquestes dues situacions cal considerar-les com els dos extrems d'un gradient de resposta a les pertorbacions, de manera que podem trobar espècies que presentin una estratègia intermèdia entre les dues anteriorment descrites (rebrotar i germinar). No obstant això, a la conca mediterrània aquestes plantes *rebrotadores-germinadores* són poc abundants en comparació d'altres sistemes mediterranis com el *chaparral* californià.

La rebrotada

La rebrotada, és a dir, la producció de rebrots des de gemmes localitzades en òrgans preexistents com la capçada, la base de la tija o un òrgan subterrani (rabassa), és un dels mecanismes més importants que posseeixen moltes plantes per reconstituir la part aèria en resposta a pertorbacions. Aquesta resposta ha estat àmpliament observada en moltes comunitats vegetals arreu del món, però ha estat en les regions mediterrànies, i com a resposta als incendis, on ha rebut més atenció. Tot i això, és incorrecte considerar aquest mecanisme directament com una adaptació al foc, perquè la rebrotada és una caracterís-

Figura 7.4. Principals factors condicionants de la resposta de les plantes al foc



La rebrotada (A) i la germinació (B) constitueixen les dues respostes més importants de les plantes al foc. S'assenyalen de manera ideal els principals factors que poden condicionar l'èxit d'aquesta resposta amb mides de lletra diferent segons la seva importància.

Font: Fotografies i esquemes de J. M. Espelta i J. J. Ibàñez.

tica molt antiga i és present en moltes plantes que no han estat regularment exposades al foc. A més, altres pressions selectives (herbivoria, sequeres recurrents, etc.) podrien haver participat en l'origen evolutiu d'aquesta resposta. Així doncs, actualment es considera la capacitat de rebrotar com un atribut biològic evolucionat en resposta a múltiples pressions selectives. D'altra banda, és important entendre la rebrotada com un mecanisme de regeneració, però no de reproducció, car no dóna lloc a nous individus genètics, sinó que consisteix en la reiteració o reconstrucció de la part aèria d'un mateix individu.

En tot cas, la rebrotada és indubtablement un eficaç mecanisme de resposta al foc. Aquesta habilitat no tan sols esdevé important per a l'espècie que la presenta, sinó que a la vegada pot contribuir a minvar l'impacte de l'incendi sobre el conjunt de l'ecosistema forestal. Així, la ràpida reconstrucció de la coberta vegetal ajudarà, entre altres, a disminuir el risc d'erosió i les pèrdues de nutrients, alhora que pot crear ràpidament condicions ambientals favorables per facilitar la recuperació de les comunitats animals. No obstant això, fins i tot entre les plantes amb capacitat de rebrotar, el foc pot produir la mortalitat d'individus, en funció de diferents factors com són: 1) les espècies afectades, 2) la intensitat del foc, 3) les condicions edàfiques i topogràfiques, 4) el clima després de l'incendi i 5) característiques com la mida o l'edat dels individus afectats.

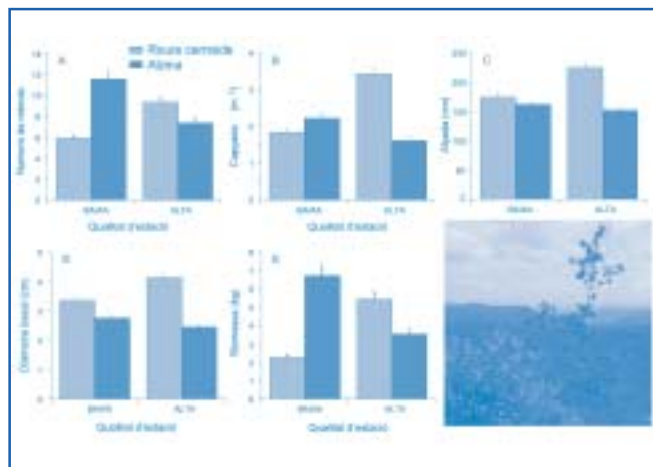
S'ha observat que les espècies rebrotadores difereixen en l'èxit d'aquesta resposta. Així, en una comparació entre la rebrotada del faig (*Fagus sylvatica*) i l'alzina (*Quercus ilex*) després de l'incendi que l'any 1994 afectà una part del Parc Natural del

Montseny, s'observà inicialment una mortalitat del 30 % de faigs per només un 5 % entre les alzines. Aquesta diferència s'incrementava amb el temps i l'any 1999, cinc anys després de l'incendi, la mortalitat de faigs va arribar al 70 %, mentre que en l'alzina tan sols era del 8 %. Igualment, estudis fets després d'alguns incendis de l'any 1986 a la província de Barcelona van trobar mortalitats entre el 12 % i el 45 % en diferents espècies rebrotadores, essent l'alzina de les més resistents i el bruc d'hivern (*Erica multiflora*) o el càdec (*Juniperus oxycedrus*) les més sensibles (López Soria i Castell, 1992). Tot i que sabem poc sobre els factors que determinen aquestes discrepàncies entre espècies rebrotadores, s'han atribuït a possibles diferències en el grau de protecció dels borrons per l'escorça, en el nombre d'aquests o fins i tot en la quantitat de reserves emmagatzemades que forniran el desenvolupament dels rebrots en un primer moment. D'altra banda, tot i que la supervivència pugui ser similar, poden existir importants diferències en el nombre, grandària i arquitectura dels rebrots. En comparar la rebrotada de dues espècies molt properes com l'alzina i el roure cerriode (*Quercus cerrioides*) cinc anys després de l'incendi de 1994 del Bages-Berguedà, s'ha observat una major producció de rebrots en l'alzina, mentre que en el roure els rebrots tenien una major alçada i diàmetre (figura 7.5).

La intensitat de l'incendi també condiona les possibilitats de rebrotar, de manera que com més augmenta aquesta intensitat més disminueix la rebrotada, a causa d'una major afectació i destrucció del banc de gemmes que donen lloc als borrons. Així, per exemple, en l'incendi de Bigues i Riells de 1994, la major part d'alzinars que després de l'incendi van esdevenir matollars (25 % del total de superfície) corresponien a aquelles zones que havien cremat amb una major intensitat i on es va donar una major mortalitat d'alzines (Broncano, 2000). A més de la importància de la intensitat de la pertorbació, cal tenir en compte la topografia i el tipus de sòl, els quals podem identificar genèricament com a «qualitat d'estació» de la zona cremada, com també les condicions meteorològiques posteriors. Diferents estudis han apuntat una major rebrotada en les obagues i terrenys amb un sòl profund que en les solanes i zones més pedregoses, ateses les millors condicions hídriques presents en els primers indrets (vegeu López Soria i Castell, 1992). En aquest mateix sentit, el règim de precipitacions després de l'incendi té una importància cabdal, de manera que s'ha suggerit una estreta relació entre la quantitat i el total de pluges i el vigor en la producció de rebrots.

Finalment, l'èxit de la rebrotada estarà també íntimament relacionat amb l'estructura prèvia de la vegetació, sobretot amb la mida i edat dels arbres. La mortalitat (manca de rebrotada) tendeix a ser major entre els individus més petits, probablement perquè en aquests el banc de gemmes és més reduït i disposen de menys reserves per al creixement (Espelta et al., 1999). No obstant això, Gràcia i Retana (2004) troben que, per a l'alzina,

Figura 7.5. Vigor de la rebrotada d'alzina i roure cerrioide després del foc



El gràfic mostra la mitjana i l'error estàndard del nombre de rebrots (A), el volum de capçada (B), l'alçada (C), el diàmetre basal (D) i la biomassa dels rebrots (E) d'alzina (fosc) i roure cerrioide (clar). Dues espècies rebrotadores estretament relacionades com l'alzina i el roure cerrioide poden diferir notablement en el vigor de la seva rebrotada després del foc amb una clara interacció de la qualitat d'estació de la zona. Cinc anys després de l'incendi, l'alzina presenta un major nombre de rebrots (A), cobertura (B) i biomassa (E) en les estacions amb menor qualitat, mentre que el roure presenta el patró oposat. En qualsevol cas, però, el roure presenta un major diàmetre (D) i alçada (C) dels rebrots dominants, com es pot observar a la fotografia.

Font: Modificat d'Espelta et al., 2003.

a partir de mides relativament petites la supervivència ja és molt gran i pràcticament no varia en augmentar la mida de l'arbre. Pel que fa a l'edat dels individus, tot i que no hi ha informació concloent en relació amb el foc, altres treballs fets després de tallades en alzinars han demostrat que una major edat afecta negativament dos elements bàsics del procés de rebrotada: el nombre total de rebrots i el seu creixement en alçada, a causa d'un possible esgotament tant del banc de gemmes com de les reserves emmagatzemades.

La germinació

L'altre mecanisme de resposta al foc és la germinació de llavors després de l'incendi (Lloret et al., 1996). Per això, caldrà que hi hagi llavors disponibles (banc de llavors) a la zona cremada, bé perquè han resistit el pas del foc o bé perquè han arribat posteriorment. En el primer cas, es tracta de llavors protegides o bé en el sòl, on les temperatures assolides són menors que en superfície, o bé en estructures aèries que les protegeixen (com les pinyes en el pi blanc).

Pertal que les llavors puguin restar protegides del foc al sòl, cal que s'hagin pogut dipositar abans de l'incendi. Aquest fet estarà condicionat per diferents factors: 1) la producció de llavors prèvia de cada espècie, 2) l'estacionalitat en la seva producció, 3) la longevitat de les llavors i, finalment, 4) que tinguin una mida i forma que les permeti soterrar-se. La producció de llavors prèvia a l'incendi dependrà del nombre d'individus presents de cada espècie com també de la seva mida. No obstant això, dependrà també de l'època de l'any en què s'alliberen les llavors en relació amb el moment en què s'esdevé l'incendi (generalment a l'estiu) i si les llavors poden soterrar-se al sòl i així escapar, en part, de la depredació (insectes, micromamífers, etc.). Perquè les llavors puguin quedar mig soterrades, cal que tinguin una forma i mida que els ho permeti. En aquest sentit, encara que un gran nombre d'espècies herbàcies i arbustives poden formar un banc de llavors al sòl que els permetrà colonitzar ràpidament la zona cremada (p. e., estepes del gènere *Cistus*), aquest fet és rar entre la majoria de les espècies arbòries presents a Catalunya a causa del fet que les llavors són massa grans, perden la seva vitalitat massa ràpidament o bé són depredades.

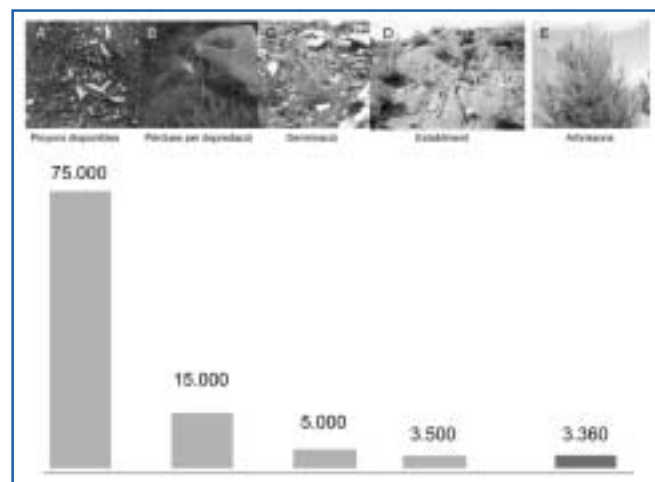
Un cas particular és el del pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.) ja que aquesta espècie a més de presentar un bon nombre de pinyes madures serotines, que romanen tancades a la capçada de l'arbre durant força anys, allibera majoritàriament els pinyons a la tardor. Això fa que existeixi un «banc de llavors» aeri. En el moment de l'incendi, generalment a l'estiu, els pinyons resten encara protegits a les pinyes, les quals s'obriran per efecte de l'escalfor i el descens en la humitat, cosa que facilitarà una gran dispersió de llavors tot just després del foc. Habrouk et al. (1999) han demostrat que les pinyes de pi blanc poden protegir els pinyons fins a temperatures de 200 °C mantingudes durant 20 minuts o, fins i tot, a temperatures de 400 °C durant un període més curt de temps: 2-5 minuts.

En la resta d'espècies arbòries, sense capacitat de rebrotar, la colonització de la zona cremada dependrà de l'arribada de llavors des d'alguns individus aïllats supervivents a l'incendi («illes verdes») o des del límit d'aquest. A les comunitats mediterrànies els agents bàsics de dispersió de llavors són el vent (dispersió anemòcora) i els animals (dispersió zoòcora). Les llavors dispersades pel vent són petites o bé tenen estructures que faciliten aquest procés com les ales dels pins. Malgrat que hom pot suposar que la dispersió pel vent d'aquests pinyons pot arribar a assolir grans distàncies, estudis detallats d'aquest mecanisme han demostrat que, amb un règim de vent normal (absència de grans ventades), hi ha un ràpid descens en la quantitat de pinyons disponibles a mesura que ens allunyem dels límits de l'incendi. En el cas de les espècies dispersades per animals, sovint corresponen a espècies amb fruits carnosos (arboç, ginebró, moixeres, serveres, etc.). Els fruits són consumits per ocells o mamífers, que en mengen les parts car-

noses i dipositen les llavors amb els excrements. Aquest procés pot actuar com un mecanisme de dispersió a llarga distància des del perímetre de l'incendi. No obstant això, aquest procés requerirà la bona recuperació de la comunitat faunística després del foc. En aquest sentit, la presència d'alguns arbres cremats en peu, que serveixin de perxa als ocells, o restes de fusta cremada al terra, que serveixin de refugi als micromamífers, en poden afavorir la recuperació. Aquestes mesures de gestió de la fusta cremada poden acompanyar-se d'altres més directes com la creació d'abeuradors o, fins i tot, l'aportació d'aliment just després del foc, com també la prohibició de caçar durant els primers anys.

La disponibilitat de llavors no assegura completament l'èxit de la regeneració natural després de l'incendi, ja que altres processos afectaran les possibilitats de germinació, l'establiment dels plançons i el seu creixement posterior. A la figura 7.6 es presenten de manera gràfica i sintètica aquests factors. En primer lloc, cal tenir en compte que bona part de les llavors seran depredades per la fauna, principalment insectes però també micromamífers o ocells. En el cas que puguin escapar d'aquests, caldrà que les llavors quedin dipositades en llocs on les condicions ambientals (llum) i edàfiques (humitat, fertilitat) els siguin favorables per germinar i establir-se. Així, al final, el nombre

Figura 7.6. Factors que determinen l'èxit de la regeneració natural



Una bona disponibilitat de llavors després de l'incendi no assegura de manera completa l'èxit de la regeneració natural. A la figura es mostra un resum sintetitzat de diferents treballs de camp que han valorat la disponibilitat de llavors de pi blanc (A) i l'impacte que diferents processos com la depredació (B), la germinació (C) i establiment (D) i la supervivència de les plantes (E) poden tenir en la quantitat de regenerat. Al final del procés, el regenerat representa un percentatge molt petit (de l'ordre del 5 %) del nombre de llavors inicial.

Font: Modificat de Retana et al., 2002.

d'individus juvenils (plançons i arbrissos) que comptabilitzem com a regenerat pot ser molt reduït respecte al nombre inicial de llavors potencialment disponibles.

La restauració després dels incendis forestals

Després del foc és necessari avaluar, com més aviat millor, l'impacte ecològic i socioeconòmic d'aquesta pertorbació. Pel que fa als aspectes ecològics, l'avaluació començarà per situar geogràficament i planimetrar la zona afectada, determinant-ne la forma, el perímetre i la superfície. En el decurs d'aquesta primera anàlisi també és important fer un reconeixement de les principals espècies afectades pel foc, l'heterogeneïtat de l'incendi (p. e., zones amb foc de sotabosc, zones «sufocades» però no cremades, presència d'«illes verdes», etc.) com també la potencialitat que, d'acord amb les espècies presents i el grau d'afectació, s'esdevingui una bona regeneració natural. Tot això servirà per determinar la *severitat* de l'incendi, entenent aquesta com el resultat d'una combinació de la intensitat assolida pel foc, fruit de la temperatura i velocitat de propagació, i les característiques particulars de la comunitat on s'ha produït (composició específica, estructura de mides, etc.).

Un cop feta aquesta primera valoració serà el moment de plantejar possibles actuacions de protecció i recuperació de la zona cremada amb objectius a curt, mitjà i llarg termini. En un primer moment, les principals accions es dirigeixen a minimitzar el possible risc d'erosió, i inclouen des de l'acordonament de les restes de talla després de l'extracció de la fusta cremada fins a, en determinats casos, correccions hidrològiques en torrents, capçaleres i altres, per reduir possibles pèrdues de sòl de tipus massiu. Pel que fa a la recuperació de la coberta vegetal, és aconsellable esperar un temps prudencial (1 o 2 anys) per valorar les possibilitats de regeneració natural de la zona cremada, tot i que seria interessant poder desenvolupar models predictius que, en funció de les característiques prèvies de la vegetació (composició i estructura), la severitat del foc, la topografia i les previsions meteorològiques, permetessin fer una predicció més o menys acurada del potencial de regeneració natural. D'altra banda, el temps d'observació i seguiment de la dinàmica natural de regeneració de la zona permetrà que finalitzin els treballs de retirada de la fusta cremada, les possibles tasques de control de l'erosió o, fins i tot, de reparació o construcció de noves infraestructures.

El fet que després de l'incendi la recuperació de la coberta vegetal, mitjançant la regeneració natural, hagi estat bona no ens dispensa de planificar i, en alguns casos, portar a terme determinades actuacions per consolidar aquest procés, aconseguir les densitats correctes de regenerat o bé millorar l'estructura dels nous boscos en formació. En el cas que la regeneració

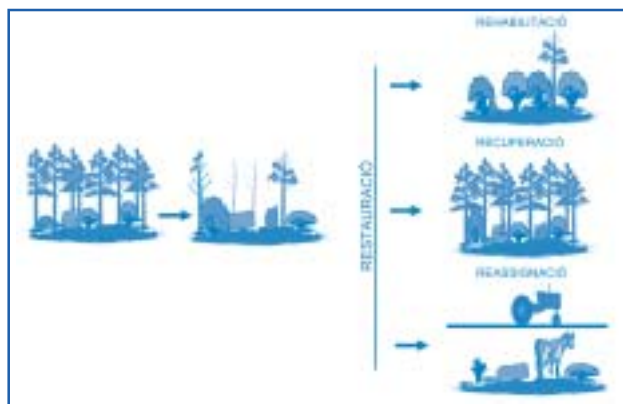
natural sigui insuficient per garantir la recuperació de la zona cremada, incloent tant aspectes biològics i ecològics com socioeconòmics, caldrà plantejar possibles mesures de *restauració*. Tradicionalment, s'ha considerat la restauració com un procés de reconstrucció, és a dir, un conjunt d'actuacions que permeten retornar l'ecosistema a les seves característiques originals d'estructura i funcionament, mitjançant manipulacions en el medi físic i la reintroducció d'espècies (Terradas, 2001). No obstant això, una interpretació més àmplia d'aquest concepte, d'acord amb l'estat de degradació del sistema o bé dels objectius ecològics i socioeconòmics finals de l'actuació, ens permet parlar de diferents tipus d'actuacions (figura 7.7) com: 1) *rehabilitació*: implica, sobretot, la idea de retornar al sistema una capacitat productiva que havia perdut, 2) *recuperació*: quan la restauració es dona en situacions en què s'ha produït una degradació únicament reversible mitjançant una actuació molt enèrgica, o bé 3) *reassignació*: quan el procés de restauració implica, fins i tot, possibles canvis en l'ús del sòl (p. e., de forestal a agrari).

A continuació es detallen diferents exemples d'aquests tipus d'actuacions:

Un cas de rehabilitació: Millora de l'estructura i dinàmica de boscos menuts

Tal com s'ha descrit en l'apartat anterior, la rebrotada després del foc possibilita una ràpida recuperació de la coberta vegetal que ajuda a prevenir l'erosió del sòl, evitar les pèrdues

Figura 7.7. Tipus de recuperació després del foc: rehabilitació, recuperació i reassignació



Segons els diferents objectius ecològics, econòmics i socials, la restauració després del foc pot variar entre l'estricta *recuperació* del bosc preincendi, la *rehabilitació* (com el cas de la conversió de boscos menuts a boscos alts sobre soca) o la *reassignació* a nous usos del sòl (p. e., rompudes o pastoreig intensiu).

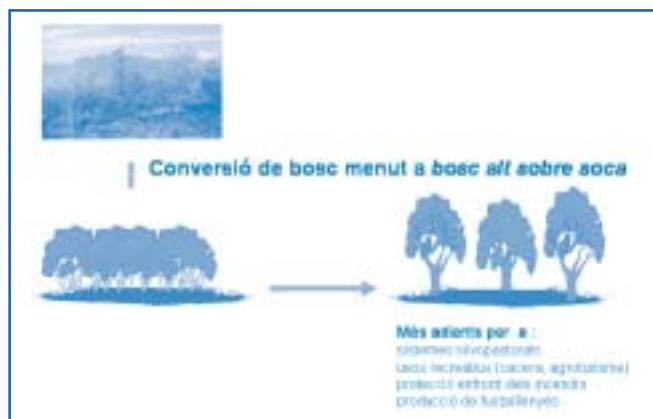
Font: Esquema de J. M. Espelta.

de nutrients i proveir d'hàbitats apropiats per a la recuperació de la fauna. No obstant això, també és cert que els boscos menuts (de rebrot) que apareixen poden tenir una gran homogeneïtat en l'estructura, amb una elevada densitat d'individus amb múltiples rebrots, que mostren baixes taxes de creixement vertical i de producció. A Catalunya, l'extensió de boscos menuts de roure (*Q. cerrioides* o *Q. humilis*) i alzina (*Q. ilex*) ha augmentat arran dels grans incendis dels anys noranta. Per exemple, només en la zona afectada pels grans incendis de 1994 i 1998 a la Catalunya central (40.420 ha en total) i, atesa la manca de regeneració de la pinassa, els boscos menuts de roure i alzina ocupen actualment 16.023 ha, un increment de vuit vegades la superfície que ocupaven abans de l'incendi (2.121 ha).

Per desenvolupar els boscos menuts, com els de roure i alzina, cap a estructures més madures existeixen diferents pràctiques silvícoles, entre les quals destaca la gradual conversió d'aquests tipus de boscos en *boscos alts sobre soca*, conservant uns pocs peus en cada soca (figura 7.8). Aquest procés implica la selecció dels rebrots dominants i l'eliminació de la resta, per disminuir la competència entre els peus reservats i accelerar-ne el creixement. Aquesta pràctica permet mantenir la funció protectora del bosc alhora que pot incrementar el seu potencial de producció, facilitar la implantació d'altres formes de gestió com el silvopastoralisme, els aprofitaments cinegètics o, fins i tot, crear un paisatge més atractiu des del punt de vista de nous usos com l'agroturisme. Tanmateix, per optimitzar els beneficis ecològics i econòmics d'aquesta pràctica caldrà conèixer la possibilitat de resposta de les diferents espècies implicades com també les limitacions que puguin existir pel fet que després del tractament, es produeixi una nova rebrotada que faci disminuir les possibilitats de creixement dels peus reservats.

La resposta a l'aclarida de rebrots després del foc en roure i alzina ha estat àmpliament estudiada en diferents zones afectades pels incendis, especialment el del Bages-Berguedà de 1994. En aquest estudi es van aplicar dues intensitats d'aclarida (deixar 3-4 rebrots o 1 rebrot per soca) i es van podar o no els peus reservats. Tal com s'observa en la figura 7.9, la selecció de rebrots va estimular fortament el creixement en alçada i diàmetre dels peus reservats, entre un 30 % i un 50 % més, amb uns lleugers millors resultats en els individus amb un peu seleccionat respecte als que se'n van reservar tres. En comparar les dues espècies, l'alzina va mostrar inicialment una major resposta als tractaments en creixement, tot i que aquesta es va reduir en el segon any, mentre que el roure presentava un comportament més regular, amb taxes similars de creixement durant els dos anys de l'estudi. Pel que fa a l'aparició d'una nova cohort de rebrots després del tractament d'aclarida, es va observar que el nombre de rebrots era molt més gran en l'alzina que en el roure i que aquest assolía, després de dos anys, una major alçada en aquells individus als quals s'havia seleccionat un únic peu

Figura 7.8. Rehabilitació de boscos menuts

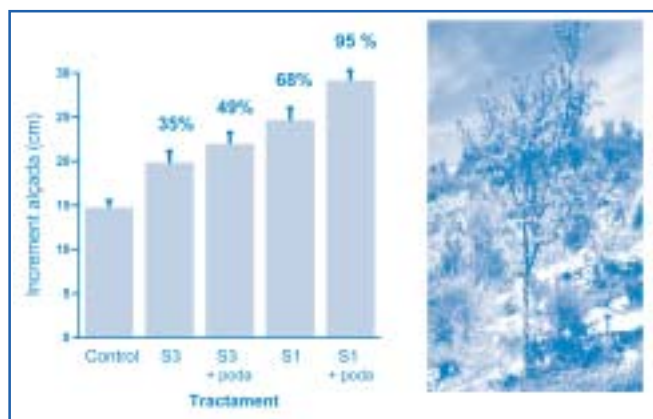


La conversió de part dels boscos menuts de roure i alzina apareguts després dels incendis en *boscos alts sobre soca* pot significar interessants resultats ecològics, econòmics i socials.

Font: Esquema de J. M. Espelta.

(Espelta et al., 2003). La interpretació conjunta de tots els resultats obtinguts suggereix un major potencial d'aplicació d'aquests tipus de tractaments en el roure que en l'alzina, com també, a la vista de les similars taxes de creixement, l'oportunitat de deixar 3 o 4 rebrotos seleccionats per disminuir el vigor de la posterior rebrotada.

Figura 7.9. Aclarida de rebrotos i estímul del creixement



L'eliminació de rebrotos (tanys) promou una important estimulació del creixement dels tanys reservats en alçada per a roure i alzina. El gràfic mostra la mitjana i l'error estàndard del creixement en alçada. Els percentatges indiquen l'increment respecte al tractament control (sense selecció). S3 = selecció de tres tanys, S1 = selecció d'un tany (fotografia). + poda indica que a més de la selecció de tanys, els que es deixen s'han podat.

Font: Modificat d'Espelta et al., 2003.

Un cas de recuperació: Alternatives de reforestació en boscos de pinassa

En el cas que la regeneració natural sigui insuficient per garantir la recuperació del bosc, i quan criteris ecològics (singularitat de les masses cremades, protecció del sòl, requeriments de la fauna, etc.) o socioeconòmics (funció paisatgística, de producció, etc.) així ho aconsellin, es pot optar per la reforestació artificial de la zona cremada, en un intent d'escurçar i avançar la successió natural. De fet, en tots els països de la conca mediterrània la reforestació artificial ha estat la pràctica més extensa de restauració per minimitzar els efectes dels incendis forestals.

La reforestació mitjançant la sembra, majoritàriament de coníferes, va ser la pràctica més habitual fins a la segona meitat del darrer segle, en què l'augment en les possibilitats de mecanització, la millora en les tècniques de producció de planta forestal i canvis en els criteris de la selecció d'espècies a reintroduir van conduir a un major predomini de la plantació envers la sembra i a la utilització d'altres espècies, a banda de les coníferes, com alzines, roures i allí on les condicions ho permetessin nogueres, cirerers, blades, etc. Però, en els darrers anys, la reiteració de grans incendis ha renovat l'interès per les tècniques de sembra (sobretot aèria), per la possibilitat d'intervenir de manera ràpida sobre extenses superfícies, amb independència del seu relleu i amb uns costos econòmics moderats.

La sembra aèria de llavors de pi blanc va ser un èxit per a la regeneració d'aquesta espècie després de l'incendi de 1994 al Parc Natural del Garraf: es van obtenir densitats de regenerat d'entre 830 i 7.200 pins/ha (Castell i Castelló, 1996). Aquesta experiència, feta la tardor immediatament posterior a l'incendi i acompanyada d'una bona precipitació, va demostrar que la regeneració tenia més èxit en els vessants nord i en les zones amb un sòl relativament profund que corresponien a antigues feixes de conreu. En canvi, altres experiències de sembra amb pinassa, conduïdes la primavera després de l'incendi de 1998 al Solsonès, o bé quatre anys després de l'incendi del Bages-Berguedà, van obtenir un èxit molt menor, a causa, en el primer cas, de la manca de pluges després de la sembra i, en el segon, de la massiva depredació (fins a un 80 % de les llavors sembrades) per part d'insectes, principalment formigues granívores. Aquests resultats ens indiquen que la sembra, sobretot aèria, pot ser una alternativa de reforestació econòmica, ràpida i independent del relleu, però que haurà de fer-se com més aviat millor després de l'incendi, perquè la recuperació de la coberta herbàcia i de la fauna no en dificultin la implantació. D'altra banda, el seu èxit estarà també condicionat per les possibilitats d'encert de les òptimes condicions meteorològiques per dur-la a terme i per posteriors actuacions.

L'alternativa a la sembra és la plantació de plàntules crescudes prèviament en condicions de viver. No obstant això, tenint

en compte que en les zones de clima mediterrani com Catalunya l'estrès hídric ha estat identificat com el principal factor limitant per a l'èxit de les plantacions, per garantir-lo caldrà tenir en compte diferents factors, entre els quals destaquen: 1) escollir l'espècie adient en funció de les característiques del terreny a repoblar, 2) utilitzar plantes de qualitat i 3) preparar el terreny on s'ha d'efectuar aquesta operació. En aquest context, en els darrers anys s'ha anat produint una intensa recerca dirigida a optimitzar tots aquests factors, que són en major o menor mesura objecte en alguns casos d'elecció i en altres de modificació per part del repoblador.

Les plantes recentment establertes són especialment sensibles a l'estrès hídric, perquè encara no han estat capaces de desenvolupar un sistema radical que els permeti recuperar l'aigua que perden per transpiració, a banda que en un primer moment, just després de l'establiment al camp, el contacte entre les arrels i el sòl pot no ser del tot complet o eficient. En aquest sentit, la resistència i vigor del material vegetal enfront de l'estrès hídric serà un factor crític per a l'èxit de la repoblació. En aquest marc, una de les prioritats de la producció viverística és la de desenvolupar material vegetal autòcton resistent als diferents factors ambientals limitants, especialment a l'estrès hídric, reduint a la vegada els costos de producció i disminuint l'impacte ambiental relacionat amb la utilització d'elevats requeriments d'aigua, nutrients i productes fitosanitaris en la fase de planter.

Abanda de la qualitat de les plantes, la preparació del terreny serà un aspecte clau per millorar la disponibilitat hídrica de les plantes al camp i facilitar-ne la implantació i supervivència. Aquesta preparació inclou l'eliminació i control de la vegetació espontània per evitar que competeixi amb les plantes a repoblar, i una acció sobre el sòl per evitar les pèrdues d'aigua per escolament superficial, augmentar el perfil d'aigua al sòl i disminuir-ne la resistència a la penetració de les arrels dels plançons. Els mètodes d'eliminació de la vegetació preexistent i de preparació del sòl poden diferir molt en cost econòmic i efectes sobre la supervivència i creixement de les plantes, però també en la promoció d'impactes ecològics indirectes i indesejats sobre la fauna i la flora local. En aquest context, s'està fent un gran esforç de recerca per comparar els diferents mètodes existents, optimitzar-ne el rendiment econòmic i millorar-ne els efectes en les repoblacions.

L'eliminació de la vegetació preexistent es pot fer mitjançant diferents tècniques com la crema controlada, la desbrossada mecànica o el pastoreig de ramats domèstics. La crema controlada és el tractament més efectiu a l'hora de reduir el recobriment de la vegetació (reducció de més del 80 %), gràcies al seu efecte sobre l'estrat herbaci en comparació d'altres mètodes. En canvi, la desbrossada mecànica és el millor tractament per disminuir l'alçada de la vegetació (reducció de més del 73 %), ja que la crema té un efecte més heterogeni en l'espai amb alguns arbusts no del tot cremats. No obstant això, dos anys després

de l'aplicació dels tractaments, aquestes diferències es redueixen per la vigorosa rebrotada de l'estrat herbaci i arbustiu. Pel que fa al pastoreig, aquest té un efecte molt menor que els altres dos mètodes i fins i tot pot produir un resultat negatiu: afavorir el creixement de la vegetació a controlar. A banda, s'han estudiat també els possibles efectes indirectes i negatius d'aquests tractaments sobre la fauna de la zona, com per exemple els micromamífers (musaranyes, ratolins, etc.). La crema és el que té un efecte més pernicios, tant en la diversitat com en la densitat d'aquest grup faunístic, si es compara amb la desbrossada, que afecta menys la seva densitat, o amb el pastoreig, que no té efectes significatius (Espelta et al., 2003).

Després del control de la vegetació preexistent, és necessari preparar el sòl per a la plantació. Existeixen diferents mètodes per fer aquesta preparació, tant manuals, a utilitzar normalment quan el pendent de la zona supera el 30 %, com mecànics. Aquests darrers poden ser mètodes lineals, quan s'obren solcs amb l'ajut d'un subsolador seguint normalment les corbes de nivell, o puntuals, quan s'obren clots individuals de plantació amb l'ajut sovint d'una retroexcavadora. Aquests dos mètodes tenen avantatges i inconvenients. El subsolat lineal té un bon rendiment econòmic i ha estat demostrat que és un mètode excel·lent per afavorir la retenció i infiltració de l'aigua i trencar l'estructura del sòl, per facilitar la penetració de les arrels. No obstant això, per garantir-ne l'eficàcia es necessita que es pugui efectuar regularment en superfícies lliures de vegetació. En canvi, fer clots individuals de plantació és més car, però pot dur-se a terme en superfícies més irregulars i on no s'ha eliminat la vegetació preexistent. La comparació d'aquestes dues alternatives de preparació del sòl, combinades amb tres mètodes d'eliminació de la vegetació preexistent en plantacions de pinassa, va indicar que una preparació mitjançant subsolat lineal donava una millor supervivència en els llocs on la vegetació havia estat prèviament eliminada mitjançant una desbrossada mecànica o la crema controlada, mentre que en els llocs sense intervenir, o amb un pastoreig lleuger, els clots individuals de plantació garantien uns millors resultats (figura 7.10).

Un cas de reassignació: Compatibilitat entre la regeneració natural i el pastoreig extensiu

Una altra alternativa a aplicar en les zones on s'està produint la regeneració natural després de l'incendi, sobretot en boscos menuts de planifolis, és la seva progressiva conversió a sistemes silvopastorals, en els quals es tendeix cap a una estructura de bosc tipus «devesa» (una densitat baixa d'arbrat acompanyat d'un extens estrat herbaci) on es practica la ramaderia extensiva. Òbviament, aquest maneig no es podrà aplicar immediatament després d'iniciar-se la regeneració natural ni en tot tipus de zones. Pel que fa al temps d'espera abans d'iniciar aquesta conversió, se situa tradicionalment al voltant de cinc anys després de l'incendi, per permetre una recuperació de la coberta vegetal que eviti el risc d'erosió i un creixement dels individus que

Figura 7.10. Preparació del sòl per a la reforestació després del foc

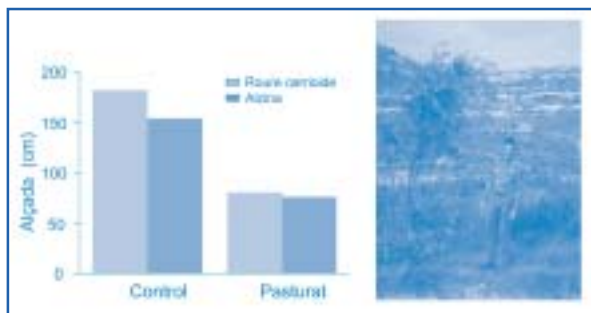


La preparació dels sòls mitjançant un subsolat, com el de la fotografia (i punts clars), millora la possibilitat de supervivència de les plàntules de pinassa en el cas que la vegetació hagi estat prèviament eliminada (mitjançant el pastoreig controlat, la crema controlada o l'estassada mecànica). En cas que no s'elimini la vegetació preexistent (control), és la preparació mitjançant retroexcavadora (punts foscos) la que ofereix uns millors resultats. S'indica mitjana $\pm$ error estàndard.

Font: Modificat d'Espelta et al., 2003.

formaran l'estrat arbori que els permeti escapar del brosteig del bestiar. Espelta et al. (2002) han mostrat els efectes nocius que pot tenir el pastoreig just després d'iniciar-se la regeneració natural (figura 7.11), ja que compromet la consolidació de la regeneració, afavoreix l'erosió i, en conjunt, disminueix la recuperació del sistema. En canvi, tal com es mostra en la fotografia de la figura 7.11, en boscos menuts de roure i alzina on el pastoreig s'inicià cinc anys després de l'incendi, aquesta pràctica afavoreix la selecció i aclarida dels rebrots, tot estimulant el creixement dels peus dominants i disminuint, mitjançant el brosteig i la trepitjada dels animals, l'excessiva densitat de rebrots tant en

Figura 7.11. Efectes del pastoreig controlat en la regeneració natural



El pastoreig de ramats domèstics just després de l'incendi té efectes molt negatius sobre la regeneració natural. A la figura s'observa la reducció en alçada de roures (clar) i alzines (fosc) en les zones pasturades respecte a les control (no pasturades). En canvi, com s'observa en la fotografia, en les zones on el pastoreig s'ha aplicat cinc anys després del foc es produeix una aclarida de tanyes que millora l'arquitectura i estimula el creixement dels individus.

Font: Fotografia i dades de J. M. Espelta.

el roure com en l'alzina, amb uns efectes molt similars als de les aclarides manuals però amb un menor cost econòmic. Pel que fa a l'època de l'any en la qual convé fer aquest pastoreig, els resultats van ser que l'estació no va afectar el creixement en alçada o diàmetre dels peus «reservats», aquells que escapaven del brosteig del ramat, però sí l'expansió de les seves capçades: el creixement de les capçades era menor quan el pastoreig es feia a finals d'hivern o estiu que quan era a començaments d'aquestes estacions.

Tot i els beneficis que pot representar el pastoreig extensiu com alternativa de gestió, per dur a terme acuradament aquesta pràctica caldrà valorar prèviament la densitat de peus arboris en la zona, les possibilitats de desenvolupament d'una coberta herbàcia i possibles restriccions de tipus topogràfic (pendent) o edàfic (estructura, fragilitat o profunditat del sòl).

Regeneració natural o restauració artificial?

Les diferents actuacions exposades fins al moment i altres existents, per consolidar la regeneració natural, restaurar la coberta vegetal malmesa o bé reassignar un nou ús als boscos cremats, haurien de centrar-se en tres objectius cabdals: 1) promoure la reintegració dels nous boscos que apareixeran després de l'incendi en les activitats socioeconòmiques pròpies de la zona, tant en les seves formes més tradicionals (producció de fusta i llenyes, silvopastoralisme, aprofitament cinegètic, etc.), com en les que representen nous usos del territori (com l'agroturisme), 2) mantenir i, en la mesura del possible, incrementar la diversitat biològica i paisatgística de la zona, i 3) aconseguir una major protecció de les zones forestals davant de la reiteració de nous incendis, sobretot grans incendis catastròfics. Aquests tres objectius ens condueixen a intentar, després de l'incendi, planificar i ordenar un paisatge en forma de mosaic de sistemes ecològics i usos socioeconòmics on, en funció de la composició específica del bosc, la seva situació geogràfica en la zona, el seu potencial productiu i les demandes socials i econòmiques, la gestió posterior a l'incendi pugui variar àmpliament entre dues alternatives: des de la *no-actuació*, deixar que es produeixi la successió natural després d'aquesta pertorbació, fins a la intervenció activa basada en diferents *pràctiques silviculturals i de restauració* (làmina 17). No obstant això, hem de tenir en compte que la restauració representa una gran dedicació de recursos humans, tècnics i econòmics, els quals sovint són limitats i s'han de prioritzar. En aquest context, és necessari millorar mitjançant la recerca, la nostra capacitat de predir la dinàmica dels boscos mediterranis després dels incendis com també les diferents tècniques de restauració, per reconciliar criteris ecològics i econòmics, tot millorant les diferents alternatives possibles. La prevenció de futurs incendis catastròfics en la zona cremada comença, sens dubte, l'endemà d'haver extingit el foc, i dependrà en gran part de les decisions que prenguem sobre la regeneració natural i la restauració de l'àrea.

.....

8. Els boscos i la contaminació atmosfèrica

.....

Introducció
Estat dels boscos

8. Els boscos i la contaminació atmosfèrica

Anna Àvila, CREA

Introducció

L'efecte de la contaminació atmosfèrica sobre els boscos a Catalunya es pot intentar analitzar a partir de les dades proporcionades per un important programa de cooperació europeu impulsat per la Unió Europea i la Comissió Econòmica de les Nacions Unides per Europa, dins la *Convention on Long Range Transboundary Air Pollution* (Convenció sobre Contaminació Atmosfèrica Transfronterera de Llarg Abast). Aquest programa ha promogut, des de l'any 1987, l'obtenció de mesures sistemàtiques anuals de l'estat de defoliació de la capçada en 6.000 parcel·les situades en un reticle de 16 × 16 km que cobreix tot Europa. D'aquestes parcel·les, 65 es troben a Catalunya i constitueixen la base de dades que hem utilitzat.

El motiu per posar en marxa un programa europeu d'aquesta magnitud fou la detecció, cap als anys setanta, d'un empitjorament de l'estat dels boscos, inicialment al nord i centre d'Europa. Els arbres presentaven símptomes que no eren explicables directament pels agents biòtics o abiòtics coneguts fins el moment, i va anar prenent cos la hipòtesi que el debilitament forestal estava associat a la contaminació atmosfèrica i a la pluja àcida. Efectivament, nombrosos estudis en les darreres tres dècades així ho han anat demostrant, en boscos tant d'Europa (Ulrich, 1986) com d'Amèrica del Nord (Dochlinger i Seliga, 1976).

Veient el destructiu impacte de la deposició atmosfèrica i la pluja àcida sobre els boscos i els ecosistemes aquàtics, es van acordar importants mesures internacionals que van portar a la firma dels protocols del sofre i del nitrogen els anys 1985 i 1988, respectivament, i el Protocol per a la reducció de l'acidificació, l'eutrofització i l'ozó troposfèric l'any 1999. En ells, s'insta els estats signataris a reduir les emissions fins a certs límits acordats. Aquestes mesures han estat summament efectives en la reducció de les emissions de diòxid de sofre (SO_2) a Europa i, per tant, en la reducció de la deposició àcida en aquest continent. Per contra, per als òxids de nitrogen l'èxit no ha estat similar i la deposició de nitrogen s'ha incrementat o mantingut estable. Una elevada deposició de nitrogen té efectes perjudicials sobre els boscos per: 1) acidificació del sòl, 2) desequilibri nutricional, 3) disminució de la micorrizació i 4) major vulnerabilitat dels arbres al fred i les gelades.

A Catalunya, disposem d'un registre llarg de dades sobre la química de la precipitació en l'estació rural de La Castanya

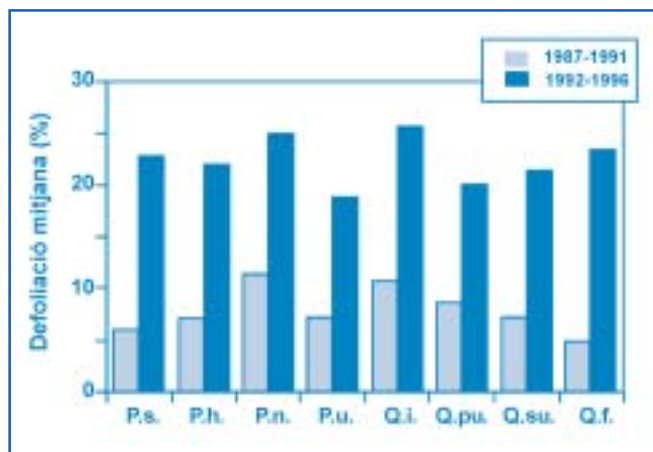
(Montseny). Aquestes dades indiquen que a la dècada dels vuitanta els nivells de deposició àcida no eren tan alts ni preocupants com al centre i nord d'Europa; però, a més, a La Castanya l'acidesa de la pluja ha anat minvant consistentment en els darrers 20 anys en paral·lel a la disminució de les concentracions de sulfats (SO_4^{2-}). En concret, al Montseny s'ha observat una reducció de la deposició del sofre de l'ordre del 40 %, i un lleuger augment de la deposició del nitrogen (Àvila, 1996; Àvila i Rodà, 2002). Dades del pH de la pluja en nou estacions de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica de Catalunya (XVPCA), promoguda pel Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, també indiquen una escassa incidència de la pluja àcida. Tret de zones puntuals afectades per focus emissors importants com la central tèrmica de Cercs o la d'Andorra de Terol, el pH mitjà de la pluja varià en el període 1994-1996 entre 5,3 al nord-est de Catalunya (estacions d'Agullana i Begur) i 6,5-7,0 al Pirineu i Prepirineu (estacions de Pardines, Sort i Bellver) i a la zona meridional (estacions de Gadesa i La Sènia).

Estat dels boscos

El paràmetre utilitzat aquí per avaluar l'estat dels boscos ha estat la defoliació, entesa com a pèrdua de fulles o acícules respecte a una capçada teòrica amb el volum foliar complet. Les tendències en el temps les avaluem comparant l'estat de defoliació en un període inicial (1987-1991) respecte del període més recent disponible (1992-1996, dades de Montoya i López, 1997). A la figura 8.1 es pot observar que la defoliació ha augmentat molt considerablement en les principals espècies forestals de Catalunya. La variació entre períodes ha estat menor en *Pinus uncinata* i en *Quercus pubescens* (= *Quercus humilis*); per contra, les espècies que han experimentat major augment de la defoliació han estat *Quercus faginea* i *Pinus sylvestris*. Per al període 1992-1996, la defoliació mitjana en totes les parcel·les catalanes era de 23,6 %. Dins de les categories establertes en l'estudi de l'estat dels boscos europeus, una defoliació d'entre l'11 % i el 25 % entra dins de la classe de danys lleugers i, per tant, en mitjana, l'estat actual dels boscos catalans no pertany a les categories més fortament danyades. Si bé l'increment de defoliació en 5 anys ha estat força important, la causa d'aquest empitjorament no és clara: l'estat de la capçada pot dependre de molts factors d'estrès diferents, tant climàtics com de contaminació atmosfèrica.

Aquí farem una breu valoració de la influència de la pluja àcida, de la deposició de nitrogen i sofre, de l'ozó, i d'alguns factors climàtics en l'increment de la defoliació. Pel que fa a d'altres causes dràstiques de defoliació, com els incendis i certs atacs locals per plagues, no es consideren en el present capítol.

Figura 8.1. Percentatges de defoliació a Catalunya per espècies durant els períodes 1987-1991 i 1992-1996



Comparació dels percentatges de defoliació entre el quinquenni 1987-1991 (barres clares) i el quinquenni 1992-1996 (barres fosques) per a diferents espècies forestals a Catalunya.

P.s. = *Pinus sylvestris*, P.h. = *Pinus halepensis*, P.n. = *Pinus nigra*, P.u. = *Pinus uncinata*, Q.i. = *Quercus ilex*, Q.pu. = *Quercus pubescens* (= *Quercus humilis*), Q.su. = *Quercus suber* i Q.f. = *Quercus faginea*.

Font: Modificat de Montoya i López, 1997.

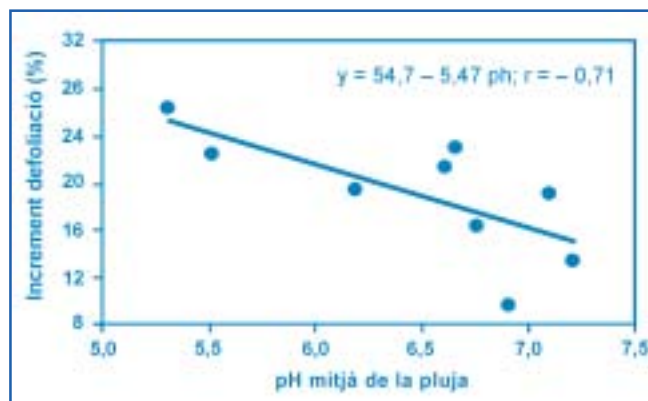
Acidesa de la pluja i defoliació

Les dades d'acidesa de la pluja proporcionades pels mostrejadors automàtics de pH en les nou estacions de la XVPCA de la Generalitat de Catalunya properes a estacions on s'ha mesurat la defoliació, indiquen una relació directa significativa entre l'acidesa mitjana del període 1992-1996 i l'increment de la defoliació en aquest període (figura 8.2). La zona de l'Empordà, que presenta el valor de pH més baix (5,18) mostra els majors increments de defoliació. No podem incorporar en aquesta anàlisi les dades del Berguedà, ja que no tenim una estimació de la defoliació per al període 1992-1996 a la zona del Portet, la part més influïda per l'impacte de la central. No obstant això, en aquesta zona l'acidesa de la pluja és elevada (pH mig de 4,8; període 1992-1996) i en algunes ocasions s'han produït episodis puntuals extrems de pluja àcida (pH inferior a 4,0). Aquests fets, juntament amb l'impacte directe del plomall de diòxid de sofre (SO_2) de la central, poden ser els causants de la mort del bosc a la zona del Portet.

Deposició de sofre i nitrogen

A Catalunya, la deposició de sofre per la pluja és moderada. Exceptuant la zona al voltant de la central tèrmica de Cercs, la deposició humida de sofre varia entre 4 i 6 kg/ha/any. La deposició seca, estimada a partir d'estudis del rentat de les

Figura 8.2. Relació entre l'increment de la defoliació i el pH mitjà de la pluja



Relació entre l'increment de la defoliació entre el quinquenni inicial (1987-1991) i el final (1992-1996) i el pH mitjà de la pluja durant 1992-1996 en nou localitats de Catalunya. Es mostra la recta de regressió.

Font: Dades de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica de Catalunya (XVPCA) i Montoya i López, 1997.

capçades d'alzines en els alzinars del Montseny (Barcelona) i de Prades (Tarragona), afegiria 1-5 kg/ha/any. Això dona unes quantitats que són entre dos i quatre vegades inferiors a les mesurades al centre i nord d'Europa i a l'est dels Estats Units. A més, i a diferència d'aquells indrets, la deposició de sulfats (SO_4^{2-}) als boscos del nostre país va, usualment, acompanyada per una deposició equivalent de cations bàsics i això fa que no tinguem un risc d'acidificació important en els nostres ecosistemes forestals.

D'altra banda, estudis al Montseny han mostrat que la deposició de nitrogen total (deposició seca més humida) es troba entre 15 i 22 kg/ha/any (Rodà et al., 2002), una quantitat força elevada i comparable a la dipositada en les àrees de boscos deteriorats del centre d'Europa. Tot i que al Montseny s'ha vist que aquestes entrades de nitrogen poden ser absorbides per uns boscos en fase de creixement, l'entrada continuada de nitrogen atmosfèric pot tenir efectes importants en zones específiques com, per exemple, i molt especialment, en ecosistemes oligotròfics d'alta muntanya.

Efecte de l'ozó

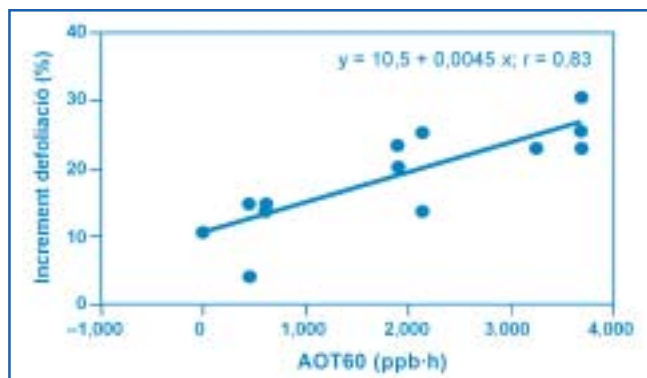
Allarg del litoral i en algunes zones de l'interior de Catalunya a l'estiu, molt freqüentment, es mesuren elevades concentracions d'ozó (O_3). Tal com han descrit Millán et al. (1992), en aquesta època es formen masses d'aire altament enriquit en ozó que es mouen cíclicament del mar cap a terra endins en una dinàmica d'oscil·lació que afavoreix la incorporació de diversos

contaminants antropogènics d'emissió local o àdhuc procedents de regions distants.

A Catalunya, utilitzant dades de 1994 a 2001, es produïren més de 20 incidències anuals de superació del llindar a partir del qual cal informar la població (valors superiors als 180 µg/m³ d'ozó en 1 hora) al Barcelonès, Tarragonès, Osona, Vallès Oriental, Vallès Occidental, Anoia, i la Garrotxa, i més de 10, al Maresme, al Bages, a l'Alt Camp i a la Cerdanya. La comarca més castigada és Osona, amb una mitjana de 43 incidències per any durant el període esmentat. Des de fa temps, se sap que l'ozó contribueix al deteriorament forestal degut als seus efectes fortament oxidants (McLaughlin, 1985). En la reunió de Kuopio (Finlàndia), a l'abril de 1996, es va acordar que un índex adequat per avaluar l'impacte de l'ozó sobre la vegetació resultava del temps d'exposició acumulat per damunt d'una determinada concentració d'ozó (per exemple, 40 o 60 ppb o parts per bilió¹, que dona lloc als índexs AOT40² i AOT60, respectivament) en el període actiu de la vegetació, i es va establir el nivell crític per als boscos en el valor de 10.000 ppb·h AOT40 acumulats durant l'estació de creixement. No obstant això, aquest nivell crític, per sobre del qual es produïrien danys en la vegetació, no té un significat unívoc. Es molt difícil correlacionar el grau d'excedència del nivell crític amb danys a la vegetació, ja que les altes concentracions d'ozó es produeixen en moments d'elevada temperatura i, presumiblement, d'elevat dèficit hídric, la qual cosa provoca el tancament dels estomes i, en conseqüència, disminueix l'impacte de l'ozó sobre les plantes. D'altra banda, diferents espècies poden presentar diferent vulnerabilitat a les mateixes concentracions d'ozó.

A Catalunya hi ha poques dades dels efectes de l'ozó sobre la vegetació natural, encara que hi ha més estudis relatius als conreus. Per estudiar les respostes a l'ozó amb garanties d'homogeneïtat en les condicions de tractament, s'han dissenyat tractaments experimentals amb cambres obertes (*Open Top Chambers*, OTC). Aquest sistema s'utilitza des de fa uns 10 anys al Delta de l'Ebre amb espècies de conreu i forestals (*Pinus halepensis*) on s'avalua l'efecte de diferents concentracions d'ozó, sol o combinat amb altres contaminants atmosfèrics, sobre diversos paràmetres ecofisiològics i de creixement dels vegetals (Elvira et al., 1998). No obstant això, aquí ens centrarem en l'exposició real a l'ozó dels boscos de Catalunya. Ens basem en dades preliminars de mesures d'ozó proporcionades per la XVPCA de la Generalitat de Catalunya i en la base de dades de defoliació forestal de la Xarxa Europea per al seguiment de danys en boscos (Montoya i López, 1997). En analitzar si l'ozó té algun paper en la defoliació dels boscos, els resultats han estat poc concloents en considerar les concentra-

Figura 8.3. Relació entre l'increment de la defoliació i l'exposició a l'ozó



Relació entre l'increment de la defoliació entre el quinquenni inicial (1987-1991) i el final (1992-1996) i l'índex d'exposició acumulada a l'ozó AOT60 (ppb·h) en nou localitats de Catalunya. Es mostra la recta de regressió.

Font: Dades de la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica de Catalunya (XVPCA) i Montoya i López, 1997.

cions mitjanes d'ozó i el nombre d'incidències d'ozó (valors superiors a 180 µg/m³). En canvi, sí s'observa una relació positiva significativa entre l'increment de la defoliació i els valors de l'índex AOT60 (figura 8.3). Les estacions més defoliades i amb els valors més alts de l'índex AOT60 es troben a l'Empordà. Aquestes estacions corresponen a espècies diferents, com *Pinus pinea*, *Pinus pinaster* i *Quercus suber*, cosa que indica que té més pes el fet geogràfic que la composició específica.

Tot i que unes condicions climàtiques adverses poden resultar en danys molt importants en les capçades, tal com es va comprovar durant la sequera de l'any 1994 (Peñuelas et al., 2000), l'increment de defoliació entre 1987 i 1996 no ha presentat una relació significativa amb les següents variables climàtiques: temperatura mitjana anual, mitjana de les temperatures màximes anuals, precipitació i evapotranspiració potencial. Per fer aquesta anàlisi, s'han emprat dades meteorològiques de la Xarxa Agrícola i Forestal de Catalunya (Llasat, 1997). Per contra, la defoliació sembla tenir relació amb l'exposició acumulada a l'ozó i amb l'acidesa de la pluja. L'aplicació d'una anàlisi multivariant de regressió pas a pas ha indicat un major efecte de l'acumulació d'ozó (AOT60), per sobre del pH de la pluja, de la deposició de sofre i de nitrogen, i de les concentracions mitjanes d'ozó.

La manca de resultats en els esforços per disminuir els seus precursors (òxids de nitrogen i compostos orgànics volàtils) i l'elevada insolació al nostre país fa que l'ozó continuï presentant unes concentracions molt altes. En necessitem un millor coneixement de l'impacte sobre els boscos a Catalunya.

¹ S'entén per bilió mil milions i no un milió de milions.

² AOT: sigles de: «Accumulated dose Over a Threshold of» o traduït, dosi acumulada per sobre d'un llindar de.

9. L'aigua al bosc mediterrani

L'aigua com a principal factor limitant dels ecosistemes mediterranis
Evapotranspiració potencial i real
Els camins de l'aigua al bosc
Transpiració i producció: l'eficiència en l'ús de l'aigua
L'aigua determina l'estructura i funcionament dels arbres

9. L'aigua al bosc mediterrani

Carles Gracia, CREAM i UB

L'aigua com a principal factor limitant dels ecosistemes mediterranis

L'aigua és un dels factors principals que condicionen la producció dels sistemes naturals. La fracció d'aigua utilitzada per les plantes en la fotosíntesi pròpiament dita és mínima. La seva importància rau en el seu paper com a vehicle de transport de nutrients del sòl a les capçades i com a regulador de la temperatura foliar. Entra als ecosistemes terrestres principalment sota la forma de precipitació. La quantitat d'aigua disponible per a les plantes exerceix un paper important en la determinació de la productivitat i resulta especialment important en els boscos mediterranis on, sovint, representa un factor limitant per al desenvolupament de la vegetació. La clau rau en el procés d'intercanvi de gasos. La producció és el resultat de la fixació del carboni atmosfèric absorbit per les plantes en forma de diòxid de carboni (CO_2) a través dels estomes. Ara bé, l'obertura estomàtica suposa una pèrdua d'aigua per a la planta. És més, la pèrdua d'aigua per transpiració és a la base de l'entrada d'aire i CO_2 atmosfèric a l'interior de la fulla, ja que, en efecte, el volum d'aire que entra a la cambra subestomàtica a través dels estomes depèn del volum d'aigua que en surt, com veurem més endavant.

Més important que la precipitació és el balanç entre aquesta i l'aigua potencialment utilitzable pels arbres, que ve definida per l'evapotranspiració potencial. A Catalunya, la radiació solar incident, amb un promig al llarg de l'any d'entre 14 i 15 $\text{MJ/m}^2/\text{dia}$ a la major part del territori, genera una evapotranspiració potencial que, de mitjana, resulta superior als 1.000 mm/any . Si es compara aquesta xifra amb la precipitació mitjana de Catalunya, que se situa als volts dels 700 mm , resulta obvi que, en conjunt, estem en un país amb un acusat dèficit hídric que condiciona fortament el desenvolupament dels ecosistemes.

Evapotranspiració potencial i real

L'evapotranspiració potencial (ETP) d'un indret determinat és funció de la quantitat d'energia disponible a l'atmosfera per evaporar aigua i es pot determinar per diferents mètodes dels quals el més acceptat és, probablement, el mètode de Penman-Monteith explicat al requadre annex.

Com es calcula l'evapotranspiració potencial

L'evapotranspiració potencial (ETP) és la quantitat d'aigua que passa a la atmosfera des d'una superfície d'aigua lliure. És funció de l'energia disponible per evaporar-la. Es pot calcular mitjançant l'equació de Penman-Monteith com:

$$ETP = 1,08 \cdot \frac{S \cdot I_{dir}}{(s + \gamma) \cdot \lambda}$$

on I_{dir} és la radiació solar incident (MJ)
 λ és el calor latent d'evaporació (J/mol)
 γ és la constant psicromètrica de l'aire ($\text{kPa}/^\circ\text{K}$) i s és el dèficit de saturació de la pressió de vapor d'aigua a l'aire (kPa).

El calor latent d'evaporació, és a dir l'energia requerida per passar un mol d'aigua líquida a l'estat de vapor sense modificar-ne la temperatura, depèn de la temperatura i es calcula com:

$$\lambda = 45.064,3 - 42,9 \cdot t \quad \text{on } t \text{ s'expressa en } ^\circ\text{K} \text{ i } \lambda \text{ ve donat en } \text{J/mol}.$$

El valor de la constant psicromètrica de l'aire (en $\text{kPa}/^\circ\text{K}$) es determina com:

$$\gamma = \frac{P_0 \cdot C_p}{0,622 \cdot \frac{\lambda}{18}}$$

on P_0 és la pressió normal (101,3 kPa) i C_p és el calor específic de l'aire a pressió constant (1,012 $\text{J/g} \cdot ^\circ\text{K}$)

El dèficit de saturació de pressió de vapor d'aigua a l'aire (en kPa), es calcula com: $S = e - e_{sat}$

on e_{sat} , la pressió parcial de vapor d'aigua saturant, es calcula com:

$$e_{sat} = 0,613753 \cdot e^{\frac{18,564 \cdot t - \frac{t}{254,4}}{t + 255,57}}$$

essent e el número e i t la temperatura de l'aire (en $^\circ\text{C}$) en el moment de la determinació.

Com que l'aigua acostuma a ser limitant, si més no durant una part de l'any, només una fracció de l'evapotranspiració potencial és evaporada o transpirada realment, depenent de l'aigua disponible. L'evapotranspiració real es pot determinar en conques experimentals mesurant les entrades i les sortides d'aigua. En petites conques experimentals de límits ben definits i substrat rocós impermeable (dues característiques molt importants per a aquest tipus de determinacions) és possible mesurar l'aigua de pluja en punts diferents de la conca mitjançant pluviògrafs automàtics que envien un senyal elèctric a una

Figura 9.1. Dispositiu experimental per mesurar l'evapotranspiració real



Aquest dispositiu instal·lat a la Conca de l'Avic (Muntanyes de Prades, Tarragona) permet mesurar l'evapotranspiració real de l'alzinar. A la sortida de la conca, el substrat de la qual és impermeable, hi ha una presa que deixa anar l'aigua per la sortida en forma de V, la qual ha estat calibrada de manera que l'alçada de l'aigua, mesurada en continu per un limnígraf instal·lat a la torre, es correspon al cabal d'aigua que surt per la riera. A la torre, un dispositiu experimental recull el senyal dels pluviògrafs instal·lats a la conca, de manera que es pot saber tant l'aigua que entra a la conca per precipitació com la que surt per la riera. Atesa la impermeabilitat del substrat, la diferència és l'aigua retornada a l'atmosfera per evapotranspiració des de la mateixa conca. Vegeu resultats a la figura 9.2.

estació receptora i, paral·lelament, controlar la sortida d'aigua per la xarxa de drenatge de la conca mitjançant un dispositiu experimental com el que s'il·lustra a la figura 9.1, instal·lat a la conca de l'Avic a les Muntanyes de Prades.

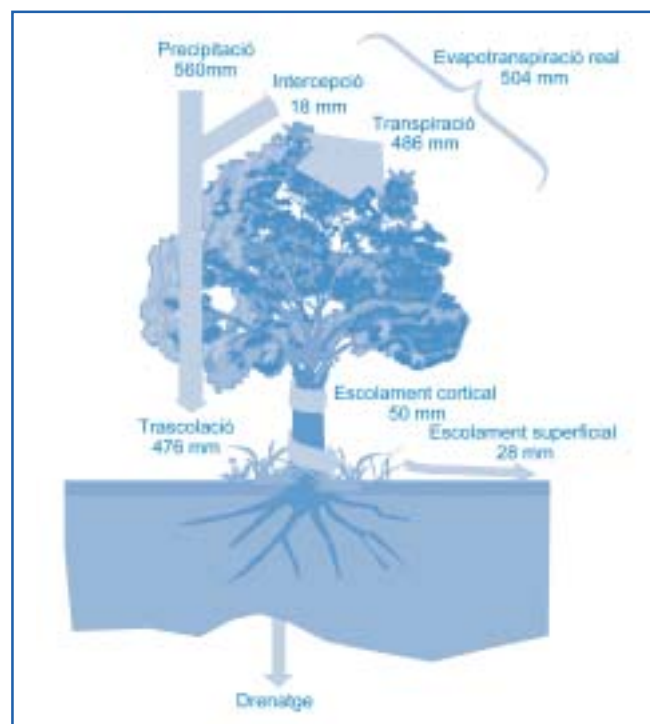
Resulta possible integrar anualment (o a l'escala temporal desitjada) tant l'aigua que entra a la conca per precipitació com la que surt per la presa experimental. Atesa la condició de substrat rocós impermeable, la diferència és l'aigua evapotranspirada *in situ* a la mateixa conca. Si les mesures s'efectuen en períodes de temps relativament llargs per evitar els canvis causats per emmagatzematge d'aigua a la pròpia conca, es pot determinar la fracció d'aigua evapotranspirada. L'evapotranspiració real (l'aigua que efectivament passa a l'atmosfera des de la superfície del bosc), comparada amb l'evapotranspiració potencial (l'aigua que passaria a l'atmosfera en cas que no hi hagués cap mena de limitació hídrica), és un molt bon indicador de l'estat hídric del bosc. La figura 9.2 il·lustra els fluxos hídrics més importants de la conca experimental de l'Avic, a l'alzinar de les Muntanyes de Prades mesurats per Bellot et al. (1992). Dels 560 mm de precipitació mitjana anual recollits a la conca entre els anys 1986 i 1995, 486 mm, és a dir, prop del 87 %, són directament transpirats pel bosc. Un 3 % (18 mm) de la pluja anual és interceptada i evaporada directament des de

les capçades, de manera que l'evapotranspiració real d'aquest alzinar representa el 90 % de la precipitació anual. Aquests 504 mm representen només el 45 % de l'evapotranspiració potencial que és, a Prades, de 1.112 mm/any.

La importància d'aquest balanç es fa palesa si es compara el cas de Catalunya amb el d'alguns països escandinaus. Finlàndia, amb precipitacions properes als 400 mm anuals, molt per sota de la precipitació a Catalunya, és un país densament forestat. La diferència ve donada per l'ETP que, a Finlàndia, és de només uns 300 mm anuals, inferior per tant a la precipitació, i l'excedent d'aigua que això suposa dona com a resultat un país abundant en llacs i boscos.

La fracció de l'aigua de pluja realment important per entendre la producció del bosc és l'aigua transpirada. Tot i que mesurar-la a determinades escales no és excessivament compli-

Figura 9.2. Fluxos hídrics més importants mesurats amb el dispositiu experimental explicat a la figura 9.1



La precipitació anual mitjana del període 1986-1995 va ser de 560 mm. El bosc retorna a l'atmosfera 504 mm, que és el valor de l'evapotranspiració i representa el 90 % de la precipitació a l'alzinar de la conca de l'Avic (Prades, Tarragona).

Font: Esquema elaborat a partir de les dades de Bellot et al., 1992.

cat, requereix un cert instrumental més o menys sofisticat per determinar el flux de sava al tronc dels arbres o l'aigua transpirada a les fulles i, molt sovint, es prefereix parlar de l'evapotranspiració, és a dir, la suma de l'aigua transpirada més l'aigua evaporada des de les superfícies lliures, sigui dels arbres, del sòl o de les roques.

• • • • • Els camins de l'aigua al bosc

Encara que els boscos transpiren una fracció molt important de la precipitació, no tota la pluja és aprofitada pels boscos. Una fracció de l'aigua de pluja impregna les capçades i és directament evaporada des de la superfície de les fulles i branques. La fracció de l'aigua de pluja que és interceptada per les capçades depèn d'un complex conjunt de factors. L'índex foliar de la vegetació, la mida i disposició de les fulles, la quantitat i intensitat de la pluja i el temps transcorregut des de l'últim episodi de pluja són els factors més importants que determinen la fracció d'aigua interceptada. És obvi que després d'un llarg episodi de sequera, amb la superfície de la vegetació impregnada de pols, una pluja poc intensa i poc abundant pot ser interceptada quasi totalment per una vegetació ben desenvolupada. Al contrari, d'una precipitació abundant i intensa només se'n reté una petita fracció inicial fins que les capçades són molles. Aquesta descripció dóna idea de la complexitat d'un fenomen com la interceptació. Diversos autors han mesurat l'aigua interceptada per diferents espècies forestals a Catalunya. L'aigua interceptada es pot estimar d'una manera aproximada tal com es recull al quadre annex.

Un mètode per estimar l'aigua interceptada per les capçades

La quantitat d'aigua interceptada per una capçada de superfície IAF en un episodi de pluja particular de magnitud P , es pot descriure per l'equació:

$$I = IAF \cdot a \cdot P^b$$

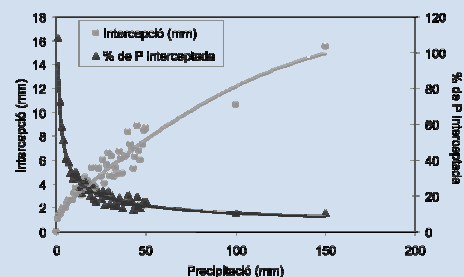
on I és la quantitat d'aigua (mm) interceptada per la superfície de la capçada, P és la quantitat d'aigua precipitada en un episodi particular i a i b són constants, els valors de les quals depenen de cada espècie (amb $b \leq 1$ en tots els casos).

En el cas d'una pineda de pi roig (on $a=1,123$ i $b=0,4$) amb un índex foliar de 2 m^2 de fulles per cada m^2 de sòl i sotmesa a una pluja de 30 mm, les capçades interceptaran una quantitat d'aigua equivalent a:

$$I = 2 \cdot (1,123 \cdot 30^{0,4}) = 8,75 \text{ mm}$$

La proporció d'aigua interceptada per aquestes capçades

decreix ràpidament amb la quantitat d'aigua precipitada com es pot veure a la figura:



Intercepció a les capçades d'un bosc de *Pinus sylvestris*.

La fracció d'aigua interceptada per cada tipus de coberta vegetal és important perquè redueix la quantitat de pluja efectiva que realment queda a l'abast de les arrels dels arbres. L'aigua que no ha estat interceptada i evaporada des de la capçada arriba al terra per dues vies possibles: regalimant per les branques i el tronc (*escolament cortical*); o bé directament, bé a través de les clarianes que queden entre els arbres o dins de les capçades dels arbres, o bé com a degoteig de les fulles i branques, un cop la seva superfície ha estat saturada per l'aigua interceptada (*trascolació*). L'escolament cortical, encara que quantitativament poc important (representa en promig prop del 10 % de la precipitació anual), renta la superfície de fulles, branques i tronc i retorna a la base del tronc una part dels nutrients dipositats a les superfícies rentades sigui per la pols atmosfèrica o per la fragmentació de les capes superficials d'escorça. La trascolació, que pot representar un 80 % de la precipitació anual, i l'escolament cortical aporten al terra la *precipitació efectiva*. Depenent de la intensitat de la pluja i del pendent, una fracció variable es perd en forma d'*escolament superficial*, que és responsable de la mobilització de sediments. L'escolament superficial representa menys de l'1 % de la precipitació anual sota cobertes vegetals ben desenvolupades. L'aigua que arriba al sòl i no es perd per escolament superficial, passa a formar part de la *reserva hídrica* del sòl, d'on és captada per les arrels. La capacitat d'un sòl per retenir aigua depèn de les característiques físiques del sòl, bàsicament la *porositat*. Atès que la porositat és, en bona part, una funció de la proporció de matèria orgànica al sòl, hi ha una relació estreta entre la presència de matèria orgànica al sòl i la capacitat de retenir aigua.

La densitat aparent del sòl es pot expressar com una funció del contingut de carboni orgànic al sòl. Analitzant un ampli conjunt de mostres de diferents tipus de sòls, Honeysett i Ratkowsky (1989) han determinat dues funcions empíriques de la forma:

$$D_s = 2,65 - (0,02 \cdot 1,724 \cdot \text{COS})$$

que permet expressar la densitat d'un sòl en funció del seu contingut en matèria orgànica (COS), i:

$$B_{ds} = 1,801 - [0,397 \cdot \log_{10}(1,724 \cdot \text{COS})]$$

que, anàlogament, aproxima el valor de la densitat aparent com a funció del contingut de carboni orgànic (COS). A partir d'ambdues equacions, la porositat del sòl es pot expressar com:

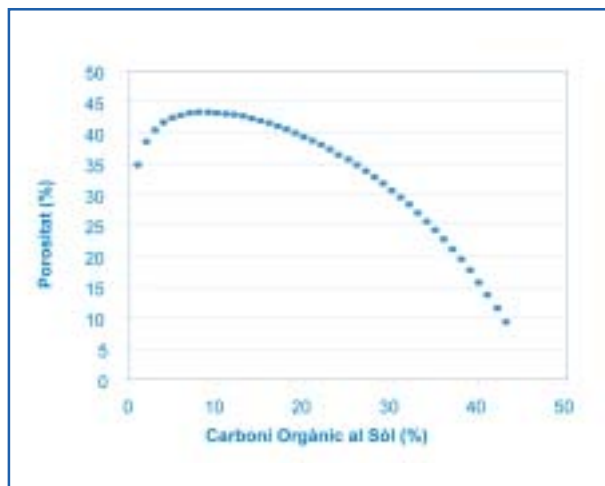
$$P = 100 \cdot \left[1 - \frac{B_{ds}}{D_s} \right]$$

o, substituïnt:

$$P = 100 \cdot \left[1 - \frac{1,801 - [0,397 \cdot \log_{10}(1,724 \cdot \text{COS})]}{2,65 - (0,02 \cdot 1,724 \cdot \text{COS})} \right]$$

Això ens indica la porositat del sòl en funció d'una única variable com ara el contingut de carboni orgànic al sòl. Aquesta funció posa de manifest que, amb continguts de carboni orgànic propers al 9 % del pes del sòl, la porositat del sòl és màxima (figura 9.3), cosa que afavoreix la capacitat de retenir aigua al sòl.

Figura 9.3. Relació entre la porositat del sòl i la quantitat de matèria orgànica al sòl

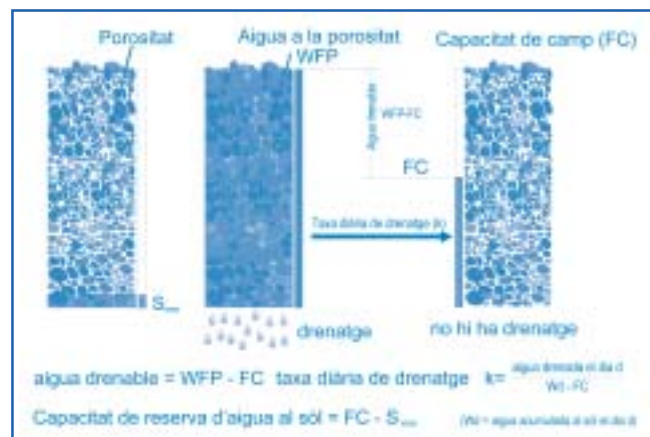


La porositat del sòl es pot expressar com a funció del contingut de matèria orgànica. El gràfic representa els valors obtinguts amb el model de Honeysett i Ratkowsky. Observeu com el màxim de porositat s'assoleix amb valors de contingut de carboni al sòl propers al 9 %.

Font: Modificat de Honeysett i Ratkowsky, 1989.

Aquesta reserva d'aigua al sòl (figura 9.4) resulta imprescindible a la major part de boscos de Catalunya que, a l'època estival, es veuen sotmesos a un acusat dèficit hídric que només poden superar, en bona part, utilitzant aquesta reserva hídrica.

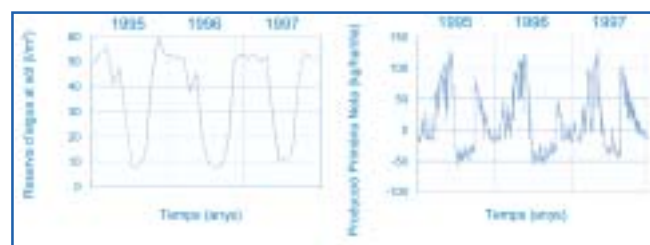
Figura 9.4. Porositat del sòl, capacitat de camp i reserva d'aigua al sòl



La porositat determina la capacitat de retenir l'aigua entre les partícules del sòl. Una part d'aquesta aigua es perd progressivament després dels episodis de pluja per gravetat (drenatge, vegeu figura 9.2) fins que s'arriba a la capacitat de camp, moment en què l'aigua és retinguda per forces de cohesió a la superfície de les partícules de la matriu del sòl. Aquesta capacitat de camp determina la reserva d'aigua a mitjà termini que pot ser utilitzada per les plantes en èpoques d'eixut.

La figura 9.5 il·lustra aquest fet a la pineda de pi roig del Castell de Montesquiu, Barcelona. La reserva hídrica al sòl assoleix el seu màxim durant els messos de tardor i hivern. Als mesos d'estiu, la demanda evaporativa provoca el consum de la reserva del sòl que decreix als mínims anuals i provoca la limitació de la producció. Com a conseqüència, la producció neta pot arribar a ser negativa durant aquests mesos de sequera estival.

Figura 9.5. Relació entre la reserva d'aigua al sòl i la producció primària neta



Variació de la reserva d'aigua al sòl en mm (esquerra) i producció primària neta diària en kg/ha/dia (dreta) a la pineda de pi roig de Montesquiu els anys 1995, 1996 i 1997. Al l'estiu, coincidint amb la forta davallada de la reserva hídrica al sòl, la producció primària neta es torna negativa ja que l'escassetat de l'aigua disponible limita la producció bruta.

Transpiració i producció: l'eficiència en l'ús de l'aigua

Per captar el CO_2 atmosfèric, la planta ha d'obrir els estomes. Aquesta obertura té com a conseqüència la pèrdua d'aigua per transpiració. El vapor d'aigua que surt de la cambra subestomàtica és substituït per un volum equivalent d'aire, el CO_2 del qual és absorbit per la fulla (figura 9.6). A partir d'aquest simple procés d'intercanvi de gasos, fàcil de comprendre, estem en condicions de determinar quina és la quantitat d'aigua que ha d'evaporar una planta per fixar un mol de carboni.

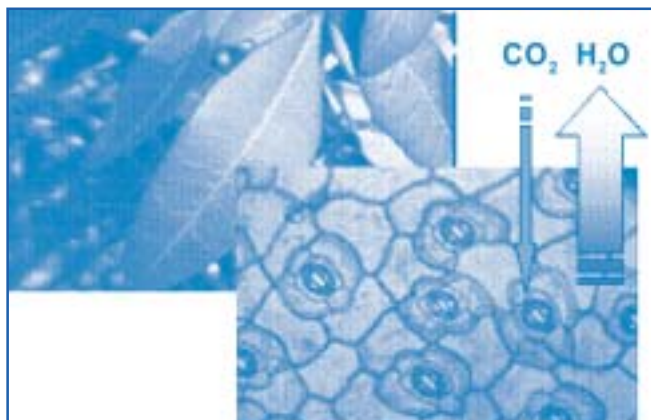
Aquesta quantitat resulta enorme. Fixar un gram de carboni requereix consumir al voltant de 300 g d'aigua. En altres paraules, l'eficiència amb què les plantes utilitzen l'aigua per fixar carboni, el que es coneix com a *eficiència en l'ús de l'aigua* (EUA), no és massa elevada. En el cas més general, una planta consumeix 1 mol d'aigua per fixar al voltant de 5 mmols de carboni. Obviament, això és una aproximació general. Algunes plantes han adquirit la capacitat de fixar CO_2 amb més o menys eficiència que la que se'n deriva del procés que hem explicat fins ara.

En el cas dels boscos de Catalunya, resulta fàcil adonar-se del paper limitant de l'aigua en la producció. Si assumim una

precipitació mitjana de 700 mm, el 70 % dels quals és transpirat, això representa una quantitat d'aigua transpirada de 490 mm que suposen aproximadament 600.000 l/m² de vapor d'aigua que són reemplaçats en la cambra subestomàtica per un volum equivalent d'aire. Si aquest aire conté 380 ppm (parts per milió) de CO_2 , la producció màxima d'aquests boscos que podem esperar és de 455 g C/m²/any.

Naturalment, aquestes dades considerades anualment només constitueixen una aproximació grollera a un problema molt més complex, que també depèn de l'estructura i la fisiologia de la fulla, però ajuden a entendre i a fixar els valors de referència i les principals limitacions a què han de fer front les plantes en un ambient mediterrani. Al llarg de l'any, les condicions hídriques del bosc són molt canviants. A la primavera i a la tardor les precipitacions poden superar l'ETP i l'excés d'aigua s'acumula al sòl, mentre que a l'estiu la demanda evaporativa és molt superior a la precipitació, sovint nul·la, i les plantes es veuen obligades a utilitzar la reserva hídrica acumulada al sòl. Als mesos estivals, quan la reserva hídrica del sòl ha estat consumida, les plantes es veuen obligades a tancar els estomes, i es limita així el procés de la producció. Com que la respiració dels teixits vius continua, la producció neta sovint es fa negativa durant una part de l'època estival. La respiració durant aquest període de producció bruta nul·la només es pot satisfer consumint la reserva de carbohidrats de la planta.

Figura 9.6. Intercanvi de gasos a través dels estomes



L'intercanvi de gasos és a la base de la producció forestal. A través dels estomes surt vapor d'aigua i entra aire, el CO_2 del qual és absorbit per la planta. Els mols de carboni que la planta fixa per cada mol d'aigua transpirada donen una mesura de l'eficiència en l'ús de l'aigua, EUA, que a les nostres espècies forestals se situa al voltant dels 5 mmols de C per mol d' H_2O . En altres paraules, la planta transpira una massa d'aigua equivalent a 300 vegades el pes del carboni fixat, cosa que explica l'elevat consum d'aigua i, per tant, el seu paper limitant.

Sobreviure gràcies als carbohidrats de reserva equival a resoldre, per part dels arbres, una equació molt més complexa del que pot semblar a primera vista. En efecte, d'una banda, tenim el període d'acumulació d'aquests carbohidrats, bàsicament a la primavera i, en menor grau, a la tardor, i la durada d'uns i altres ha d'estar en consonància amb la capacitat de produir de la planta (ja hem vist que, en bona part, limitada per l'aigua) i amb les taxes de respiració. D'altra banda, a més a més de les fulles i les arrels fines, una petita fracció de les cèl·lules de la fusta són vives i, per tant, contribueixen a la respiració de la planta. L'avaluació de la contribució de cada fracció a la respiració i, per tant, al balanç de carboni del bosc serà objecte d'anàlisi al proper capítol però aquí hem de fer èmfasi en un fet que ve a complicar encara més aquesta equació de supervivència de la planta: la capacitat de transportar aigua a través del teixit xilemàtic de la fusta no és independent de la respiració ja que, de la fracció de l'albeca del tronc en depèn la seva taxa respiratòria. La conseqüència immediata és que l'estructura dels arbres (àrea foliar, secció d'albeca al tronc, arrels fines) ha de satisfer tots aquests requeriments, fet que representa una via molt útil per entendre l'ecologia de les espècies.

..... L'aigua determina l'estructura i funcionament dels arbres

Fins aquí hem vist la importància relativa de l'aigua en el procés de la transpiració i, en darrera instància, com a limitant de la producció, tot i seguir la lògica elemental de l'intercanvi de gasos. Ara bé, l'aigua determina altres processos i patrons fisiològics i estructurals de les plantes. En el cas dels arbres, que tenen un tronc llenyós, l'aigua captada per les arrels és transportada a través del tronc fins arribar a les fulles on és transpirada. Aquest transport té lloc als vasos conductors i determina la transformació de l'albeca en duramen. L'albeca no és sinó el teixit xilemàtic en el qual el teixit conductor (vasos o traqueïdes, segons les espècies) és funcional o sigui, té capacitat per transportar aigua de les arrels fins a les fulles. Amb el temps, el teixit conductor deixa de ser funcional, l'aire penetra a l'interior dels vasos, els oxida i dona lloc al «cor» de la fusta, el duramen (figura 9.7), que no és res més que teixit xilemàtic que ha perdut la capacitat de transportar aigua.

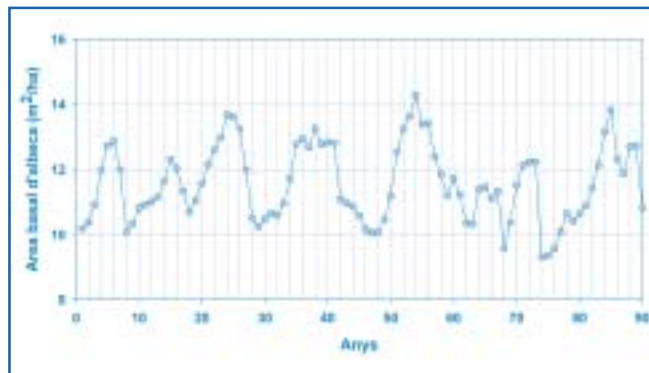
Figura 9.7. Teixit xilemàtic: albeca i duramen



Secció transversal del tronc de *Prosopis pallida* (Piura, Perú) mostrant l'albeca i el duramen.

L'àrea d'albeca d'una determinada massa forestal és una variable fonamental, ja que d'una banda, determina la capacitat de transportar aigua i, per tant, condiciona la producció i, d'altra banda, determina en bona part la respiració de l'arbre, com veurem en el proper capítol. La figura 9.8 representa el resultat de simular les variacions de la secció transversal d'albeca en una pineda de pi roig al llarg de 90 anys, utilitzant el model de creixement forestal GOTILWA+. Els resultats posen de manifest que

Figura 9.8. Evolució simulada de la superfície d'albeca al llarg de 90 anys



Superfície simulada d'albeca (m^2/ha) en un bosc de *Pinus sylvestris* de la finca del Castell de Montesquiu (Osona).

el valor de l'àrea basal d'albeca varia entre 10 i 14 m^2/ha , independentment de la densitat d'arbres de la massa, la qual es redueix al llarg dels 90 anys a mida que augmenta el diàmetre mitjà dels arbres.

Malgrat la seva importància, no es comprenen totalment els mecanismes que regulen l'àrea d'albeca dels individus d'una població i la taxa de transformació d'aquesta en duramen. Dos mecanismes ben diferenciats determinen la transformació d'albeca en duramen.

Un anell de xilema té una capacitat limitada per transportar aigua al llarg de la seva vida activa. Això és degut al fet que, amb aquest transport d'aigua i sals minerals, es van formant dipòsits de sals, sobretot carbonats i oxalats, a les parets dels vasos conductors i, amb el temps, aquests dipòsits acaben oclent totalment el vas, el qual perd la capacitat de transport i es transforma en duramen. La capacitat de transport d'aigua al llarg de la vida activa de l'albeca varia amb l'espècie, el tipus de fusta i, naturalment, les condicions hídriques del bosc (precipitació i evapotranspiració potencial principalment), però es troba en un rang aproximat que oscil·la entre 1.000 i 2.000 l/cm^2 , el que equival a una vida activa dels vasos d'entre 30 i 100 anys. Aquest mecanisme de transformació de l'albeca en duramen té importància sobre tot en ambients amb una disponibilitat hídrica relativament abundant.

En ambients àrids, com els que trobem sovint a Catalunya, on l'evapotranspiració potencial supera amb escreix la precipitació, un altre mecanisme pot resultar, fins i tot, més rellevant. Els anys de menor precipitació, l'aigua transportada a través del tronc (el fluxe de sava) pot arribar a ser tan escàs que només

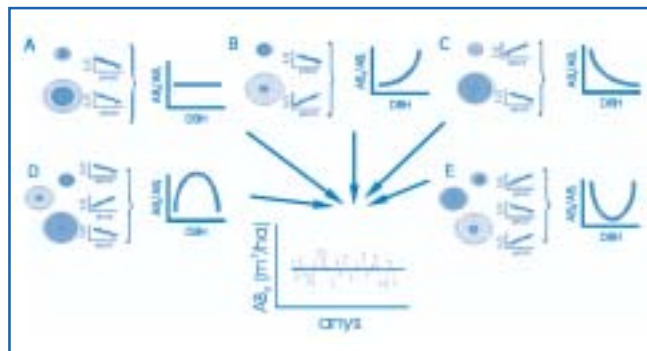
alguns vasos resulten actius en el transport d'aigua, mentre que la resta poden arribar a experimentar un buidatge de l'aigua continguda al vas o *cavitació*. La cavitació pot resultar fatal per a la capacitat conductora de la planta ja que, en trencar la continuïtat de la columna d'aigua, anul·la la capacitat conductora. Les diverses espècies d'arbres presenten una certa capacitat de recuperació dels episodis de cavitació moderada, que depèn sobretot de la mida dels vasos conductors i del potencial hídric assolit en el període de sequera. No obstant això, un cop es produeix la cavitació, sovint irreversible, l'albeca es transforma progressivament en duramen.

La superfície d'albeca es pot considerar per a un arbre o per a tota una massa forestal. L'àrea d'albeca d'un arbre determinat depèn de la seva història (edat, veinatge, etc.), però també, i sobretot, de la densitat de la massa. En els boscos de Catalunya, on sovint la precipitació és molt més escassa que l'evapotranspiració potencial, l'àrea d'albeca d'una massa forestal d'una espècie ve determinada per l'aigua disponible. Com que aquesta quantitat d'aigua és limitant, l'àrea d'albeca per unitat de terreny està limitada, la qual cosa condiciona la superfície d'albeca dels individus. El procés no és gens difícil d'entendre. Per a una massa forestal que viu sota unes condicions determinades de precipitació anual mitjana, l'àrea d'albeca ha de ser tal que, ateses les propietats hidràuliques de la fusta, permeti conduir l'aigua disponible per a la transpiració, però no pot ser massa elevada o, en cas contrari, augmentaria el risc de cavitació i, a la llarga, es reduiria igualment. Això ens porta a la dependència de l'àrea d'albeca d'una massa forestal a la disponibilitat hídrica del lloc on viu. Aquesta dependència es manifesta en la relativa constància dels valors de la secció transversal d'albeca que trobem per a una determinada espècie en una regió concreta, independentment de quina sigui la densitat d'arbres, la distribució de diàmetres o l'estructura de la població (figura 9.9). Per exemple, moltes masses de pi roig de Catalunya presenten un valor de l'àrea basal d'albeca entre 15 i 25 m²/ha, encara que l'àrea basal total dels diferents boscos pugui ser molt diferent.

Per altres espècies resulta igualment característic un valor d'àrea basal d'albeca per cada regió climàtica. El quadre 9.1 recull els valors de l'àrea basal d'albeca trobats als boscos de Catalunya. Malgrat aquesta relativa constància de l'albeca pel que fa a la massa forestal, la seva distribució entre els diferents individus de la massa respon a patrons molt diversos segons es tracti de masses regulars o irregulars o boscos amb competència més o menys intensa i depenent també de les tals experimentades al llarg de la seva història (figura 9.9).

Aquesta relativa constància de valors o, si més no, estret rang de variació, ens indica el caràcter limitant de l'aigua. Donada una precipitació mitjana i una evapotranspiració potencial, hi ha un marge relativament estret de possibilitats d'organitza-

Figura 9.9. Models de distribució de l'àrea basal d'albeca entre els individus d'una massa forestal



La secció transversal d'albeca d'una massa forestal, mesurada a 1,30 m del terra, o àrea basal d'albeca, és, ateses unes condicions ambientals determinades, aproximadament constant per a cada espècie (gràfic inferior). Malgrat aquesta constància en l'àrea d'albeca de la població, la seva distribució entre els diferents individus de la població pot ser molt diferent. La figura il·lustra cinc models alternatius i sovint presents als boscos de Catalunya. En el model A, l'àrea d'albeca segueix el mateix patró a tots els arbres: la seva proporció relativa va disminuint a mida que augmenta l'àrea basal dels individus. L'increment de l'àrea d'albeca es fa a expenses dels individus que moren o són talats. És la distribució pròpia dels boscos regulars. En el model B, els arbres dominants incrementen l'àrea relativa d'albeca a mida que creixen, mentre que en els suprimits aquesta àrea relativa va disminuint. És la situació pròpia de boscos amb elevada densitat i competència intensa. El model C es caracteritza per una disminució progressiva de la secció relativa d'albeca en els arbres més grans, mentre hi ha un augment en els arbres més petits. Aquest model és propi de masses envellides on els arbres més grans són poc vigorosos. En el model D, tant els arbres més grans com els més petits van reduint progressivament l'àrea relativa d'albeca, mentre que aquesta augmenta en els arbres de mida intermitja. Al model E, són els arbres intermitjos els que redueixen la seva àrea relativa d'albeca, mentre que els més petits i més grans l'augmenten. Aquests darrers dos models es troben en boscos on s'hi practica l'aclarida selectiva i depenen fonamentalment de la història a què ha estat sotmesa la massa forestal.

ció de la estructura de l'arbre. I no tan sols de la estructura; l'aigua transpirada i, en conseqüència, l'absorció de CO₂ vénen igualment controlades per aquest balanç entre precipitació i evapotranspiració potencial. Una bona prova experimental d'aquestes limitacions s'en desprèn de l'experiment d'aclarida dut a terme a l'alzinar de Prades. Els resultats es resumeixen a la figura 9.10. En aquest experiment es van aclarir nou parcel·les de mitja hectàrea com la que es veu a la fotografia amb dues intensitats d'aclarida: mínima (on es va treure el 50 % de l'àrea basal del bosc) i màxima (es va extreure el 80 % de l'àrea basal del bosc). Amb posterioritat a l'aclarida, es van determinar l'índex foliar i

Quadre 9.1. Àrea basal d'albeca de les principals espècies de Catalunya

	Àrea basal d'albeca (m²/ha)	Relació ABA/IAF (m²/m²)
Planifolis		
<i>Betula pendula</i>	8,63	11,82
<i>Castanea sativa</i>	3,25	0,85
<i>Fagus sylvatica</i>	15,20	5,05
Roures	6,80	4,44
<i>Quercus ilex</i>	5,39	2,95
<i>Quercus suber</i>	5,27	10,33
Coníferes		
<i>Abies alba</i>	35,27	8,73
<i>Pinus halepensis</i>	12,90	17,92
<i>Pinus nigra</i>	16,44	14,17
<i>Pinus pinaster</i>	14,79	19,46
<i>Pinus pinea</i>	12,44	14,30
<i>Pinus sylvestris</i>	19,13	16,35
<i>Pinus uncinata</i>	21,89	14,69

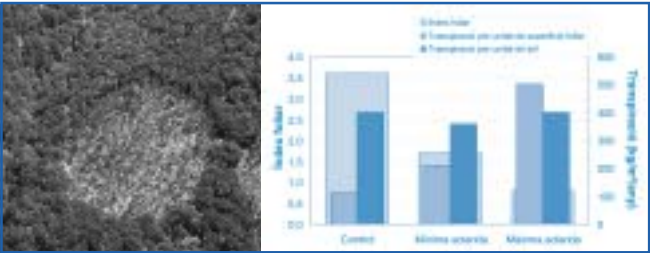
El quadre mostra la mitjana de l'àrea basal d'albeca (amb escorça) en m²/ha i la relació o quocient entre aquesta i l'índex d'àrea foliar (ABA/IAF) en m² de superfície conductora per m² de superfície foliar, per a les principals espècies de planifolis i coníferes de Catalunya quan aquestes són dominants (ocupen almenys el 50 % de l'àrea basal total del bosc).

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

les taxes de transpiració, mesurades pel que fa a la fulla i per unitat de superfície de bosc. Les parcel·les més intensament aclarides, on l'índex foliar romanent al bosc va ser mínim, transpiren molt més per unitat de superfície foliar; ara bé, quan integrem aquests valors per tota la capçada, l'aigua transpirada en els tres tractaments és la mateixa, cosa que ens indica que, ateses les condicions de Prades, amb una precipitació anual igual a la meitat de l'evapotranspiració potencial, els arbres extreuen pràcticament tota l'aigua disponible.

La secció transversal d'albeca determina, a més a més, la quantitat de fulles que pot suportar una capçada. Hem vist com, en el *continuum* que s'estableix entre el sòl, les arrels, el sistema conductor de la planta i les fulles, la columna d'aigua als vasos conductors o a les traqueïdes està sotmesa a dos riscos importants: el risc d'oclusió d'una banda i el risc de cavitació de l'altra. Per tal de minimitzar aquest segon risc, s'estableix una estructura precisa entre l'àrea d'albeca, és a dir, la secció per on circula l'aigua fins a la capçada, i l'àrea foliar de l'arbre, és a dir, la superfície per on l'arbre, control estomàtic a banda, retorna la major part d'aquesta aigua a l'atmosfera. Aquesta estructura precisa es tradueix en una altra regularitat com la que es reflecteix a la figura 9.11 que posa de manifest la relació entre

Figura 9.10. Experiment d'aclarida a l'alzinar de Prades

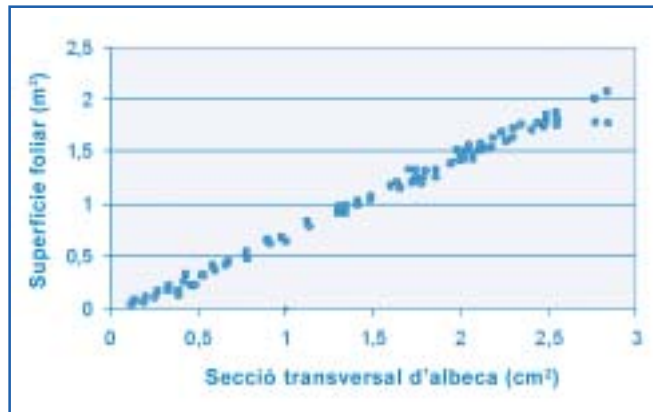


Aquest experiment d'aclarida dut a terme pels autors a l'alzinar de Prades demostra la limitació hídrica a què es veu sotmès el bosc mediterrani.

l'àrea foliar que es localitza per sobre de cada punt de l'arbre i la secció transversal de l'albeca al mateix punt. En aquesta gràfica, el pendent de la recta de regressió dels punts, resulta ser un indicador de la productivitat.

En efecte, el pendent de la recta, per a una determinada espècie, varia segons les condicions hídriques a les quals es veu sotmès l'arbre. En condicions poc restrictives, amb una taxa de producció relativament alta, els vasos que es formen presen-

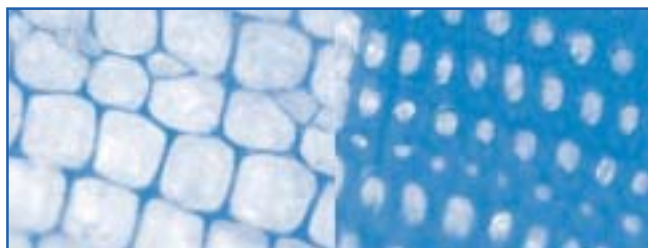
Figura 9.11. Relació entre la superfície foliar i la secció transversal d'albeca



La superfície foliar de dos exemplars de *Pinus sylvestris* de les Muntanyes de Prades, mesurada a partir de diferents nivells de la capçada, està estretament lligada a la secció transversal de l'albeca del tronc a cada nivell. La relació es pràcticament idèntica per ambdós arbres malgrat tractar-se de dos exemplars de diàmetre normal molt diferent.

ten parets més primes i una major proporció d'àrea conductora per unitat de superfície transversal. En condicions més àrides, les cèl·lules del xilema es formen més a poc a poc amb parets relativament més gruixudes i menys proporció relativa de llum (figura 9.12). El resultat és que per una mateixa superfície transversal d'albeca, la superfície conductora efectiva és molt més gran en el primer cas que en el segon. A més a més, la capacitat conductora dels vasos augmenta amb la quarta potència del seu diàmetre, cosa que encara contribueix a fer aquesta diferència funcional molt més exagerada. El resultat immediat és que la superfície foliar per unitat de superfície d'albeca varia considerablement i és molt més baixa en condicions de baixa productivitat, donant lloc a teixit xilemàtic amb vasos o traqueïdes de diàmetre efectiu més petit. La figura 9.13, on es representen les relacions entre àrea foliar i superfície d'albeca a diverses pinedes de pi roig d'Europa, il·lustra de manera palmària aquestes diferències.

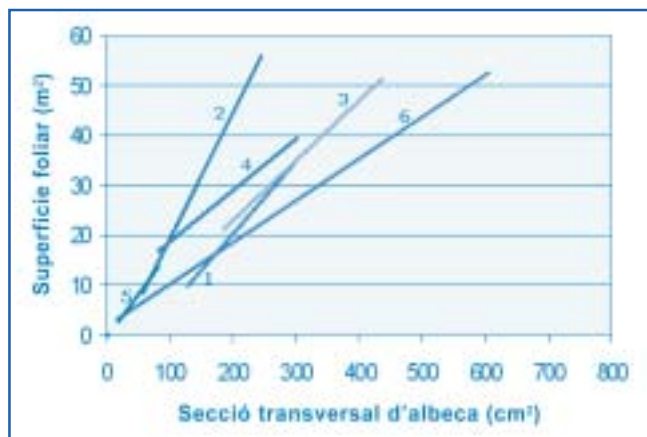
Figura 9.12. Capacitat conductora dels vasos



Aquesta figura il·lustra les diferències en l'estructura de la fusta; en particular, el gruix de les parets cel·lulars, segons la velocitat de formació del teixit xilemàtic. Les cèl·lules de la fotografia de l'esquerra presenten parets molt més primes i llum conductora molt més gran que les cèl·lules de la fotografia de la dreta que han estat formades en condicions de creixement més lent.

Font: Fotografies de Teresa Mata

Figura 9.13. Pendents entre la superfície foliar i la secció transversal d'albeca



Cada línia representa la recta de regressió entre l'àrea foliar total i la secció transversal d'albeca dels arbres de diferents pinedes de pi roig d'Europa. 1: Roseisle, 2: Devilla, 3 i 4: Thetford, Gran Bretanya, 5: Jädraas, Suècia i 6: Prades, Tarragona.

Font: Localitzacions 1 a 5; Whitehead (1978) i 6; Barrantes i Gracia (1989).

10. Els boscos com a font o embornal de carboni

El carboni atmosfèric i els boscos

El balanç de carboni als boscos i matollars catalans

Entrades de carboni: la fotosíntesi

Sortides de carboni: la respiració

La renovació foliar

La respiració heterotròfica

El carboni acumulat als boscos de Catalunya

Els models en l'exploració d'escenaris futurs

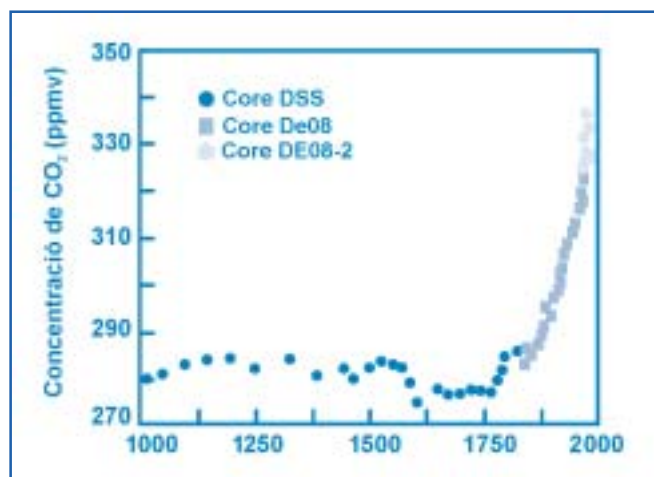
10. Els boscos com a font o embornal de carboni

Carles Gracia, CREAM i UB

El carboni atmosfèric i els boscos

La concentració de CO_2 (diòxid de carboni) atmosfèric ha incrementat progressivament des de les 280 ppmv (parts per milió en volum) de l'època preindustrial fins a les 380 ppmv actuals. Lluny de ser un procés estabilitzat, aquest augment segueix un increment exponencial (figura 10.1) i tot fa preveure que a finals d'aquest segle, la concentració de CO_2 atmosfèric se situarà entre les 500 i les 700 ppmv (segons l'informe de 2001 de l'*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC o Panell Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic). La causa principal d'aquest increment cal buscar-la en la crema dels combustibles fòssils, el consum dels quals és a la base del desenvolupament industrial. Les conseqüències no són del tot clares i previsible. L'esforç investigador de les tres darreres dècades ha permès elaborar una sèrie de previsions basades principalment en l'anàlisi de models que han conduït a la convicció que ens trobem davant d'un imminent canvi climàtic. Els models de canvi climàtic preveuen un augment de la temperatura a les zones de clima mediterrani com la nostra, la qual cosa implica-

Figura 10.1. Evolució de la concentració de CO_2 atmosfèric



Evolució de la concentració de CO_2 atmosfèric (ppmv) des de l'any 1000 fins al moment actual, estimada analitzant les bombolles d'aire atrapades al gel de l'Antàrtida. Les mostres provenen de tres cores extrets a tres masses de gel d'edats diferents.

Font: Modificat d'Etheridge et al., 1998.

ria un augment en l'evapotranspiració que, segons els mateixos models, no aniria acompanyat d'un augment en les precipitacions. Per tant, la disponibilitat hídrica dels boscos mediterranis podria disminuir en les properes dècades, encara més del que ho ha fet les darreres.

El balanç de carboni als boscos i matollars catalans

Quan parlem de balanç de carboni, la qüestió que roman darrere és fins a quin punt els boscos i matollars catalans estan actuant com a fonts o com a captadors i acumuladors de carboni (embornals). En aquest balanç intervenen molts processos complexos, sotmesos a moltes interaccions. Tancar aquest balanç al detall no és una tasca fàcil, i més quan intervenen en l'anàlisi escales de temps i espai diferents. També apareixen incerteses pel que fa a la comprensió de com afecten de forma combinada les condicions ambientals que interaccionen amb els processos implicats. S'ha avançat molt en els darrers anys, però encara queda molta recerca per fer.

El balanç de carboni depèn de forma important de dos processos essencials que formen part de l'activitat dels organismes: la fotosíntesi i la respiració. S'ha de dir, però, que, encara que pels seus resultats ho semblin, fixació i alliberació de carboni per l'ecosistema no són passos inversos del mateix procés; són processos independents pel que fa a la seva evolució, localització i bioquímica.

Entrades de carboni: la fotosíntesi

La fotosíntesi és la via per la qual els productors primaris incorporen CO_2 per construir la matèria orgànica. Es duu a terme als cloroplasts, en el cas que ens interessa en els de les plantes dels boscos i matollars. De forma simplificada, es pot dir que aquests productors primaris retiren CO_2 de l'atmosfera, el redueixen gràcies als electrons que proporciona l'aigua i l'energia de la llum, produeixen així la matèria orgànica i alliberen oxigen. El carboni reduït emmagatzema l'energia d'origen lumínic en forma d'energia química a la matèria orgànica (biomassa). Aquesta via depèn de les condicions ambientals. D'entrada, es necessita llum i aigua, però també els nutrients que formen part de la maquinària fotosintètica i d'altres components de la matèria viva (nitrogen, fòsfor, potassi, etc.). Per fer arribar aquests nutrients a les fulles, on les plantes tenen els cloroplasts, s'han de transportar des del sòl on les plantes tenen les arrels, i per això la planta necessita aigua i energia que els faci pujar. A més, aquesta activitat de la maquinària viva també depèn de la temperatura; a temperatures baixes s'atura i sotmesa a massa temperatura es desorganitza, essent l'òptima, en general, entre 15 i

25 °C, segons els organismes. En evaporar-se l'aigua que puja des de les arrels fins a les fulles (transpiració), a més de fer-los arribar nutrients, permet refrigerar-les. Els estomes de les fulles s'obren i deixen sortir l'aigua cap a l'atmosfera i entrar el CO_2 necessari per a la fotosíntesi.

Dit això, queda clar que la fotosíntesi va molt lligada a les condicions ambientals, i que si aquestes es modifiquen per un canvi climàtic les plantes en poden resultar molt afectades. Ja hem vist en capítols anteriors alguns d'aquests efectes. En les nostres condicions mediterrànies, el clima es caracteritza per la manca d'aigua a l'estiu, coincidint amb el període de més energia de radiació disponible i més altes temperatures. D'altra banda, les baixes temperatures de l'hivern, encara que no de forma excessiva, redueixen l'activitat fotosintètica. Són la primavera (sobretot) i la tardor els períodes de més activitat en coincidir la disponibilitat d'aigua i les temperatures òptimes per a l'activitat de les plantes. Si aquesta manca d'aigua s'accentua, l'activitat fotosintètica es veurà complicada. Tancar els estomes per la manca d'aigua significa barrar l'entrada del CO_2 i aturar la fotosíntesi, com també aturar la refrigeració de les fulles que reben, en el cas mediterrani, un excés de radiació a l'estiu.

Si el CO_2 es fa més abundant a l'atmosfera, com s'observa que passa com a conseqüència de l'activitat humana, pot incrementar-se la facilitat de captació d'aquest gas, necessari per fer la fotosíntesi, a través dels estomes. La demanda evaporativa de l'atmosfera, com s'ha dit en apartats anteriors, tendeix a incrementar-se eixugant els nostres ecosistemes de forma més intensa i, per tant, estimulants la transpiració. Si això s'accentua i, a més, no augmenta la disponibilitat d'aigua (més aviat es preveu una reducció de pluja a les zones mediterrànies) les plantes mediterrànies veuran accentuat el seu estrès hídric i disminuïdes les seves opcions de fer fotosíntesi. A més, l'aigua que deixaran les plantes al sòl serà menys que la que deixen ara, quedaran més seques en els períodes d'eixut i més sensibles a cremar i afavorir la propagació d'incendis. La major disponibilitat de CO_2 pot apaivagar l'efecte de la manca d'aigua, i fer-ne més eficient l'ús, però el manteniment d'aquesta eficiència a llarg termini no està clar, i pot no ser suficient per compensar-lo.

• • • • • Sortides de carboni: la respiració

La respiració és la via per la qual els organismes utilitzen l'energia química emmagatzemada a la matèria orgànica. Aquest procés és molt general, i no només el duen a terme les plantes que fan la fotosíntesi, sinó que també el fan els animals i els microorganismes (bacteris i fongs). Així, de manera simplificada, es pot dir que mentre s'oxida la matèria orgànica es consumeix oxigen, es produeix CO_2 i aigua, i s'aprofita l'energia química del carboni reduït durant la fotosíntesi. D'aquesta

manera, el CO_2 troba el seu camí de retorn a l'atmosfera. Per tant, els productors primaris fan fotosíntesi i respiren, i depenen d'ells mateixos per produir matèria orgànica i utilitzar l'energia química dipositada en ella. Per això, aquests es denominen organismes autòtrofs, i la seva respiració és la respiració autòtròfica.

La diferència entre el carboni fixat a la fotosíntesi (producció primària bruta) i la respiració autòtròfica ens dona el *primer nivell del balanç de carboni*, l'anomenada producció primària neta. Aquest balanç ens explica el creixement i el manteniment de la biomassa. Perquè un sistema, bosc o matollar, mantingui la seva estructura o la incrementi, la producció primària neta no pot ser negativa. A més, com d'aquest balanç positiu de carboni depenen la resta d'organismes de l'ecosistema, se n'ha de produir prou com per compensar també el creixement i la respiració dels altres organismes de l'ecosistema que no són autòtrofs, els anomenats heteròtrofs. Aquests organismes depenen de la matèria orgànica fixada pels productors primaris, i a la seva respiració, que funciona igual que la de les plantes, se la denomina heterotròfica. Aquí tenim un *segon nivell del balanç de carboni*, la producció secundària.

Encara hi ha un *tercer nivell del balanç de carboni*, que correspon al nivell de l'ecosistema, o el que s'anomena la producció neta de l'ecosistema. Aquest nivell incorpora l'espai i la seva heterogeneïtat a una escala més gran. És a dir, els matollars i boscos estan sotmesos a pertorbacions, com per exemple el foc, que acaben oxidant parcialment la matèria orgànica de l'ecosistema i retornant CO_2 a l'atmosfera en reduir-ne l'estructura. El balanç a escala de bioma incorpora, doncs, el retorn de CO_2 a causa de les pertorbacions, i integra, pel que fa al balanç de carboni, escales de paisatge més grans, amb ecosistemes en diferents estadis de recuperació després de les pertorbacions a què han estat sotmesos en algun moment de la seva història o desenvolupament.

Tornant a la producció primària neta, aquesta producció constitueix l'acumulació d'estructura de l'ecosistema, però també, si els compostos de carboni són mòbils, com per exemple el midó, constitueixen les reserves d'energia que la planta pot utilitzar en períodes en què la fotosíntesi no és possible, bé perquè és de nit, o bé per períodes d'estrès hídric com s'ha esmentat anteriorment. La respiració depèn del substrat (la matèria orgànica que s'oxida) i de l'oxigen, que és prou abundant a l'atmosfera. En aquest cas no es necessita ni la llum, ni el CO_2 (poc abundant comparat amb l'oxigen), ni l'aigua que no sigui la present a la matriu cel·lular. Com a resultat, la respiració, com la fotosíntesi, està condicionada per la temperatura que afecta molt l'activitat metabòlica, però no pels altres factors que modulen la fotosíntesi, i no s'atura mentre l'organisme disposi de substrat per respirar.

Per tant, la respiració augmenta amb la temperatura; però, a igual increment de temperatura, més del que ho fa la fotosíntesi. Aquesta diferència determina que, si augmenta la temperatura pel canvi climàtic, malgrat ambdós processos puguin augmentar, la respiració ho farà més ràpidament. L'augment de la temperatura és una de les variables més acceptades en el marc del canvi climàtic; per tant, aquesta producció primària neta es pot veure reduïda en no incrementar-se de forma equivalent la fotosíntesi. És més, si ens trobem en condicions de manca d'aigua, en què la fotosíntesi està aturada tot i que la respiració continua activa, la producció primària neta pot quedar sensiblement reduïda. Ara bé, si la temperatura augmenta massa també s'arriba a una situació en què la maquinària metabòlica es desorganitza, com ja s'ha esmentat en el cas de la fotosíntesi. Si la respiració autotròfica va consumint les reserves de carboni, el bosc o matollar pot anar perdent estructura, per exemple fulles, i fins i tot arribar a episodis de mortalitat si el consum de les reserves d'alguns individus és total. Per això, les reserves de carboni són tant importants per explicar la superació de períodes d'estrès ambiental, com per exemple el produït l'any 1994, ja mencionat anteriorment, quan, gràcies a les reserves de midó de les alzines de les muntanyes de Prades, aquestes van reconstruir les seves capçades després de perdre pràcticament totes les fulles (Gracia et al., 1996, 1999a).



La renovació foliar

Altres aspectes relacionats amb la dinàmica del carboni a les plantes, lligats a la producció primària neta, tenen a veure amb la manera com aquestes plantes mantenen les seves estructures. Per exemple, la renovació foliar, que es pot representar per la vida mitjana de les fulles, està molt lligada a la temperatura. En el cas d'arbres de fulla perenne, com és el cas de l'alzina, s'ha observat com un increment de temperatura pot accelerar la seva dinàmica foliar i disminuir la durada de les fulles a les capçades, i això encara s'accentua més en condicions de sequera. La vida mitjana de les fulles d'aquesta espècie és de 2,8 anys al Montseny, on la temperatura mitjana és de 10 °C i plouen 700 mm anuals, i d'1,7 anys a Sevilla, on la temperatura mitjana és de 18,8 °C i plouen 535 mm anuals (Gracia et al., 2001). Això que s'observa a les fulles també pot ser vàlid per a les arrels fines, que com a mitjana duren poc més de 100 dies a l'alzinar de Prades, i que, davant de condicions de sequera, desapareixen (López et al., 1998, 2001a i 2001b). Per tant, ambdues estructures necessiten utilitzar més carboni mòbil de reserva per fer front a la seva renovació.

Si el canvi climàtic apunta cap a un increment de les temperatures, es dedueix que la renovació foliar i de les arrels fines es veurà afectada amb una acceleració. D'altra banda, en el cas dels arbres de fulla caduca a l'hivern (com és el cas del faig i

roures), la durada de les fulles s'està allargant. Això vol dir que les treuen abans i se'n desprenen més tard, fent que el període d'activitat vegetativa, i per tant de producció, sigui més llarg. Ara bé, si aquestes espècies s'han d'enfrontar amb períodes d'eixut més accentuat pel canvi climàtic que aquells als quals estan adaptades, ho poden passar malament. No hem d'oblidar que les fulles d'un caducifoli són més tendres i més sensibles a les pèrdues d'aigua que les d'un perennifoli de fulla dura com l'alzina, i que, per tant, podran aguantar pitjor les pèrdues d'aigua davant d'un increment d'estrès hídric.



La respiració heterotròfica

La respiració heterotròfica, com l'autotròfica, també depèn de la temperatura; però es basa en la utilització per part dels organismes heteròtrofs de la matèria orgànica construïda prèviament pels productors primaris. Aquesta matèria orgànica pot ser processada quan encara forma part d'altres organismes vius (*biomassa*) com per exemple ho fan els insectes defoliadors que s'alimenten directament de la biomassa foliar de les plantes, o també els vertebrats herbívors. Però també pot ser processada quan aquesta matèria orgànica ja no és viva (*necromassa*). En aquest cas els organismes es denominen descomponedors. Aquesta necromassa s'acumula per la força de la gravetat al sòl i, per tant, l'activitat de descomposició és molt important en aquest compartiment dels boscos i matollars. L'activitat de descomposició la duen a terme molts animals del sòl, fongs i bacteris. Per tant, la respiració del sòl té dos components importants: la respiració autotròfica que realitzen les plantes a les arrels i la respiració heterotròfica que, sobretot, resulta de l'activitat de descomposició de la matèria orgànica del sòl. La respiració heterotròfica del sòl depèn de la temperatura com s'ha esmentat anteriorment, però també és molt important el contingut d'aigua al sòl (figura 10.2).

Per accedir al substrat (les estructures de la necromassa) els principals organismes descomponedors (bacteris i fongs) necessiten un medi mínimament humit. Per tant, en períodes en què el sòl estigui molt sec, com l'estiu, malgrat les temperatures siguin prou altes, aquesta activitat de respiració es veurà reduïda. Així doncs, si les condicions de canvi climàtic porten a sòls més secs, l'activitat de descomposició es veurà frenada i alhora també ho serà la reposició dels nutrients lliures i en sol·lució a l'aigua del sòl que poden tornar a ser utilitzats per les plantes (figura 10.2).

Fins ara hem descrit alguns processos i components importants del balanç de carboni i com poden ser afectats per les condicions ambientals. Però per poder quantificar-los i avaluar-ne la importància és necessari mesurar-los i entendre com funcionen en relació amb variables ambientals com la radiació, la

El gràfic mostra la respiració del sòl (en $\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) en funció de la temperatura del sòl (en $^{\circ}\text{C}$). Hi ha dues sèries de dades: sòls secs (quadrats) i sòls humits (cercles). Ambdues sèries mostren una tendència exponencial creixent, amb la sèrie dels sòls humits presentant valors més alts a temperatures iguals.

Temperatura del sòl ($^{\circ}\text{C}$)	Respiració del sòl ($\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) - Sòl humit	Respiració del sòl ($\mu\text{mol de CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) - Sòl sec
-3	1.0	-
3	2.8	-
4	2.7	-
5	3.2	-
6	2.8	-
7	3.1	-
8	3.2	-
9	3.8	-
10	4.3	-
11	4.6	-
13	-	3.3
14	-	3.0
15	-	4.1

temperatura i la disponibilitat hídrica als ecosistemes. Això s'ha fet i es continua fent en diferents experiments mitjançant tècniques diverses. Aquestes tècniques consisteixen en la mesura de l'intercanvi d'aigua i CO_2 a diferents compartiments de l'ecosistema. Aquest és el cas de mesures experimentals que es duen a terme a l'alzinar del Montseny amb cambres dissenyades per mesurar el flux del sòl, de troncs i les capçades. Aquest tipus de mesures també s'estan comparant amb altres tècniques com la covariància turbulenta (*eddy covariance*), que estima de forma integrada la producció neta de l'ecosistema. Això s'està realitzant a l'alzinar de Puéchabon (a prop de Montpeller, França), on disposen dels equipaments i les condicions idònies per aplicar aquesta metodologia. En general, es pot dir que el balanç de carboni a escala d'ecosistema (producció neta de l'ecosistema) és un valor relativament petit que depèn de la diferència entre dos números molt més grans, la producció primària bruta i la respiració total de l'ecosistema.

Per entendre els fluxos de carboni, és important quantificar el carboni que tenim als boscos (figura 10.3). Per a la part aèria, es disposen de bones bases de dades proporcionades pels

The diagram illustrates the carbon fluxes in a tree. A tree is shown with arrows indicating the following fluxes:

- Inputs (to the tree):**
 - $P_{\text{net}}^{\text{atm}}$ (Atmospheric Net Primary Production) entering from the atmosphere.
 - R_{soil} (Soil Respiration) entering from the soil.
 - R_{root} (Root Respiration) entering from the roots.
- Outputs (from the tree):**
 - R_{leaf} (Leaf Respiration) exiting to the atmosphere.
 - R_{stem} (Stem Respiration) exiting to the atmosphere.
 - R_{branch} (Branch Respiration) exiting to the atmosphere.
 - R_{fruit} (Fruit Respiration) exiting to the atmosphere.

The net carbon flux is calculated as:

$$P_{\text{net}} = P_{\text{net}}^{\text{atm}} - (R_{\text{leaf}} + R_{\text{stem}} + R_{\text{branch}} + R_{\text{fruit}})$$

The graph shows the cumulative carbon production (in $\mu\text{C/m}^2/\text{day}$) over 365 days. The y-axis ranges from 0 to 2,000. The x-axis shows days from 1 to 365. Three data series are plotted:

- Producción BRUTA (GPP):** Total gross primary production, shown as a solid line reaching approximately 2,000 $\mu\text{C/m}^2/\text{day}$ by day 365.
- Respiración total:** Total respiration, shown as a shaded area below the GPP line, reaching approximately 1,000 $\mu\text{C/m}^2/\text{day}$ by day 365.
- Producción NETA:** Net primary production, shown as the difference between GPP and total respiration, reaching approximately 1,000 $\mu\text{C/m}^2/\text{day}$ by day 365.

inventaris forestals, com és el cas de l'IEFC (Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya), i els *inventarios nacionales* IFN2 i IFN3 (vegeu capítol 3). La part menys coneguda es correspon a la biomassa subterrània, que en el cas dels boscos mediterranis és molt important i pot ser, en el cas de l'alzinar, més del 50 % de la biomassa total (5.932 g C/m² en front dels 5.393 g C/m² de la biomassa aèria, figura 10.4). La biomassa subterrània dels boscos de coníferes representa una proporció més petita, al voltant del 20-25 % de la biomassa aèria. A aquest carboni li hem d'afegir la necromassa acumulada al sòl, que molt freqüentment és superior al carboni total de la biomassa, encara que la informació no és tant abundant com la disponible per a la biomassa aèria. En el cas de l'alzinar de la figura 10.4 és de 10.237 g C/m², pràcticament igual a la biomassa total del bosc (11.325 g C/m²). En l'actualitat, el projecte europeu CarboInvent té per objectiu la creació de bases de dades conjuntes, combinant les dades dels inventaris forestals clàssics amb les de les bases de dades dels inventaris de sòls. Aquestes bases de dades serveixen per quantificar el carboni en el moment actual i permeten fer projeccions de futur com veurem en l'apartat següent.

El carboni total emmagatzemat a la biomassa dels boscos de Catalunya es resumeix als quadres 10.1 i 10.2. Es pot obtenir fàcilment a partir de les dades de biomassa total (aèria,

mesurada amb detall i subterrània, mesurada en alguns casos i estimada a la resta de boscos a partir de les dades existents) i de la proporció de carboni contingut a la biomassa. Aquesta proporció és poc variable i, freqüentment es fa servir una proporció constant del 50 %, tot i que com veiem al quadre 10.1 la proporció de carboni contingut a la biomassa de les coníferes (51 %) és lleugerament superior a la proporció de carboni dels planifolis (48 %).

A la biomassa dels boscos de Catalunya s'acumula una quantitat total de carboni de 49,8 milions de tones. Aquesta xifra no té en compte el carboni de la necromassa acumulada al sòl i que, com ja hem discutit, podria representar de l'ordre de 50 milions de tones més. Per espècies, el boscos d'alzina (11 milions de tones), els de pi roig (9,7 milions de tones) i els de pi

blanc (6,1 milions de tones) representen més de la meitat del carboni total acumulat als boscos. Com hem vist al capítol 4, aquestes són les tres espècies més representades en el conjunt de Catalunya. Els alzinars incorporen anualment 189.000 tones de carboni a la biomassa aèria. No sabem quina quantitat de carboni incorporen anualment a la biomassa subterrània, tot i que podem assegurar que deu ser inferior a aquesta xifra. En efecte, la biomassa subterrània representa la meitat de la biomassa total; ara bé, la proporció de carboni fixat en la producció neta que s'assigna a les parts aèries deu ser bastant superior al 50 % del total, atès que la biomassa aèria ha experimentat històricament perturbacions intenses i freqüents (tallades, carboneig, incendis) mentre que l'estructura subterrània s'ha vist poc alterada i, per tant, bona part del carboni s'assigna a recuperar les estructures aèries.

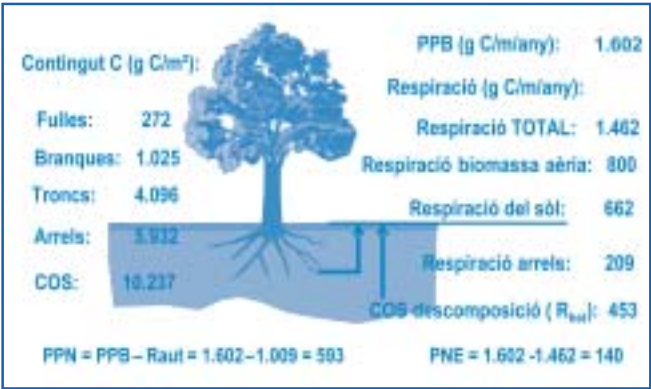
Quadre 10.1. Proporció de carboni, carboni acumulat i incorporat anualment per espècies

	Proporció de C a la biomassa	Contingut de C a la biomassa	Incorporat anualment
Planifolis	(%)	(milers de t)	(milers de t/any)
<i>Castanea sativa</i>	0,48	627,25	31,67
<i>Fagus sylvatica</i>	0,49	2.581,73	65,13
<i>Quercus ilex</i>	0,48	10.939,85	188,90
<i>Quercus suber</i>	0,49	2.088,89	7,06
Roures	0,48	3.929,69	99,79
Altres planifolis	—	2.130,35	69,44
Coníferes	(%)	(milers de t)	(milers de t/any)
<i>Abies alba</i>	0,51	1.651,06	32,56
<i>Pinus halepensis</i>	0,51	6.140,13	233,63
<i>Pinus nigra</i>	,52	4.733,53	154,40
<i>Pinus pinaster</i>	0,52	456,03	25,40
<i>Pinus pinea</i>	0,51	1.559,15	52,43
<i>Pinus radiata</i>	0,51	114,65	5,96
<i>Pinus sylvestris</i>	0,51	9.720,72	272,66
<i>Pinus uncinata</i>	0,51	3.083,05	60,39
Altres coníferes	—	33,70	1,45
Catalunya	—	49.789,78	1.300,86

El quadre mostra la proporció (en percentatge) de carboni en la biomassa total (aèria + subterrània), el contingut de carboni (en milers de t) acumulat a la biomassa total (aèria + subterrània) i el carboni incorporat (en milers de t/any) a la biomassa aèria (calculat com a producció neta aèria sense considerar la respiració heterotròfica) per a les principals espècies de Catalunya (distingint entre planifolis i coníferes) i per al total d'espècies de Catalunya.

Font: Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya.

Figura 10.4. Contingut i fluxos de carboni en un bosc d'alzina



Contingut (valors en g de C/m² a l'esquerra) i fluxos (valors en g de C/m²/any a la dreta) de carboni en un bosc d'alzina (*Quercus ilex*) localitzat a les muntanyes de Prades (Tarragona). Observeu que el carboni contingut a la biomassa de les arrels (5.932 g de C/m²) és molt semblant al de la biomassa aèria (és a dir, la suma de fulles, branques i troncs; 5.393 g de C/m²), la quantitat de carboni acumulat a la matèria orgànica del sòl (COS, 10.237 g de C/m²) és molt semblant al carboni acumulat a la biomassa total (11.325 g de C/m², resultat de la suma de les dues fraccions anteriors). La producció primària neta (PPN, 593 g de C/m²/any) és aproximadament un terç de la producció bruta (PPB, 1.602 g de C/m²/any). La respiració del sòl (662 g de C/m²/any) és comparable, encara que lleugerament inferior, a la respiració de la biomassa aèria (800 g de C/m²/any). Finalment, la producció neta de l'ecosistema, resultat de restar la respiració total de la producció bruta, és de només 140 g de C/m²/any.

Quadre 10.2. Carboni acumulat i incorporat anualment per comarques

Comarca	Acumulat a la biomassa (milers de t)	Incorporat anualment (milers de t/any)
Alt Camp	381,37	13,05
Alt Empordà	2.114,52	49,02
Alt Penedès	544,82	20,61
Alt Urgell	3.475,38	81,08
Alta Ribagorça	761,73	16,87
Anoia	720,64	20,90
Bages	1.829,24	70,90
Baix Camp	490,23	14,38
Baix Ebre	577,98	14,08
Baix Empordà	968,00	19,12
Baix Llobregat	699,90	27,27

Baix Penedès	144,68	5,22
Barcelonès	92,37	2,26
Berguedà	3.260,30	107,21
Cerdanya	1.372,35	28,81
Conca de Barberà	662,26	12,64
Garraf	99,77	2,58
Garrigues	212,59	4,23
Garrotxa	3.626,29	86,61
Gironès	1.172,21	33,12
Maresme	1.493,12	33,95
Montsià	256,50	3,94
Noguera	827,70	20,37
Osona	3.359,28	82,00
Pallars Jussà	1.502,43	37,13
Pallars Sobirà	3.118,18	65,71
Pla d'Urgell	—	—
Pla de l'Estany	571,29	21,40
Priorat	385,95	8,10
Ribera d'Ebre	274,19	6,71
Ripollès	2.563,70	72,97
Segarra	281,85	7,56
Segrià	94,90	3,06
Selva	2.987,51	86,49
Solsonès	1.823,99	50,45
Tarragonès	91,89	3,26
Terra Alta	497,52	10,77
Urgell	105,72	2,38
Vall d'Aran	2.212,01	39,46
Vallès Occidental	1.223,95	39,36
Vallès Oriental	2.911,46	75,83
Catalunya	49.789,78	1.300,86

El quadre mostra el carboni acumulat (en milers de t) en la biomassa total (aèria + subterrània) i el carboni incorporat anualment (en milers de t/any) a la biomassa aèria (calculat com a producció neta aèria sense considerar la respiració heterotròfica) per al conjunt d'espècies presents a cada comarca i per al total de Catalunya.

Font: Sistema d'Informació dels Boscors de Catalunya.

La quantitat de carboni fixat anualment al conjunt de boscors de pi roig de Catalunya és de 273.000 tones i de 234.000 tones, la quantitat que fixen els boscors de pi blanc. En conjunt, les tres espècies més abundants de Catalunya fixen el 53 % del carbo-

ni total que s'incorpora anualment a la biomassa del conjunt de boscos de Catalunya, que és d'1,3 milions de tones. Naturalment, aquesta no és la quantitat neta fixada, tot i que, molt sovint es fa servir erròniament com a tal. Ja hem vist a la figura 10.4 que, en el cas d'un alzinar estudiat amb molt de detall, el de Prades, la respiració de la matèria orgànica del sòl o respiració heterotròfica (453 g de C/m²/any) representa el 76 % de la producció neta, (593 g de C/m²/any). Aplicar aquesta proporció al conjunt de boscos de Catalunya pot donar resultats molt imprecisos. Malgrat això, ara és l'única via d'estimar-hi el carboni net fixat. L'estimació dona 312.000 tones de carboni, valor que queda molt lluny dels 1,3 milions de tones de producció anual. En altres paraules: la descomposició de la matèria orgànica dels sòls forestals de Catalunya estaria retornant a l'atmosfera 988.000 tones de carboni anualment, tot i que, com ja s'ha dit, aquest valor està sotmès a un elevat grau d'incertesa.

La distribució espacial dels prop de 49,8 milions de tones de carboni acumulat als boscos catalans és molt desigual, cinc comarques (la Garrotxa, l'Alt Urgell, Osona, el Berguedà i el Pallars Sobirà, per aquest ordre) acumulen més de 3 milions de tones cadascuna i, en conjunt, representen el 33,5 % del total de Catalunya. Segueixen la Selva, el Vallès Oriental, el Ripollès, la Vall d'Aran i l'Alt Empordà, amb quantitats de carboni compreses entre 2 i 3 milions de tones. El conjunt d'aquestes deu comarques acumula 29,6 milions de tones, el 60 % del total de Catalunya. La quantitat incorporada anualment a la biomassa aèria en aquestes deu comarques és de 744.000 tones (un 57 % del total) i el carboni net fixat, aproximadament de 179.000 tones anuals.

Tot i que el preu d'una tona de carboni en el comerç d'emissions del Protocol de Kyoto és un tema sotmès a discussió, el més probable s'estima entre 50 i 100 €/t de CO₂. Podríem estimar el valor de les 312.000 tones de carboni fixades als boscos de Catalunya entre 57 i 114 milions d'euros anuals, equivalent a una mica menys de l'1 per mil del PIB de Catalunya.

• • • • • Els models en l'exploració d'escenaris futurs • • • • •

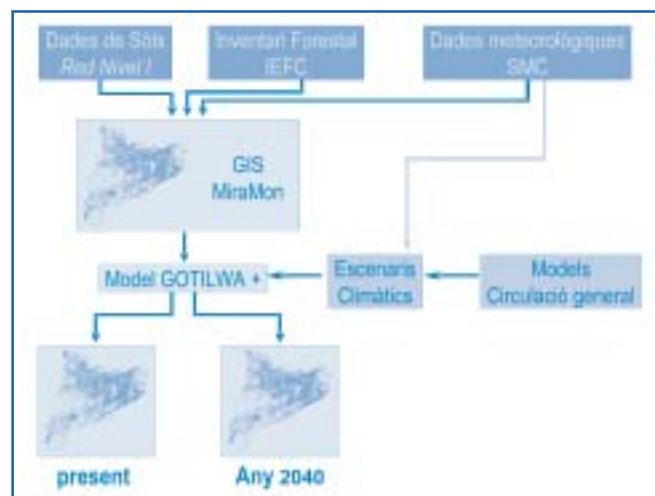
La comprensió dels processos que intervenen en el balanç de carboni d'un bosc permet la seva modelització en funció de les condicions ambientals. Això és el que s'està fent en el marc de diferents projectes europeus (LTEEF, LTEEF-II, SilviStrat, ATEAM) amb el model GOTILWA+, que s'està aplicant en diferents tipus d'ecosistemes (Gracia et al., 1999b i Sabaté et al., 2002). Aquest model, desenvolupat originàriament per a les condicions mediterrànies, s'està aplicant arreu d'Europa i descriu el balanç de carboni i aigua entre d'altres, seguint els processos anteriorment mencionats i partint de la situació present, tal com

reflecteixen els inventaris forestals i de sòls. Per acceptar els resultats d'un model com GOTILWA+ cal verificar i comprovar que el model reproduïx els valors de determinades variables de forma equivalent als valors independentment obtinguts al camp (Kramer et al., 2002).

Aquest procés és molt laboriós i representa un *feedback* constant de millora, a mesura que s'incorporen millors descripcions dels processos o es disposen de noves dades que en permeten la verificació. D'altra banda, no hem d'oblidar, que si bé els resultats de les projeccions d'un model cap al futur depenen del propi model (dels processos que descriu i de com ho faci), també depenen dels escenaris de canvi climàtic amb els quals el model es confronti. És a dir que, quan parlem de canvi climàtic, això pot significar moltes coses, i podem tenir un ventall d'escenaris generats amb diferents criteris i assumpcions de partida. En general, podem dir que la majoria dels escenaris de canvi climàtic preveuen un increment de temperatura, a més del de CO₂ i, a la zona mediterrània, una disminució de la precipitació al voltant d'un 5-10 %. Per analitzar els impactes de cada escenari climàtic sobre els ecosistemes, s'han de descriure acuradament quines són les condicions ambientals de la projecció climàtica futura. Això permet interpretar diferents respostes de l'ecosistema segons la combinació de condicions ambientals explorades i a les quals poden quedar exposats els nostres ecosistemes en un futur.

L'esquema de la figura 10.5 resumeix el procediment seguit per simular la situació a Catalunya. La informació estructural del bosc s'ha obtingut de les parcel·les de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (Gracia et al., 2000-2004). De les 10.644 parcel·les mostrejades entre 1988 i 1998 s'han considerat 147 parcel·les representatives de les espècies més àmpliament distribuïdes. En cada comarca, s'han seleccionat les parcel·les de cada espècie que més s'aproximen a la densitat mitjana d'arbres i a l'àrea basal de l'espècie a la comarca. Les característiques del sòl, especialment en allò que fa referència a la textura, contingut de matèria orgànica i altres propietats relacionades amb la reserva hídrica, s'han obtingut de les parcel·les a Catalunya de la *Xarxa Europea per al seguiment de danys en boscos* (Montoya i López, 1997). Per dur a terme aquestes simulacions, es requereixen els valors de variables climàtiques (radiació solar incident, precipitació, temperatures màxima i mínima, dèficit de vapor d'aigua a l'aire, velocitat del vent i concentració de CO₂ atmosfèric). Aquesta informació s'ha elaborat a partir de les dades del Servei Meteorològic de Catalunya. A més de la situació actual, es va generar un escenari de canvi climàtic assumint un increment gradual de la temperatura de 0,04 °C/any, un increment anual d'un 1 % de CO₂ i una disminució de la pluja anual d'un 0,03 % per any; que equival a un escenari de tipus mitjà dels previstos per l'IPCC.

Figura 10.5. Mètode d'anàlisi emprat per simular els canvis futurs en el balanç de carboni



La figura mostra una representació esquemàtica del mètode d'anàlisi utilitzat per simular els canvis futurs del balanç de carboni als boscos de Catalunya. Amb el sistema d'informació geogràfica MiraMon es combina la informació provinent de tres fonts. Les dades edàfiques de les parcel·les de la *Xarxa Europea per al seguiment de danys en boscos*, les dades de l'estructura del bosc de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya i les dades climàtiques de les estacions del Servei Meteorològic de Catalunya. Les simulacions del creixement del bosc amb el model GOTILWA+ sota les condicions de clima actual permeten obtenir resultats sobre el creixement actual que són fàcilment contrastables amb les dades mesurades al camp i constitueixen un element de validació dels resultats del model. Un cop incorporades les previsions de canvi climàtic a Catalunya, segons els models de circulació atmosfèrica general, se simulen les noves condicions i s'obtenen les previsions de les variables desitjades per a l'any 2040.

Fent servir el sistema d'informació geogràfica MiraMon (Pons, 2004) s'han interpolat els resultats per a la representació cartogràfica de les làmines 18 a 21.

En el cas de l'alzinar de Prades, la producció neta (vegeu figura 10.4) és de mitjana de 600 g C/m²/any, la qual resulta d'una producció primària bruta (fixació de carboni) de 1.602 g C/m²/any i una respiració total (incloent-hi l'heterotròfica) de 1.462 g C/m²/any (figura 10.4 i làmina 21). Durant els propers quaranta anys, la producció neta de l'ecosistema varia poc (63 g C/m²/any) malgrat que els seus components incrementen considerablement. La producció bruta l'any 2040 s'incrementa en un 56 % respecte a l'actual (fins a 2.370 g C/m²/any) i la respiració total ho fa en un 58 % (fins a 2.307 g C/m²/any, làmina 21). A aquest increment de la respiració hi contribueix l'increment de la producció de fullaraca, que passa de 205 g C/m²/any a 377 g C/m²/any l'any 2040 (làmina 20). Això representa un increment proper al 84 %, que en part és degut a la reducció de la vida mitjana de les fulles dels perennifolis, la qual passa del valor mitjà actual de 2,6 anys a 1,9 anys el 2040, tal com es veu a la làmina 19. Aquests canvis fenològics comporten importants canvis fisiològics i en particular un increment de la transpiració anual. Com a conseqüència, la reserva hídrica als sòls forestals, que és avui de 32 mm (l/m²) quan es considera la mitjana anual a cada punt, passa a ser de només 24 mm (làmina 18). Això representa una disminució del 25 % de la reserva hídrica, fet particularment crític en un ambient amb dèficit hídric estival com és la regió mediterrània. Segons aquests resultats, és fàcil comprendre que el paper de molts dels nostres boscos com a embornals de carboni pot veure's seriosament compromès durant les properes dècades.

Bibliografia

Bibliografia

Capítol 1

- BOADA, M. (2002) *El Montseny, cinquanta anys d'evolució dels paisatges*. Barcelona: Abadia de Montserrat. Cavall Bernat, 42. ISBN: 84-8415-393-2.
- CHICHILINSKY, G. i HEAL, G. (1998) Economic return from the biosphere. *Nature*, 391: 629-630.
- GLACKEN, C. J. (1996) *Huellas en la playa de Rodas*. Barcelona: Ediciones del Serbal. ISBN: 84-7628-156-0.
- LAVOREL, S., CANADELL, J., RAMBAL, S. i TERRADAS, J. (1998) Mediterranean terrestrial ecosystems: research priorities on global change effects. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 7: 157-166.
- MALLARACH, J. M. (1999) Els espais naturals protegits de Catalunya i els nous paradigmes de la conservació. A: *Parcs naturals: més enllà dels límits*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, p. 74-89.
- PIÑOL, J., TERRADAS, J. i LLORET, F. (1998) Climate warming, wildfire hazard and wildfire occurrence in coastal Eastern Spain. *Climatic Change*, 38: 345-357.
- RODÀ, F. (2003) La matriz del paisaje. Funciones ecológicas y territoriales. A: R. Folch (coord.) *El territorio como sistema, conceptos y herramientas de ordenación*. Barcelona: Diputació de Barcelona [CUIMPB, Centre Ernest Lluch], p. 43-55.
- REGLÀ, J. (1974) *Historia de Cataluña*. Madrid: Alianza Editorial. El Libro de bolsillo. Humanidades, 502. ISBN: 84-206-1502-1.
- SALA, P. (1998) *Sobre la compatibilitat entre bosc productiu i bosc protector: La Catalunya forestal humida entre la societat agrària i la societat industrial, 1850-1930*. Tesi doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- THIRGOOD, J. V. (1981) *Man and the Mediterranean Forest: a history of resource depletion*. Londres: Academic Press Ltd. ISBN: 0-12-687250-3.
- URTEAGA, L. (1987) *La tierra esquilhada*. Barcelona: Serbal/ Madrid: CSIC. ISBN: 84-7628-015-7 (Serbal) ISBN: 84-00-06433-X (CSIC).
- VILA D'ABADAL, J.M. (2002) Administració pública i agents privats en la gestió del territori. *Aula d'Ecologia, Cicle de conferències 2001*. Bellaterra: Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, p. 69-73.

Capítols 2, 3 i 4

- BURRIEL, J. A. i IBÁÑEZ, J. J. (2004) Actualización del mapa de cubiertas del suelo de Cataluña: aportaciones a la

cartografía detallada del territorio catalán. A: Conesa, C. [et al.] *El Empleo de los SIG y la Teledetección en Planificación Territorial*. p 333-342.

- GRACIA, C. A., BURRIEL, J. A., IBÁÑEZ, J. J., MATA, T. i VAYREDA, J. (2000-2004) *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya*. 10 volums. Bellaterra: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). ISBN: 84-931323-0-6 (obra completa).
- HERNANDO, C. i ELVIRA, L. (1989) *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque*. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA). ISBN: 84-7498-341-X.
- IBÁÑEZ, J. J., VAYREDA, J. i GRACIA, C. (1993) Variabilidad en el crecimiento de *Pinus nigra* y *Pinus sylvestris* y sus consecuencias sobre los modelos de gestión. A: F. J. Silva-Pando i G. Vega (eds.) *Congreso Forestal Español. Ponencias y comunicaciones*. Vol. II. Lourizán: Xunta de Galicia, p. 541-546.
- IBÁÑEZ, J. J., BURRIEL, J. A. i PONS, X. (2002a) El mapa de cobertes del sòl de Catalunya: una eina per al coneixement, la planificació i la gestió del territori. *Perspectives Territorials*. Barcelona: Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Generalitat de Catalunya, 3:10-25.
- IBÁÑEZ, J. J.; VAYREDA, J. i GRACIA, C. A. (2002b) Metodología complementaria al Inventario Forestal Nacional en Catalunya. A: F. Bravo [et al.] (eds.) *El Inventario Forestal Nacional. Elemento clave para la Gestión Forestal Sostenible*. Madrid: Fundación General de la Universidad de Valladolid. p. 67-77.
- ICONA (1993) *Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995*. Madrid: Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- IDESCAT (2000) *Anuari Estadístic de Catalunya 2000*. Barcelona: Institut d'Estadística de Catalunya, Generalitat de Catalunya, p. 27 i 111.
- MAPA (1988) *Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de España (1:1.000.000)* [Document cartogràfic]. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- PEIX, J. (1999) *Foc Verd II. Programa de gestió del risc d'incendi forestal*. Barcelona: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya, p. 26. ISBN: 84-393-4789-8.
- PONS, X. (2004) *MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de teledetecció*. Bellaterra: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). ISBN: 84-931323-5-7.
- ROTHERMEL R. C. (1983) *How to predict the spread and intensity of forest and range fires*. Ogden, UT. (USA): U.S. Forest Service. *Gen. Tech. Rep.* INT-131.
- SERRANO, M. M., CALVET, S. i GRACIA, C. (1994) Estatus nutricional en masas forestales de *P. sylvestris* (L.) en la comarca del Solsonés (N. de Catalunya). Variación con la latitud. *Studia Oecologica*, 10-11: 385-394.
- TERRADAS, J., SALVADOR, R., VAYREDA, J. i LLORET, F. (2004) Maximal species richness: an empirical approach for evaluating

woody plant forest biodiversity. *Forest and Ecology and Management*, 189: 241-249.

VALETTE, J. C., CLEMENTS, A., i DELABRAZE, P. (1979) *Inflammabilité d'espèces méditerranéennes*. Avignon. INRA.

VAYREDA, J. (2000) MiraBosc: un programa gestor de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya. *Silvicultura*, 29: 7-9.

VAYREDA, J., IBÁÑEZ, J. J., GRACIA, C. A. i TERRADAS, J. (2001) Patrón geográfico de la riqueza de especies leñosas según el sistema de información de los bosques de Catalunya. A: *Actas del Congreso de Ordenación y Gestión Sostenible de Montes*, vol. II: 691-699.

Web de cartografia del DMAH: <http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/inici.jsp>

MCA, Full 522: <<http://www6.gencat.net/mediamb-sig-bases-mca-mca522.mmz>>

Cartografia d'hàbitats: <http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/habitats.jsp>

MCSC: <http://mediambient.gencat.net/cat/el_departament/cartografia/fitxes/cobsol.jsp>

Web de l'IEFC: <<http://www.creaf.uab.es/iefc/>>

Web de MiraBosc: <<http://natura.creaf.uab.es/mirabosc/>>

Web del MCSC: <<http://www.creaf.uab.es/mcsc/>>

Descripció de les cobertes: <<http://www.creaf.uab.es/mcsc/descriptiu.htm#caracteristiques>>

Descàrrega de l'MCSC, polígons: <http://www.creaf.uab.es/mcsc/poligons.htm>

Descàrrega de l'MCSC, ràsters: <http://www.creaf.uab.es/mcsc/rastershtm>

Web del SIBosC: <<http://www.creaf.uab.es/sibosc/>>

• • • • • Capítol 5

Associació Catalana Promotora de la Certificació Forestal (2003) 107 finques forestals catalanes reben per primera vegada la Certificació de Gestió Forestal Sostenible. *Silvicultura*, 43: 2-3.

Centre de la Propietat Forestal (2000) *Memòria d'activitats 2000*. Barcelona: Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya, p. 8.

Centre de la Propietat Forestal (2002) *Memòria d'activitats 2002*. Barcelona: Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya.

PEIX, J. (1999) *Foc Verd II. Programa de gestió del risc d'incendi forestal*. Barcelona: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya. ISBN: 84-393-4789-8.

RADDI, A. (1998) *El mercat dels productes forestals a Catalunya*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Quaderns d'Informació Tècnica, 1: 10.

Web PEFC-Espanyaweb de PEFC-EspanyaWeb de PEFC-Espanya: <<http://www.pefc.es>>

Documentació: <<http://www.pefc.es/es/1/18.html>>

Superfície certificada: <http://www.pefc.es/reg_superficie.html>

• • • • • Capítols 6 i 7

ANDREU, J., LLIMONA, F. i ESPELTA, J.M. (2000) Predació de l'esquirol (*Sciurus vulgaris*) sobre el pi blanc (*Pinus halepensis*) a la serra de Collserola. A: F. Llimona [et al.] (eds.) *I Jornades sobre la recerca en els sistemes naturals de Collserola: aplicacions a la gestió del Parc*. Barcelona: Parc de Collserola, p. 219-223.

BRONCANO, M.J. (2000) *Patrones observados y factores que determinan la variabilidad espacio-temporal de la regeneración del pino carrasco (Pinus halepensis Mill.) después de un incendio*. Tesis doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

CASTELL, C. i CASTELLÓ, J. I. (1996) Metodología y resultados de la siembra aérea efectuada en el Parque Natural del Garraf. *Montes*, 46: 51-57.

CORTÉS, P. (2003) *Distribución y dinámica de un Quercus caducifolio (Q. cerrroides) y uno perennifolio (Q. ilex) en Catalunya. Análisis de la ecología de la reproducción, la respuesta de las plántulas a factores ambientales y la respuesta a las perturbaciones*. Tesis doctoral. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

DÍAZ-DELGADO, R., LLORET, F., PONS, X. i TERRADAS, J. (2002) Satellite evidence of decreasing resilience in Mediterranean plant communities after recurrent wildfires. *Ecology*, 83: 2293-2303.

ESPELTA, J. M., RIBA, M. i RETANA, J. (1995) Patterns of seedling recruitment in West Mediterranean coppiced holm-oak (*Quercus ilex* L.) forests as influenced by canopy development. *Journal of Vegetation Science*, 6: 645-672.

ESPELTA, J. M., SABATÉ, S. i RETANA, J. (1999) Resprouting dynamics. A: F. Rodà, J. Retana, C. A. Gracia i J. Bellot (eds.) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Berlin [etc.]: Springer-Verlag. Ecological Studies, 137: 61-73. ISBN 3-540-65019-9.

ESPELTA, J. M., RODRIGO, A., HABROUK, A., MEGHELLI, N., ORDÓÑEZ, J. L. i RETANA, J. (2002) Land use changes, natural regeneration patterns, and restoration practices after a large wildfire in NE Spain: Challenges for fire ecology and landscape restoration. A: L. Trabaud i R. Prodon (eds.) *Fire and Biological Processes*. Leiden: Backhuys Publishers, p. 315-324. ISBN 90-5782-116-8.

ESPELTA, J. M., RETANA, J. i HABROUK, A. (2003) An economic and ecological multi-criteria evaluation of reforestation methods

- to recover burned *Pinus nigra* forests in NE Spain. *Forest Ecology and Management*, 180: 185-198.
- GRÀCIA, M. i RETANA, J. (2004) Effect of site quality and shading on sprouting patterns of holm oak coppices. *Forest Ecology and Management*, 188: 39-49.
- HABROUK, A., RETANA, J. i ESPELTA, J. M. (1999) Role of heat tolerance and cone protection of seeds in the response of three pine species to wildfires. *Plant Ecology*, 145: 91-99.
- LLORET, F. (1996) La resposta de la vegetació al foc: la dinàmica de la comunitat vegetal. A: J. Terradas (ed.) *Ecologia del foc*. Barcelona: Proa, p. 157-161. ISBN: 84-8256-132-4.
- LLORET, F., RETANA, J. i ESPELTA, J. M. (1996) Efectes dels focs i mecanismes de regeneració de les plantes. A: J. Terradas (ed.) *Ecologia del foc*. Barcelona: Proa, p. 141-156. ISBN: 84-8256-132-4.
- LÓPEZ SORIA L. i CASTELL, C. (1992) Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. *Oecologia*, 91: 493-499.
- ORDÓÑEZ, J. L. i RETANA, J. (2004) Early reduction of post-fire recruitmen of *Pinus nigra* by post-dispersal seed predation in different time-since-fire habitats. *Ecography*, 27: 449-458.
- PIÑOL, J., TERRADAS, J. i LLORET, F. (1998) Climate warming, wildfire hazard and wildfire occurrence in coastal Eastern Spain. *Climatic Change*, 38: 345-357.
- RETANA, J., RIBA, M., CASTELL, C. i ESPELTA, J. M. (1992) Regeneration by sprouting of holm oak (*Quercus ilex*) stands exploited by selection thinning. *Vegetatio*, 99/100: 355-364.
- RETANA, J., ESPELTA, J. M., GRÀCIA, M. i RIBA, M. (1999) Seedling Recruitment. A: F. Rodà, J. Retana, C. A. Gracia i J. Bellot (eds.) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Berlin [etc.]: Springer-Verlag. Ecological Studies, 137: 89-101. ISBN 3-540-65019-9.
- RETANA, J., ESPELTA, J. M., HABROUK, A., ORDÓÑEZ, J. L. i SOLÀ-MORALES, F. (2002) Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in NE Spain. *Ecoscience*, 9: 89-97.
- RODRIGO, A., RETANA, J. i PICÓ, X. (2004) Direct regeneration is not the only response of mediterranean forests to large fires. *Ecology*, 85: 716-729.
- SALVADOR, R., VALERIANO, J., PONS, X. i DÍAZ-DELGADO, R. (2000) A semi-automatic methodology to detect fire scars in shrubs and evergreen forests with Landsat MSS time series. *International Journal of Remote Sensing*, 21: 655-671.
- Superfícies cremades: <<http://www.gencat.net/mediamb/incendis/estadistica-1.htm#superficie>>
- TERRADAS, J. (1996) *Ecologia del foc*. Barcelona: Proa. ISBN: 84-8256-132-4.
- TERRADAS, J. (2001) *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Barcelona: Omega. ISBN: 84-282-1288-0.
- ZAVALA, M. A., ESPELTA, J. M. i RETANA, J. (2000) Constraints and trade-offs in Mediterranean plant communities: the case of holm oak-aleppo pine forests. *The Botanical Review*, 66: 119-149.
- Web del DMAH: <<http://www.gencat.net/mediamb/>>

• • • • •
Capítol 8

- ÀVILA, A. (1996) Time trends in the precipitation chemistry at a mountain site in northeastern Spain for the period 1983-1994. *Atmospheric Environment*, 30: 1363-1373.
- ÀVILA, A. i RODÀ, F. (2002) Assessing decadal changes in rainwater alkalinity at a rural Mediterranean site. *Atmospheric Enviornment*, 36: 2881-2890.
- DOCHLINGER, L. S. i SELIGA, T. A. (1976) *Proceedings of the First International Symposium on Acid Precipitation and the Forest Ecosystem*. Upper Darby, PA: USDA Forest Service.
- ELVIRA, S., ALONSO, R., INCLÁN, R., CASTILLO, F. J. i GIMENO, B. S. (1998) On the response of pigments and antioxidants of *Pinus halepensis* seedlings to Mediterranean climatic factors and long-term ozone exposure. *New Phytologist*, 138: 419-432.
- LLASAT, M. C. (1997) *Meteorologia agrícola i forestal a Catalunya. Conceptes, estacions i estadístiques*. Barcelona: Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca, Generalitat de Catalunya. ISBN: 84-393-4350-7.
- McLAUGHLIN, S. B. (1985) Effects of air pollution on forests: a critical review. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 35: 512-521.
- MILLÁN, M. M., ARTIÑANO, B., ALONSO, L., CASTRO, M., Fernández-Patier, M. R. i Goberna, J. (1992) Mesometeorological cycles of air pollution in the Iberian Peninsula. *Air Pollution Research Report*, 44. Brussel-les: Comisió europea.
- MONTOYA, R. i LÓPEZ, M. (1997) *La Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Nivel I) España, 1987-1996*. Madrid: Publicaciones del Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 557 p.
- PEÑUELAS, J., LLORET, F. i MONTOYA, R. (2000) Severe drought effects on Mediterranean woody flora in Spain. *Forest Science*, 47: 214-218.
- RODÀ, F., ÀVILA, A. i RODRIGO, A. (2002) Nitrogen deposition in Mediterranean forests. *Environmental Pollution*, 118: 205-213.
- ULRICH, B. (1986) Natural and anthropogenic components of soil acidification. *Zeitschrift für Pflanzenernährung and Bodenkunde*, 143: 702-717.

• • • • •
Capítols 9 i 10

- BARRANTES, O. i GRÀCIA, C. (1989) Índice foliar, transporte de agua y estructura mecánica en *Pinus sylvestris*. *Options méditerranéennes*, 3: 53-56.

- BELLOT, J., SÁNCHEZ, J. R., LLEDÓ, M. J., MARTÍNEZ, P. i ESCARRÉ, A. (1992) Litterfall as a measure of primary production in Mediterranean holm-oak forest. *Vegetatio*, 99/100: 69-76.
- ETHERIDGE, D. M., STEELE, L. P., LANGENFELDS, R. L., FRANCEY, R. J., BASNOLA, J. M. & MORGAN, V. I. (1998) Historical CO₂ records from the Law Dome DE08, DE08-2 and DSS ice-cores. A: *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Oak Ridge, Tenn. (USA): Carbon Dioxide Information Center, Oak Ridge National Laboratory, U. S. Department of Energy.
- GRACIA, C., BELLOT, J., SABATÉ, S., ALBEZA, E., DJEMA, A., LEÓN, B., LÓPEZ, B., MARTÍNEZ, J. M., RUÍZ, I. i TELLO, E. (1996) Análisis de la respuesta de *Quercus ilex* L. a tratamientos de aclareo selectivo. A: R. Vallejo (ed.) *Restauración de la cubierta vegetal en la Comunidad Valenciana*. València: Fundación CEAM, p. 547-601. ISBN: 84-921259-0-X.
- GRACIA, C. A., SABATÉ, S., MARTÍNEZ, J. M. i ALBEZA, E. (1999a) Functional responses to thinning. A: F. Rodà, J. Retana, C. A. Gracia i J. Bellot (eds.) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Berlin [etc.]: Springer-Verlag. Ecological Studies, 137: 329-338. ISBN 3-540-65019-9.
- GRACIA, C. A., TELLO, E., SABATÉ, S. i BELLOT, J. (1999b) GOTILWA: An integrated model of water dynamics and forest growth. A: F. Rodà, J. Retana, C. A. Gracia i J. Bellot (eds.) *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. Berlin [etc.]: Springer-Verlag. Ecological Studies, 137: 163-180. ISBN 3-540-65019-9.
- GRACIA, C. A., SABATÉ, S., LÓPEZ, B. y SÁNCHEZ, A. (2001) Presente y futuro del bosque mediterráneo: balance de carbono, gestión forestal y cambio global. A: R. Zamora i F. Pugnaire (eds.) *Ecosistemas mediterráneos, análisis funcional*. Granada: CSIC/AEET. Colección de Textos universitarios, 32: 351-372. ISBN 84-00-07907-8.
- GRACIA, C. A., BURRIEL, J. A., IBÁÑEZ, J. J., MATA, T. i VAYREDA, J. (2000-2004) *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya*. 10 volums. Bellaterra: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). ISBN: 84-931323-0-6 (obra completa).
- HONEYSETT, J. L. & RATKOWSKY, D. A. (1989) The use of ignition loss to estimate bulk density of forest soils. *Journal of Soil Science*, 40: 299-308.
- KRAMER, K., LEINONEN, I., BARTELINK, H. H., BERBIGIER, P., BORGHETTI, M., BERNHOFER, Ch., CIENCIALA, E., DOLMAN, A. J., FROER, O., GRACIA, C. A., GRANIER, A., GRÜNWALD, T., HARI, P., JANS, W., KELLOMÄKI, S., LOUSTAU, D., MAGNANI, F., MARKKANEN, T., MATTEUCCI, G., MOHREN, G. M. J., MOORS, E., NISSINEN, A., PELTOLA, H., SABATÉ, S., SANCHEZ, A., SONTAG, M., VALENTINI, R. i VESALA, T. (2002) Evaluation of 6 process-based forest growth models based on eddy-covariance measurements of CO₂ and H₂O fluxes at 6 forest sites in Europe. *Global Change Biology*, 8: 1-18.
- LÓPEZ, B., SABATÉ, S. i GRACIA, C. A. (1998) Fine roots dynamics in a Mediterranean forest: Effects of drought and stem density. *Tree Physiology*, 18: 601-606.
- LÓPEZ, B., SABATÉ, S. i GRACIA, C. A. (2001a) Annual and seasonal changes of fine roots biomass of a *Quercus ilex* L. forest. *Plant and Soil*, 230: 125-134.
- LÓPEZ, B., SABATÉ, S. i GRACIA, C. A. (2001b) Fine root longevity of *Quercus ilex*. *New Phytologist*, 151(3): 437-441.
- MONTOYA, R. i LÓPEZ, M. (1997) *La Red Europea de Seguimiento de Daños en los Bosques (Nivel I) España, 1987-1996*. Madrid: Publicaciones del Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente. 557 p.
- PONS, X. (2004) *MiraMon. Sistema d'Informació Geogràfica i software de teledetecció*. Bellaterra, Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). ISBN: 84-931323-5-7.
- SABATÉ, S., GRACIA, C. A. i SÁNCHEZ, A. (2002) Likely effects of Climate Change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean Region. *Forest Ecology Management*, 162: 23-37.
- WHITEHEAD, D. (1978) The estimation of foliage area from sapwood basal area in Scots pine. *Forestry*, 51: 137-149.

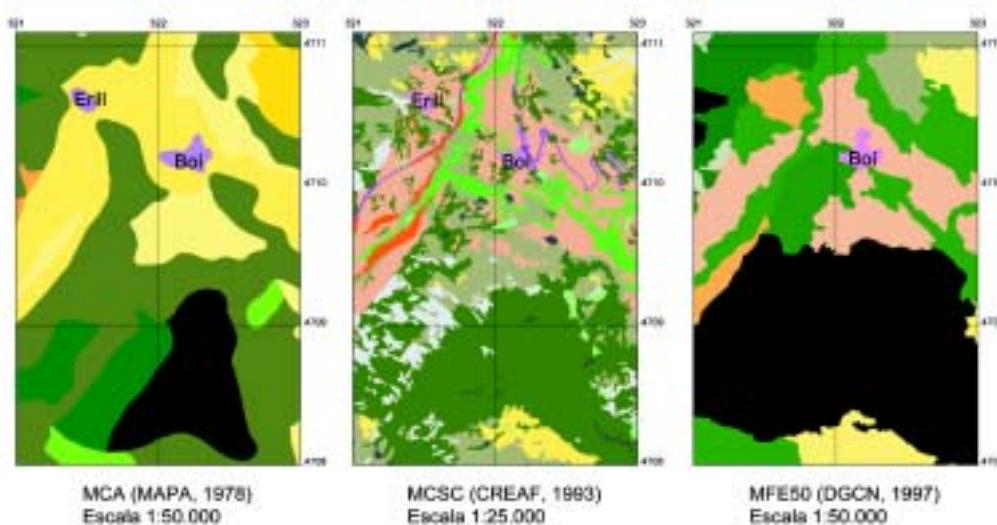
Sigles utilitzades

Sigles utilitzades

CORINE:	<i>Coordination of Information on the Environment.</i> (Coordinació d'Informació sobre el medi ambient)
CPF:	Centre de la Propietat Forestal.
CREAF:	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals.
DARP:	Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.
DGCN:	<i>Dirección General de Conservación de la Naturaleza.</i>
DGMN:	Direcció General del Medi Natural.
DMA:	Departament de Medi Ambient (fins el 2003).
DMAH:	Departament de Medi Ambient i Habitatge (a partir de 2003).
DPTOP:	Departament de Política Territorial i Obres Públiques.
ETP:	Evapotranspiració potencial.
FSC:	<i>Forest Stewardship Council</i> (Consell per la custòdia forestal).
GOTILWA+:	<i>Growth Of Trees Is Limited by Water.</i> Model de simulació funcional del bosc mediterrani.
ICC:	Institut Cartogràfic de Catalunya.
ICONA:	<i>Instituto para la Conservación de la Naturaleza.</i>
IEFC:	Inventari ecològic i forestal de Catalunya.
IFN1:	<i>Primer inventario forestal nacional.</i>
IFN2:	<i>Segundo inventario forestal nacional.</i>
IFN3:	<i>Tercer inventario forestal nacional.</i>
IPCC:	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change.</i> (Panell intergovernamental sobre el canvi climàtic)
MAPA:	<i>Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.</i>
MCA:	<i>Mapa de cultivos y aprovechamientos.</i>
MCSC:	Mapa de cobertes del sòl de Catalunya.
MFE50:	<i>Mapa forestal de España.</i>
MUSC:	Mapa d'usos del sòl de Catalunya.
PEIN:	Pla d'espais d'interès natural.
PEFC:	<i>Pan European Forest Certification</i> (Certificació forestal paneuropea)
PPP:	Perímetres de protecció prioritària.
Programa R+D+I:	Programa de recerca, desenvolupament i innovació.
PTGMF:	Pla tècnic de gestió i millora forestal.
SIBosC:	Sistema d'informació dels boscos de Catalunya.
TRAGSATEC:	<i>Tecnologías y Servicios Agrarios, Sociedad Anónima.</i>
UAB:	Universitat Autònoma de Barcelona.
XVPCA:	Xarxa de vigilància i previsió de la contaminació atmosfèrica de Catalunya.

Làmines en color

Làmina 1. Comparació entre l'MCSC i altres cartografies de cobertes i usos del sòl



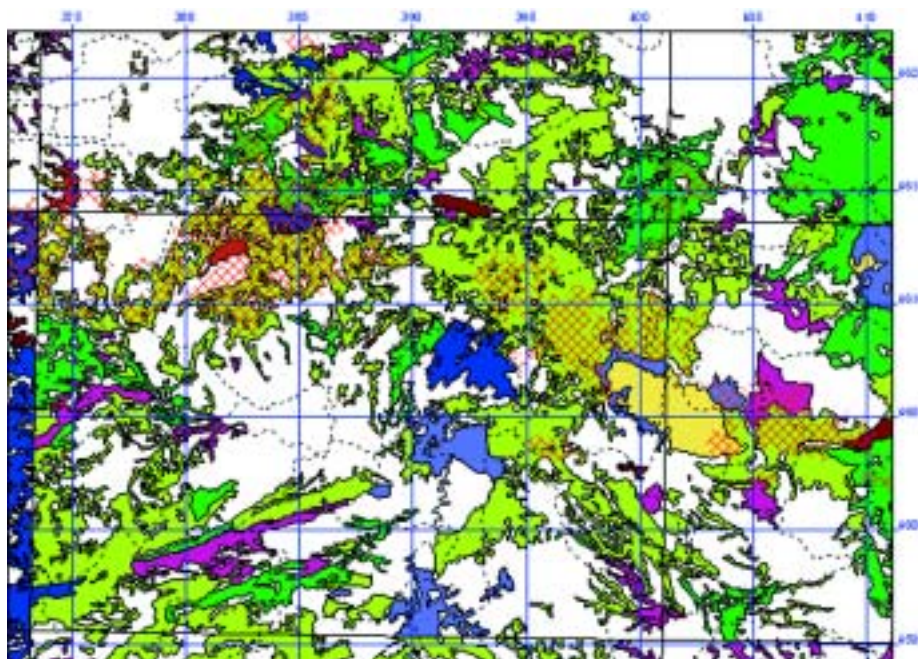
Les tres imatges corresponen a la mateixa zona (Boí), però la diferència en la interpretació és espectacular, només les taques més grans queden reflectides a totes les cartografies. Els diferents tons de verd corresponen a boscos (21,69 % en l'MCA, 44,36 % en l'MCSC i 70,28 % en l'MFE50). El temps transcorregut entre l'MCA i la resta de mapes pot justificar part de les diferències, però aquest argument no és aplicable a la comparació entre l'MCSC (1993) i l'MFE50 (1997). Cal, doncs, ser molt prudent a l'hora d'extreure conclusions de la comparació entre cartografies temàtiques fetes amb metodologies diferents. Tot i que nominalment les escales dels tres mapes són relativament comparables, l'MCSC destaca per l'elevat nivell de detall.

Les fonts i anys originals s'indiquen a la figura.

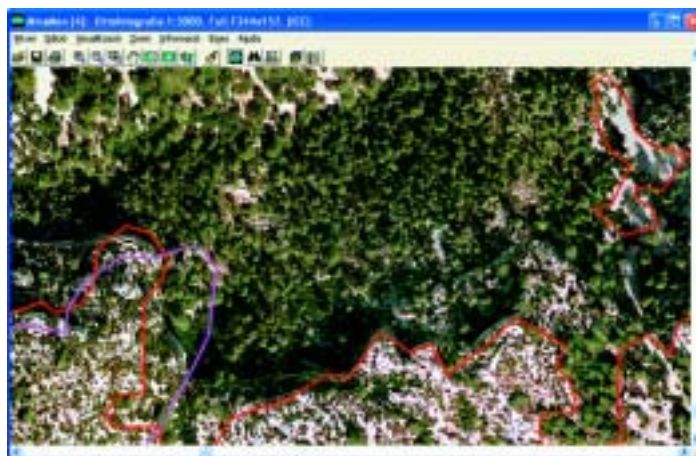
Làmina 2. Mapa d'estrats de l'INF2 a la demarcació de Barcelona

La imatge inclou el full 391 del tall 1:50.000 (requadre en negre) i una part dels fulls 390, 392, 361, 362 i 363 del Mapa d'estrats emprat en l'elaboració de l'INF2 a la demarcació de Barcelona. En tramat roig s'observa, entre d'altres, els grans incendis de l'any 1986 de Rubió (a l'esquerra, 5.740 ha), El Bruc (al centre, 2.105 ha) i Vacarisses (a la dreta, 1.335 ha). S'observa com la major part de l'àrea cremada és inclosa en l'estrat 3 (color verd oliva) corresponent a boscos de pi blanc amb una fracció de cabuda coberta entre el 10 % i el 69 % i qualsevol estat de massa, atès que l'INF2 es duégué a terme a Barcelona entre 1990 i 1991. Com també s'observa que el límit de l'estrat 3 i 2 amb l'estrat 4 (esquerra) coincideix amb el límit del tall 1:50.000.

Font: Elaboració a partir de l'MCA digital, el Mapa d'estrats de la publicació de l'INF2 de la província de Barcelona i els perímetres dels incendis de 1986 cedits pel DMAH.



Làmina 3. Definició de bosc i unitat mínima de representació cartogràfica



La definició de les categories, la unitat mínima de fotointerpretació i l'escala de treball incideixen en el resultat final dels mapes temàtics. Aquí es pot observar com una mateixa realitat té dues interpretacions diferents en funció de la metodologia de treball. La línia roja correspon a l'MCSC; per aquest mapa, en aquesta zona hi ha tres tipus de cobertes: roques (a dalt a la dreta), matollars (les 3 taques de la part inferior) i bosc. En canvi, per a l'MFE50 (línia lila) a la imatge, només hi ha dues cobertes: un bosc d'alzines, boix i savina (a la cantonada inferior esquerra) i un bosc de pinassa, pi roig i alzina. El boix i la savina s'inclouen dins els matollars en el cas de l'MCSC i dins el bosc en el cas de l'MFE50. La superfície de roca (0,3 ha) no ha estat distingida per l'MFE50 atès que no arribava a la mida de la taca mínima d'aquest mapa. Finalment, l'escala de treball, molt més fina en el cas de l'MCSC, justificaria la diferència en la forma de les taques de la cantonada inferior esquerra.

Font: Composició a partir de l'orto 1:5.000 del full 244×152 (ICC), l'MCSC de la zona i la tercera edició (digital) de l'MFE50.

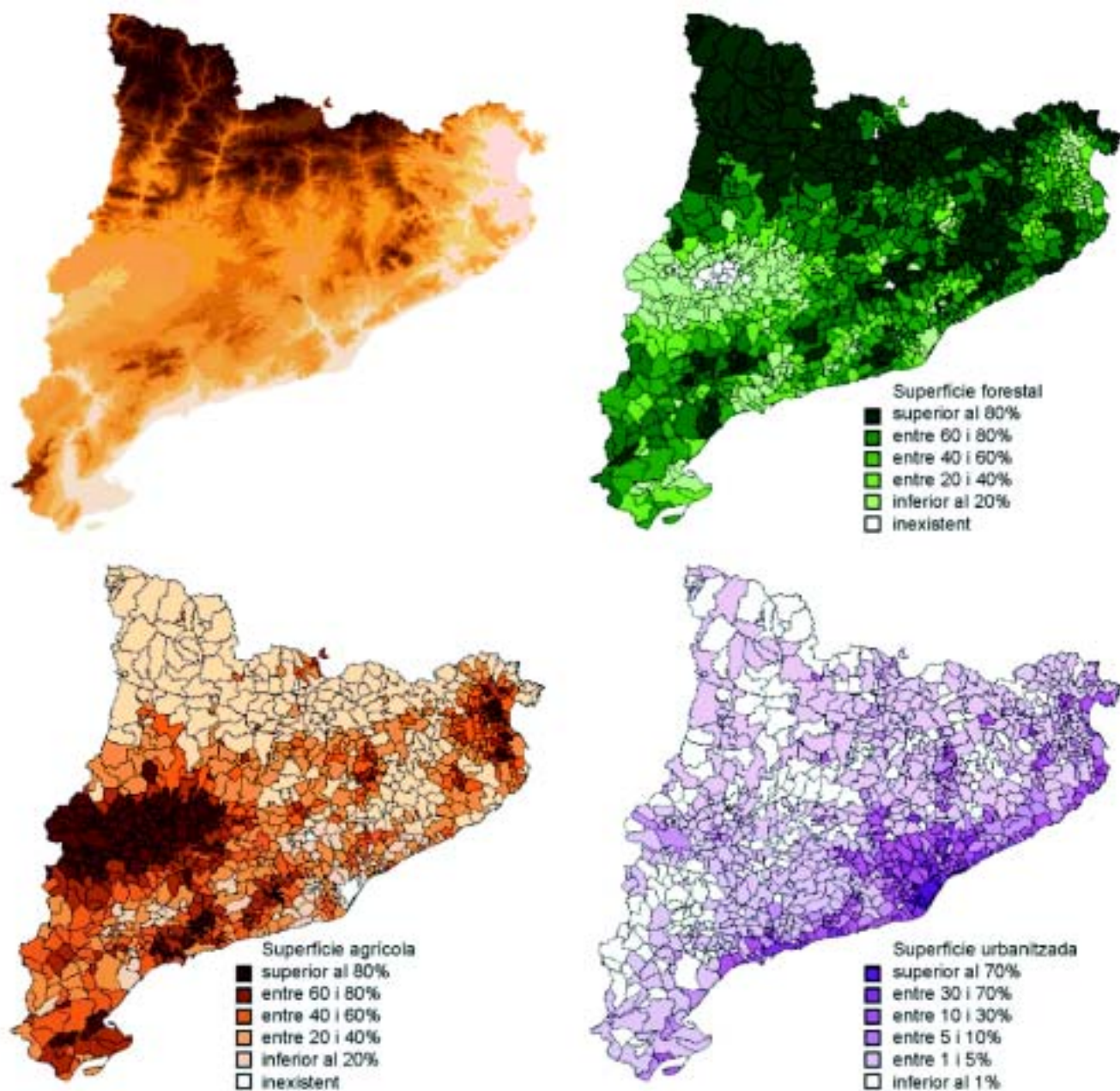
Làmina 4. Unitat mínima de representació cartogràfica



Segons la metodologia de l'MCSC a la fotografia (Vall de Sant Nicolau, Parc Nacional d'Aigüestortes) hi hauria 3 tipus de cobertes: tarteres (les dues taques de l'esquerra), matollars (les altres 3 taques) i bosc. En canvi, per a l'MFE50, i per tant també per a l'IFN3, només hi hauria bosc (de pi negre). Les dues tarteres de l'esquerra no es podrien distingir perquè no arriben a la taca mínima que considera l'MFE50 per a les superfícies no arbrades (6,5 ha, essent per a les superfícies arbrades de 2,5 ha) i una part de les taques de matollars contenen plançons de pi negre. És, doncs, evident que la unitat mínima de fotointerpretació, l'escala de treball i la definició de les categories incideixen en el resultat final dels mapes temàtics. Aquí es pot observar com una mateixa realitat té interpretacions diferents en funció de la metodologia de treball. En aquesta imatge concreta aquestes diferències són quantitativament molt importants, atès que el que per una cartografia (MFE50) és un 100 % de bosc per una altra (MCSC) és només un 61 %.

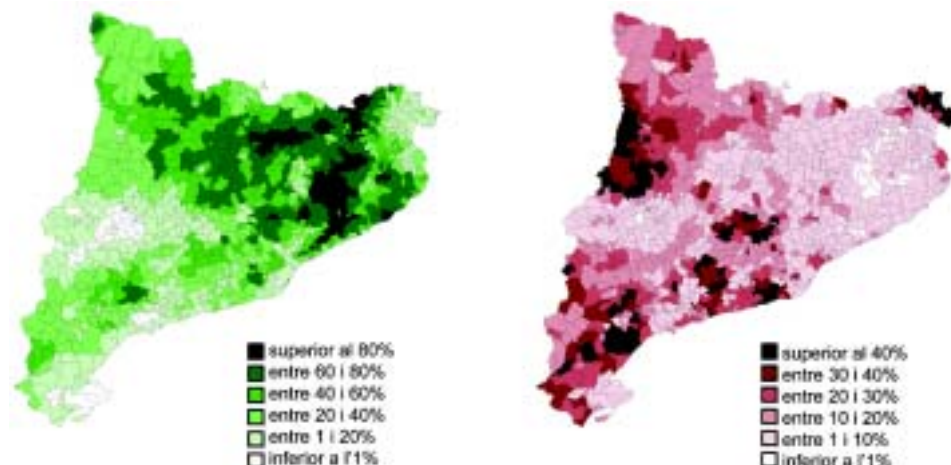
Font: Elaboració a partir d'una fotografia de l'any 2000 on s'han dibuixat els límits de l'MCSC de l'any 2000 i s'ha comprovat que era considerada totalment arbrada per l'MFE50 digital (1997).

Làmina 5. Model digital d'elevacions i proporció de superfície forestal, agrícola i urbanitzada per municipis



Font: Ibàñez et al., 2002.

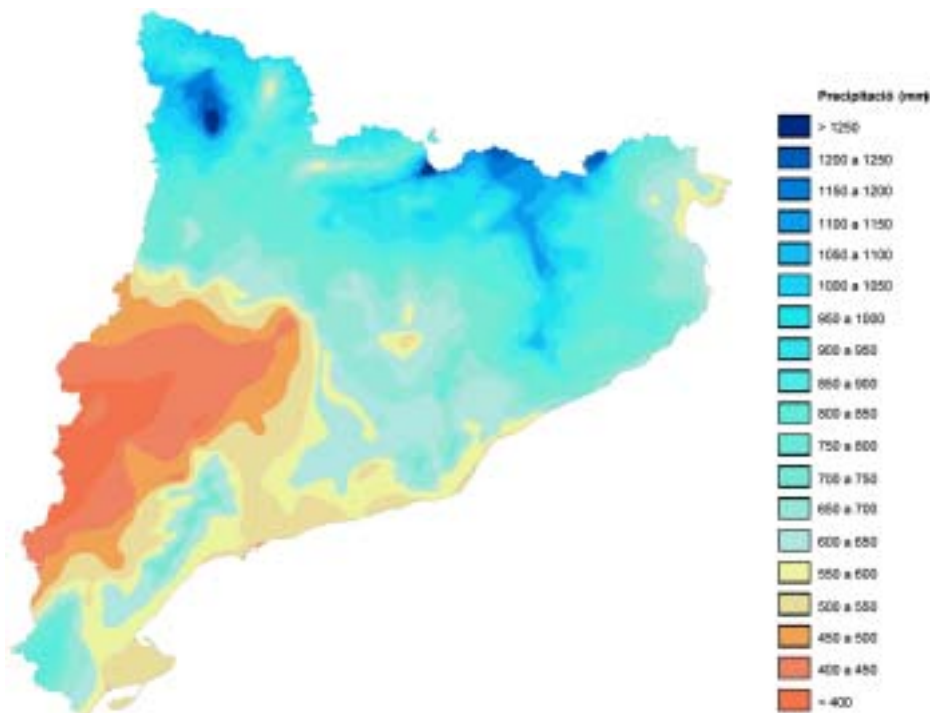
Làmina 6. Proporcions per municipis dels dos principals components de la superfície forestal: boscos i matollars



Observem com la proporció de bosc al nord i est (a excepció de l'Alt Empordà a l'extrem nord-est) és més gran i la de matollar menor que a la zona sud i nord-oest. Destaquen, d'altra banda, el pla de Lleida, el delta de l'Ebre, el camp de Tarragona, i les planes de Vic i de l'Empordà, on la proporció d'ambdós components de la superfície forestal és mínima ja que aquestes zones són ocupades, bàsicament, per conreus (làmina 5).

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (CREAF, 1993).

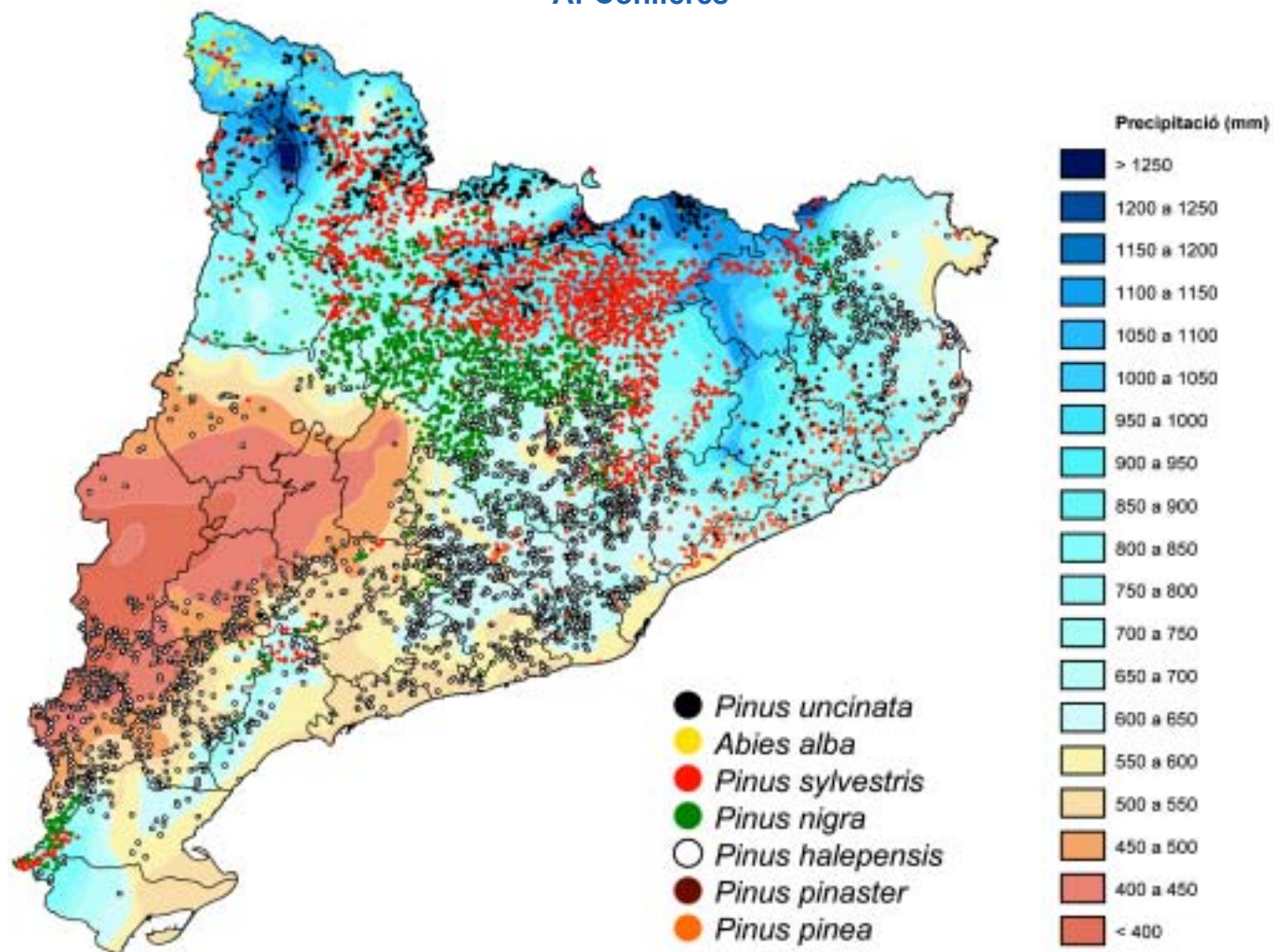
Làmina 7. Distribució de la precipitació mitjana anual a Catalunya



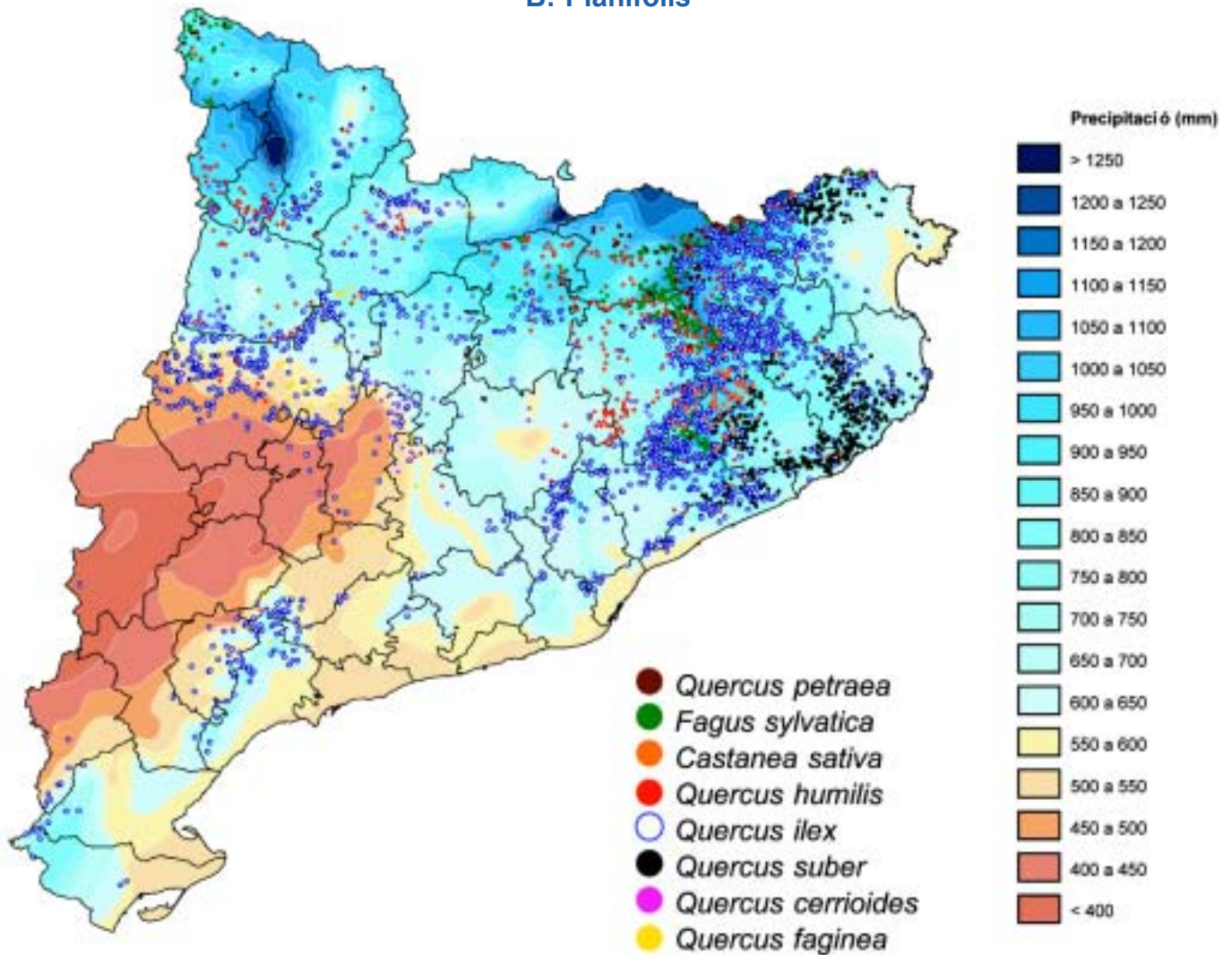
El mapa mostra la distribució de la precipitació mitjana anual en mm a Catalunya.

Font: Web de cartografia del DMAH.

A: Coníferes



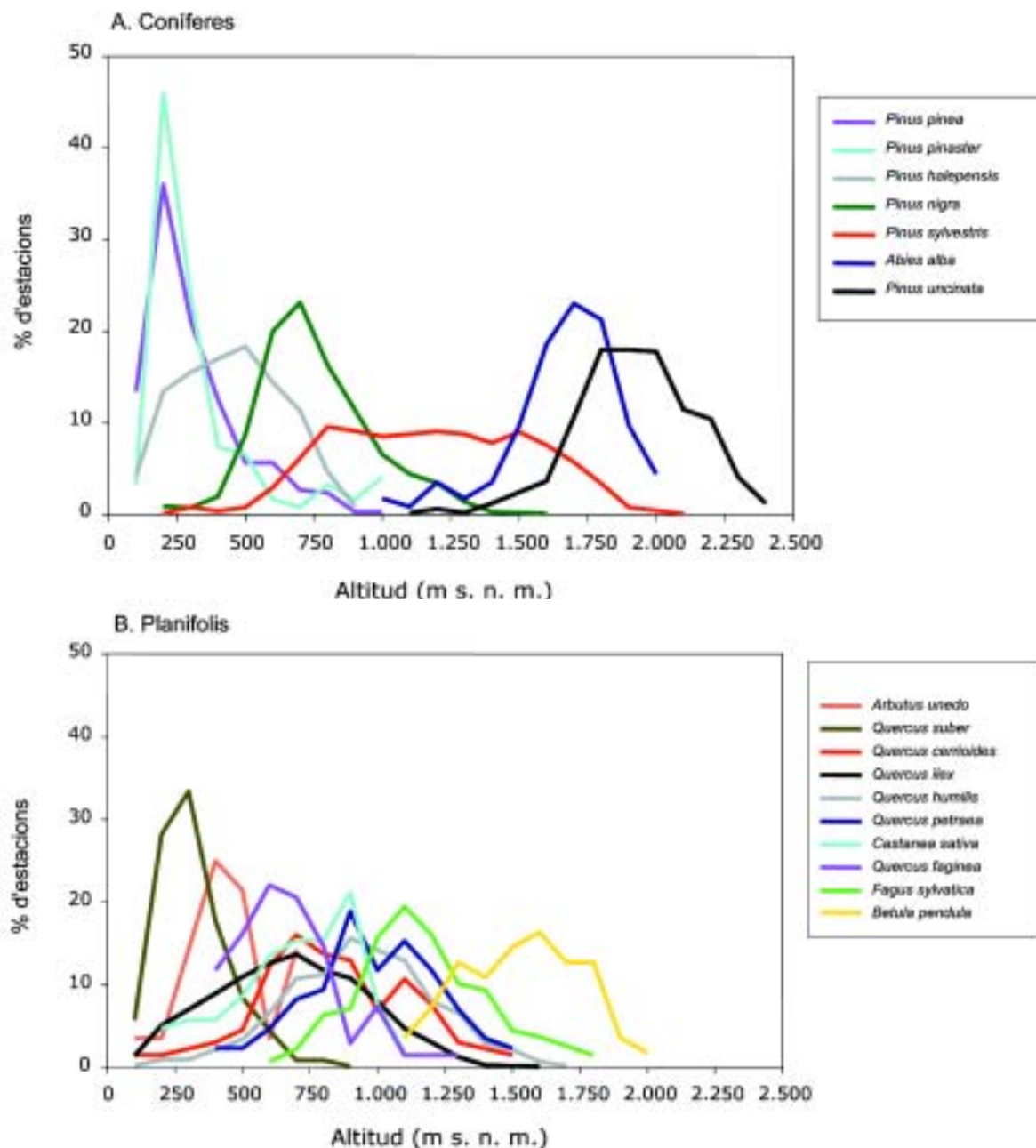
B: Planifolis



Distribució de les espècies arbòries de coníferes (A) i de planifolis (B) més abundants a Catalunya segons la precipitació mitjana anual. Els mapes mostren, sobre la distribució de la precipitació mitjana anual en mm, la distribució de les parcel·les de l'IEFC on cada espècie és dominant (almenys la meitat de l'àrea basal correspon a l'espècie). Observeu la relació entre la distribució de la precipitació i l'àrea de distribució de les espècies (el faig, el castanyer i el roure de fulla gran són només a les zones més humides i el pi blanc és l'única espècie dominant a les zones més eixutes).

Font: Elaboració pròpia a partir del mapa de distribució de la precipitació mitjana anual (web de cartografia del DMAH) i de les dades de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

Làmina 9. Distribució de les coníferes i planifolis més abundants a Catalunya segons l'altitud



Els gràfics mostren el percentatge de parcel·les de l'IEFC on cada espècie és dominant (almenys la meitat de l'àrea basal correspon a l'espècie) segons l'altitud (metres sobre el nivell del mar) de les parcel·les. Les coníferes (A) sembla que tenen uns rangs altitudinals molt marcats, conseqüència de les condicions climàtiques, làmina 8. A les cotes més baixes trobem el pi blanc, el pi pinyer i el pinastre; per damunt d'aquests, la pinassa i encara més amunt se succeeixen el pi roig, l'avet i el pi negre. Pel que fa als planifolis (B), la major part de les espècies es troben en un rang altitudinal on actualment dominen el pi roig i la pinassa (entre els 500 i els 1.500 m).

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya.

Làmina 10. Efectes de la sequera de 1994 sobre els alzinars



La fotografia correspon al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i de l'Obac. Observeu com la sequera ha fet estralls a l'alzinar però no ha afectat el pi blanc.

Font: Fotografia de Daniel Siscart.

Làmina 11. Pineda de pi blanc cremada (en regeneració) amb un estrat arbustiu (futur sotabosc) de romaní i gatosa



Com es pot observar, tot i que l'estrat arbori (extremadament lax) no afecta la disponibilitat de llum, l'estrat arbustiu que es desenvolupa tampoc acostuma a ser gaire ufanós. També es pot apreciar una important quantitat de combustible fi mort (detall de la dreta) i una notable continuïtat vertical entre estrats.

Làmina 12. Recuperació del pi blanc després del foc



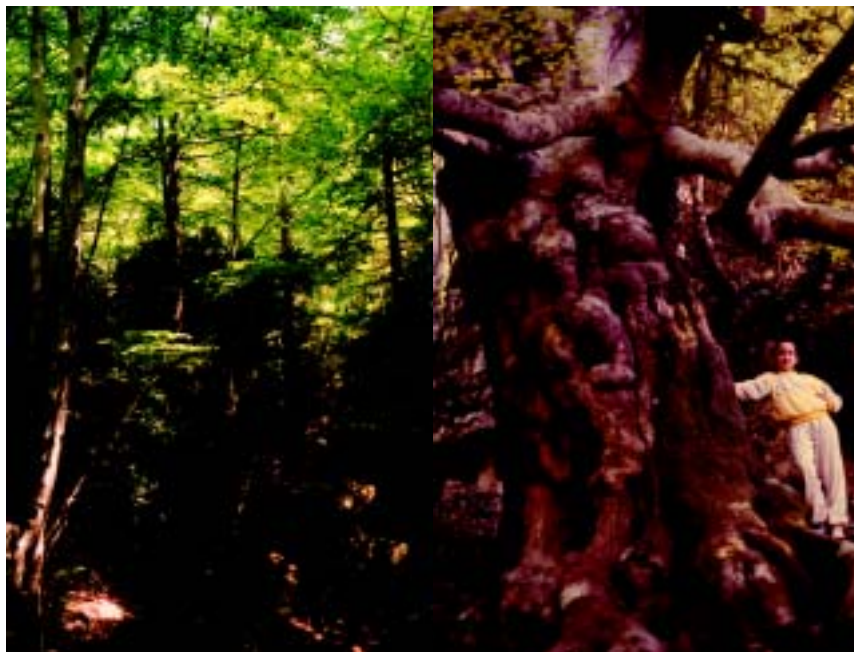
Aquesta zona de l'Hospitalet de l'Infant ha estat afectada pels incendis en diverses ocasions durant els darrers 30 anys. Tot i que des del darrer d'aquests incendis ja han passat més de 10 anys es pot apreciar l'escassa presència de pi blanc a la zona (limitada a la part més baixa).

Làmina 13. Efectes de la sequera en una roureda de la Garrotxa, agost de 2003



Com a conseqüència de la sequera estiuenca, aquest bosc presenta un aspecte més propi del mes de novembre. Tanmateix, l'espècie més afectada va ser el roure martinenc. Això mateix s'ha produït de manera molt general a Catalunya: Collserola, el Maresme, Osona, el Solsonès, etc.
Font: Fotografia d'Arnald Marcer.

Làmina 14. Estructura d'una fageda i exemplar de l'espècie



Fageda del Barranc del Retaule (esquerra). Aquesta fageda, situada al Parc Natural dels Ports dins la comarca del Montsià, és la més meridional de la península Ibèrica i la més distanciada genèticament de la resta de fagedes d'Europa. Al Parc Natural del Ports hi ha unes 90 ha de faig repartides entre unes cinc o sis petites clapes. Hi ha diversos exemplars de grans dimensions com l'anomenat faig gros (dreta).

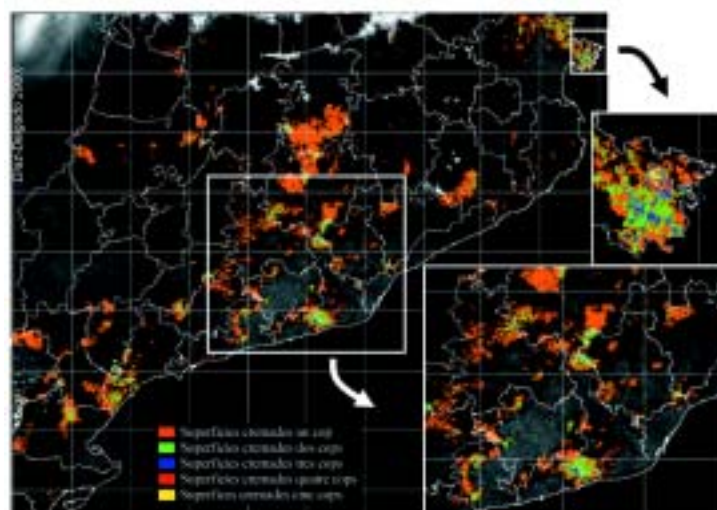
Làmina 15. Canvis en el paisatge de Catalunya al segle xx



Al llarg del segle xx s'han produït importants canvis en el paisatge de Catalunya que ens ajuden a explicar l'actual règim d'incendis. La comparació de dues fotografies (1910 i 1989) del Pla de la Creu a la Vall del Congost ens permet apreciar la progressiva forestació, la disminució de la intensitat de la gestió forestal, l'extraordinari increment d'accessibilitat al medi natural i la progressiva implantació d'infraestructures que poden promoure un major risc d'incendi (carreteres, línies elèctriques, etc.).

Font: Fotografies de Roisin i J. M. Espelta.

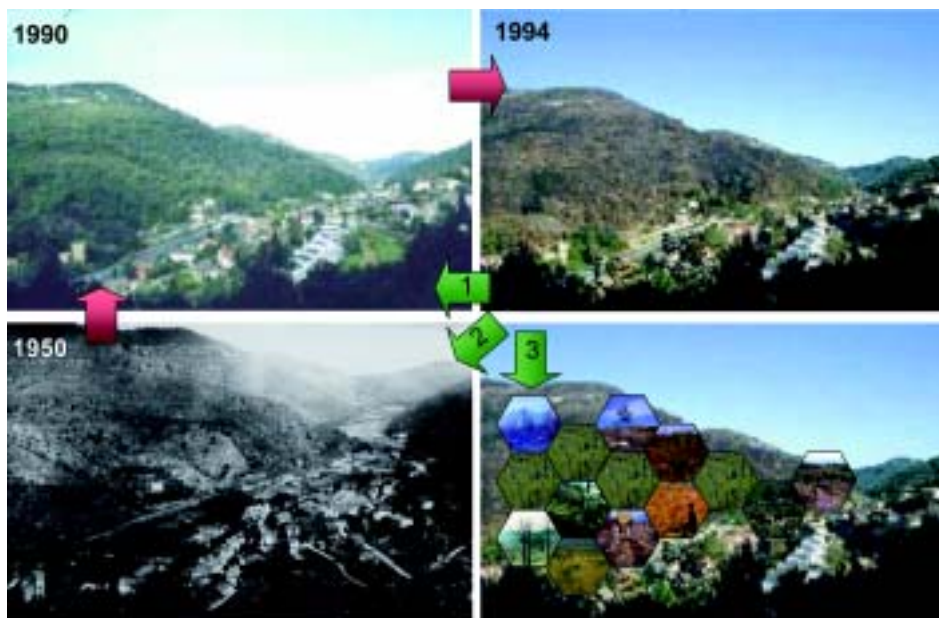
Làmina 16. Distribució espacial de les superfícies cremades a Catalunya entre 1975 i 1995



Colors diferents indiquen els cops que una mateixa superfície ha estat afectada per un incendi en aquest període de temps. Noteu l'abundància d'àrees cremades dos i tres cops en aquest període al Garraf i l'Alt Empordà.

Font: Modificat de Díaz-Delgado, 2002.

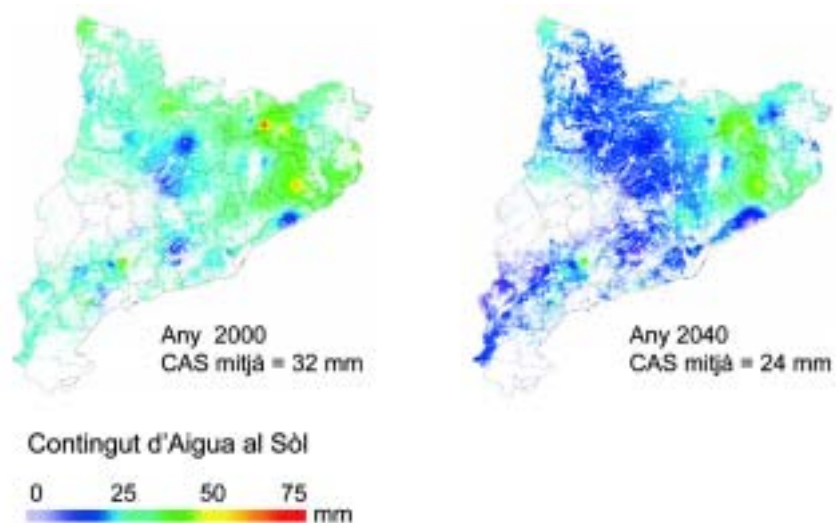
Làmina 17. Canvis en el paisatge forestal de Catalunya durant el segle XX



Aquesta sèrie de fotografies del poble de Figueró-Montmany (Vall del Congost) ens il·lustra els importants canvis que han sofert els paisatges forestals de Catalunya durant el segle XX. Després de l'incendi de 1994 hi poden haver tres possibles alternatives: 1) tornar a la situació d'elevada continuïtat i densitat de la massa forestal prèvia a l'incendi, massa perillós pel risc d'una nova pertorbació, 2) retornar a la situació dels anys cinquanta, probablement poc acceptat socialment o 3) establir un mosaic equilibrat d'usos i gestió de la zona forestal afectada.

Font: Fotografia de Roisin i J. M. Espelta.

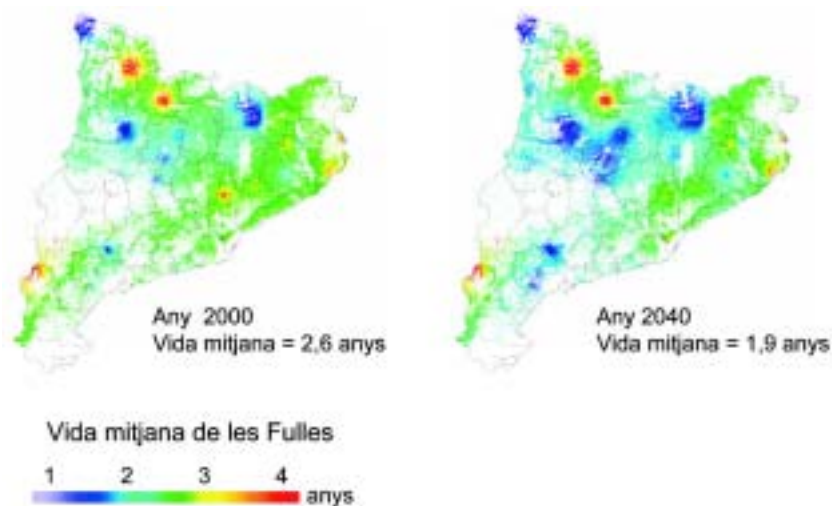
Làmina 18. Previsió de l'evolució del contingut d'aigua al sòl a Catalunya en els propers 40 anys



Contingut d'aigua al sòl actual (any 2000) dels boscos de Catalunya (esquerra) i estimat per a l'any 2040 (dreta) sota un escenari de canvi climàtic predit per un model de circulació atmosfèrica general. Encara que en molts casos la reserva d'aigua al sòl s'esgota a l'estiu, la mitjana anual de Catalunya és, actualment, de 32 mm i, segons els resultats de la simulació, aquesta reserva disminuirà fins a un valor mitjà de 24 mm; cosa que representa una disminució de l'aigua disponible al sòl del 25 %.

Font: Interpolació generada per MiraMon a partir del resultat de la simulació de GOTILWA+.

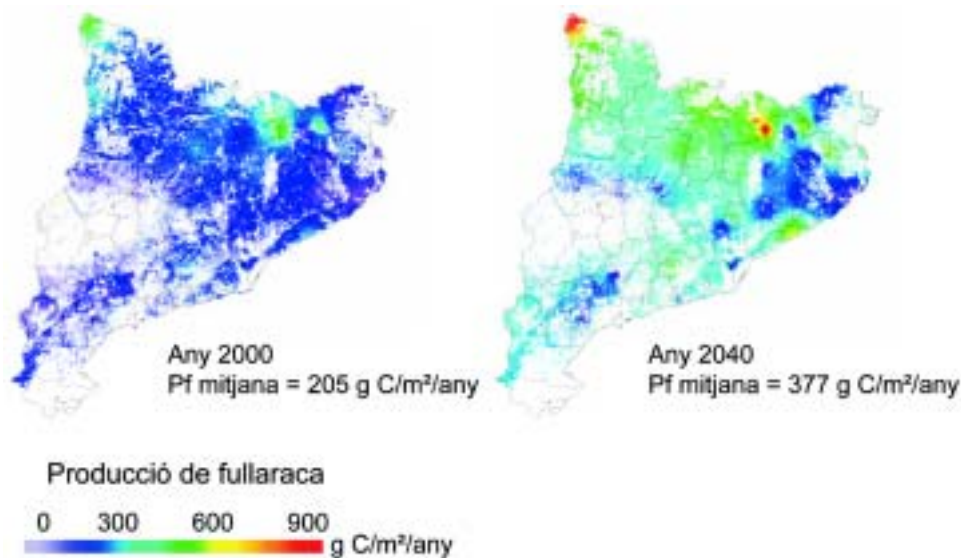
Làmina 19. Previsió de l'evolució de la vida mitjana de les fulles a Catalunya en els propers 40 anys



Vida mitjana de les fulles actual (any 2000) de les espècies perennifòlies dels boscos de Catalunya (esquerra) i estimada per a l'any 2040 (dreta) sota un escenari de canvi climàtic predit per un model de circulació atmosfèrica general. En aquest càlcul s'han exclòs les parcel·les de *Fagus sylvatica* i d'altres caducifolis. Els valors mitjans s'han calculat com la mitjana ponderada de les parcel·les on es troba present l'espècie. El model prediu una reducció de la vida mitjana de les fulles del 27 % cosa que, sense cap mena de dubte, pot suposar importants repercsions sobre el balanç de carboni de la planta.

Font: Interpolació generada per MiraMon a partir del resultat de la simulació de GOTILWA+.

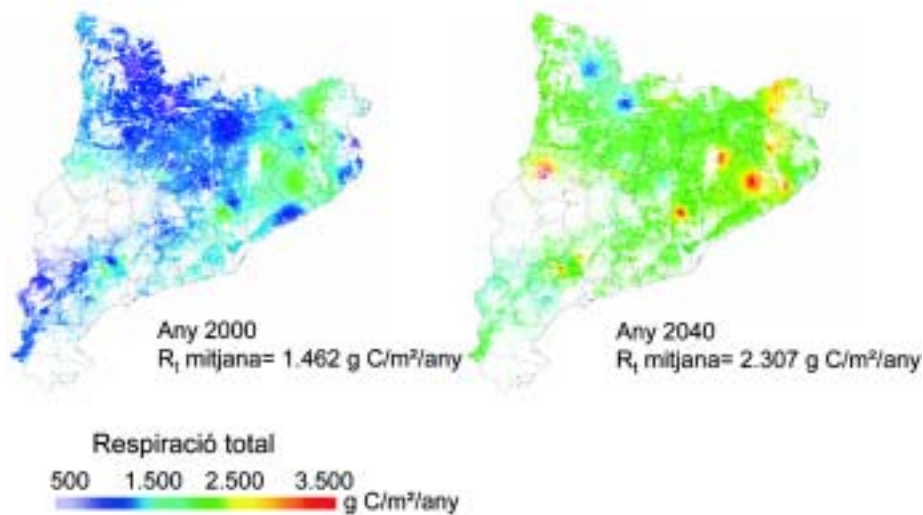
Làmina 20. Previsió de l'evolució de la producció de fullaraca a Catalunya en els propers 40 anys



Producció de fullaraca actual (any 2000) dels boscos de Catalunya (esquerra) i estimada per a l'any 2040 (dreta) sota un escenari de canvi climàtic predit per un model de circulació atmosfèrica general. Les previsions indiquen un augment de la producció de fullaraca proper al 80 %. La reducció de la vida mitjana de les fulles (làmina 19) i el consegüent augment de la taxa de renovació són, en bona part, responsables d'aquest increment de la producció de fullaraca.

Font: Interpolació generada per MiraMon a partir del resultat de la simulació de GOTILWA+.

Làmina 21. Previsió de l'evolució de la respiració total a Catalunya en els propers 40 anys



Respiració total actual (any 2000) dels boscos de Catalunya (esquerra) i estimada per a l'any 2040 (dreta) sota un escenari de canvi climàtic predit per un model de circulació atmosfèrica general. La respiració total s'ha obtingut sumant la respiració total dels arbres i la respiració heterotròfica deguda principalment a l'activitat microbiana sobre la matèria orgànica del sòl. Les previsions indiquen un augment de la respiració al voltant del 70 % al qual contribueix notablement l'increment de fullaraca al terra (làmina 20) derivat de la major taxa de renovació de les fulles.

Font: Interpolació generada per MiraMon a partir del resultat de la simulació de GOTILWA+.