



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Esta tesis doctoral contiene un índice que enlaza a cada uno de los capítulos de la misma.

Existen asimismo botones de retorno al índice al principio y final de cada uno de los capítulos.

[Ir directamente al índice](#)

Para una correcta visualización del texto es necesaria la versión de [Adobe Acrobat Reader 7.0](#) o posteriores

Aquesta tesi doctoral conté un índex que enllaça a cadascun dels capítols. Existeixen així mateix botons de retorn a l'índex al principi i final de cadascun dels capítols .

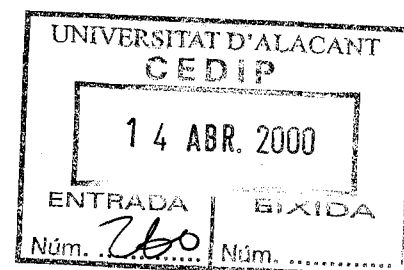
[Anar directament a l'índex](#)

Per a una correcta visualització del text és necessària la versió d' [Adobe Acrobat Reader 7.0](#) o posteriors.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departament d'Ecologia
Departamento de Ecología



L'estancament del creixement dels boscos de *Quercus ilex* després de l'abandonament de les pràctiques silvícoles: efecte de la intensitat d'aclarida i de la sequera en el creixement i l'estructura.

Eva Albeza Baus

Alacant, 2000





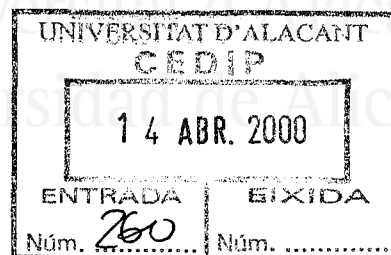
Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

2000



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Departament d'Ecologia
Departamento de Ecología



L'estancament del creixement dels boscos de *Quercus ilex* després de l'abandonament de les pràctiques silvícoles: efecte de la intensitat d'aclarida i de la sequera en el creixement i l'estructura.

Memòria presentada per

Eva Albeza Baus

per a optar al grau de Doctor en Biologia

Amb el vist i plau dels Directors:

Dr. Antoni Escarré Esteve
Catedràtic d'Ecologia
Dept. d'Ecologia
Universitat d'Alacant

Dr. Carlos A. Gracia Alonso
Professor Titular d'Ecologia
Dept. d'Ecologia
Universitat de Barcelona

Alacant, abril del 2000



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

**A ma mare,
Merxe, Magda i Anna**



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Agraïments

Arribat el moment, ara que per fi està acabada és un veritable plaer fer memòria i reconèixer l'agraïment a totes les persones que amb aportacions diverses (científiques i personals) han fet possible aquesta tesi.

Als directors, l'Antoni Escarré i en Carles Gràcia els he d'agrair l'oportunitat que em van donar de fer la tesi, la dedicació i la valuosa tasca de direcció al llarg de tot el procés.

Al departament d'Ecologia de la Universitat d'Alacant, i al seu director Joan Bellot qui també va tenir molt a veure en l'inici de l'experiència de l'aclarida i en les primers fases d'aquest treball.

A en Santi Sabaté que em va ajudar molt, i em va proporcionar consells i crítiques molt valuoses durant les primeres fases del treball.

A la Ma José Lledó li he d'agrair moltes coses, des de tres anys ençà ha fet tot el que estava en les seues mans per ajudar-me. De fet, em va facilitar tant les coses, que li vaig envair, gens subtilment, el seu despatx. En especial li he d'agrair els ànims i l'ajuda que m'ha donat durant les darreres fases de la tesi, així com la lectura i els comentaris aportats.

Gràcies a la Dori Carratalá, l'Estibaliz Tello i la Núria Melià per la benvinguda que em van fer dins el primer despatx de becàries, així com per l'ambient tant grat. Totes tres em vàrem ajudar molt en l'aprenentatge de les coses que, si bé ara em semblen quotidianes en aquell moment no ho eren tant. La dedicació de l'Estibaliz en la coordinació des d'Alacant de l'experiència de l'aclarida, em va facilitar molt les primeres fases del treball. La complicitat personal amb la Núria Melià, des d'aquells temps fins l'actualitat ha estat especialment gratificant i enriquidora, ho mire com ho mire. Al llarg d'aquests sis anys el seu suport i la seua ajuda ha estat inestimable.

Al grup de companys dels projecte de Prades: l'Amàlia Fernández, en Juan Enrique Martínez-Pinna, la Begoña León, L'Arezki Djema, en Juan Manuel Martínez-Ortiz, i en Bernat López, amb els que vaig compartir moltes hores d'inventari en les parcel·les. A més, he de donar de manera especial les gràcies a la Begoña León ja que es va fer les primeres mesures de la dinàmica foliar dels rebrots.

Amb la Noelia Hernández, i amb les companyes del projecte de Guardamar: la Tere Jiménez-Gallego i l'Alicia Bernabé he compartit treball i molts bons moments, i totes tres juntament amb la Begoña Gomis em van proporcionar un ajut decisiu en diversos mostrejos de camp. Sens dubte, sense totes quatre hagués estat molt més dur i també molt més avorrit el treball de camp. De la mateixa manera, les nombroses converses a l'hora del dinar i les hores de laboratori compartides amb Ma Fran Garcia han estat molt profitoses i especialment grates.

A tots els estudiants que em va ajudar durant les diverses campanyes de camp: els del mòdul mediambiental de Sant Vicent del Raspeig: en Rafa, l'Eva, la Mercedes i l'Almudena, els estudiants de la Universitat de Barcelona l'Ignasi, en Guillem i la Sílvia, i l'Antonio Soriano de la Universitat d'Alacant. La col·laboració de tots ells ha estat decisiu.

A la gent del CEAM d'Alacant, la Susana Bautista, en Norberto Seva, l'Alejandro Valdecantos, en Joan Llovet, l'Alberto Vilagrosa, la Rosa Neus, i de manera especial el meu agraïment a en Jaime Baeza perquè va portar endavant tota la feina de localització i d'aclarida de les parcel·les.

En les primeres etapes en Juanra Sánchez i en Jorge Boronat em van dedicar un bon grapat de les seues hores a ajudar-me a posar a punt la metodologia de la determinació de la superfície de les fulles. En Jordi Cortina ha estat una font d'enriquiment personal i científic, així com d'ànims. Gràcies també a l'Esteban Chirino, l'Andreu Bonet, en Josep Raventós i en J.Carlos González Hidalgo.

Al grup d'edafòlegs del departament de Biologia Vegetal de la UB: la Núria Melià, en Joan Romanyà, la Isabel Serrasolses, la Núria Abad, lo Pere Casals, en Pere Rovira, la Carme Bladé, en Jaume Fons perquè em van fer molt agradables i divertides les visites a Barcelona, i quant m'acollien durant les estades em feien sentir com a casa.

Els tràmits administratius i l'abast al material del departament ha estat molt més fàcil gràcies a la Fina Talavera, la Sílvia Ivars i en Nicolás Giménez.

Per acabar vull donar les gràcies a ma mare Magda, les meues germanes: Merxe, Magda i Anna, i l'Aquil·les que amb el seu alè i el seu suport de tot tipus van fer possible el principi i el dia a dia de la tesi, però de manera especial encomanant-me la seua il·lusió en els moments més difícils, han fet possible la seua finalització. A més, l'Anna i l'Aquil·les no van poder resistir-se a la temptació de Prades i van ajudar-me en algunes campanyes de camp, i en moltes hores de laboratori.

A totes i a tots, les millors de les millors gràcies.

Aquest treball ha estat possible a l'ajut econòmic dels projectes "Anàlisis de la Respuesta de *Quercus ilex* L. a tratamientos de resalveo selectivo" i "Mejora de masas forestales", ambdós finançats per la Conselleria del Medi Ambient de la Generalitat Valenciana, que han estat desenvolupats pel Centre d'Estudis Ambientals del Mediterrani (CEAM) en col·laboració amb el Departament d'Ecologia de la Universitat d'Alacant i el Centre de Recerca Ecològica i Forestal (CREAF).



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante



Índex

Capítol I. Introducció general i objectius	1
I.1. L'aprofitament històric de l'alzinar de Poblet	3
I.2. Caracterització estructural dels alzinars mediterranis	7
I.3. L'estancament del bosc: les eines de gestió	8
I.4. L'interès de la gestió: l'aplicació d'aclarides selectives	10
I.5. Objectius	13
Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat de peus: disseny de l'experiment d'aclarida	15
II.1. Àrea d'estudi: l'alzinar del Mont Poblet (Serra de Prades)	16
II.1.1. El Mont Poblet	16
II.1.2. Caracterització de l'episodi de sequera	17
II.1.3. Els efectes de la sequera en la vegetació	20
II.2. L'aplicació d'aclarides: consideracions sobre els criteris, el moment i la tècnica utilitzada	22
II.2.1. La tècnica utilitzada en l'aclarida	22
II.2.2. El moment de l'aplicació de l'aclarida	23
II.2.3. L'edat del rodal i la freqüència d'aplicació de l'aclarida	23
II.3. Localització de les parcel·les i disseny de l'experiència d'aclarida	25
II.3.1. Localització de les parcel·les	25
II.3.2. Criteri d'eliminació dels peus de les soques	25
II.4. Caracterització de l'estructura de l'alzinar després de l'aplicació de cadascuna de les intensitats d'aclarida: l'inventari de 1992	28
II.4.1. Canvis en la densitat, en la distribució de diàmetres i en l'àrea basal de l'alzinar	28
II.4.2. Estimació de la biomassa i de l'índex foliar a cadascuna de les intensitats d'aclarida: al·lometries de 1992	31
II.5. Efecte de l'aclarida sobre les condicions ambientals i nutricionals del bosc	33
II.5.1. Canvis en el microclima del bosc	33
II.5.2. Efecte de l'aclarida en l'aport de biomassa al sòl: la disponibilitat de nutrients	35
II.5.3. Efecte de la intensitat d'aclarida sobre la disponibilitat de radiació a l'interior del bosc	41
Capítol III. Efecte de la intensitat d'aclarida en el creixement diametral dels peus remanents	45
III.1. Introducció	46
III.2. Material i mètodes	47
III.2.1. Creixement diametral dels peus remanents: inventari maig 1997	47
III.2.2. Tractament estadístic	48
III.3. Resultats i discussió	49
III.3.1. Creixement dels peus en l'alzinar control: comparació amb altres alzinars	49
III.3.2. Efecte de la sequera sobre el creixement en diàmetre del tronc	51
III.3.3. El creixement a nivell individual: increment absolut del	54

tronc	
III.3.4. Efecte de l'àrea basal remanent del rodal i de la grandària inicial del peu remanent	57
III.3.5. Evolució en el temps del creixement mitjà del tronc dels peus remanents	61
III.3.6. Creixement relatiu en diàmetre dels peus remanents	64
III.4. Conclusions	65
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents de <i>Quercus ilex</i>: conseqüències en la recuperació de l'índex foliar	69
IV.1. Introducció	70
IV.2. Metodologia	72
IV.2.1. Marcatge i seguiment de les fulles	72
IV.2.2. Superfície de les fulles	73
IV.2.3. Obtenció de les dades de transmissivitat de la llum	74
IV.2.4. Estimació de l'índex foliar a partir dels valors de transmissivitat de la llum i la utilització del programa <i>CANOPY</i>	75
IV.2.5. Tractament estadístic	76
IV.3. Resultats i discussió	78
IV.3.1. La grandària de les fulles: efecte de la intensitat d'aclarida	78
IV.3.2. La grandària de les fulles: efecte de l'episodi de sequera	79
IV.3.3. Les corbes de supervivència de les cohorts de fulles: el cicle de caiguda	82
IV.3.4. La longevitat de les cohorts de fulles	87
IV.3.5. La dinàmica foliar de les capçades l'any següent a l'aplicació de les aclarides (juliol 92-juliol 93): balanç entre la mortalitat i la producció de fulles	94
IV.3.6. Estimació de l'evolució de l'índex foliar mitjançant un model demogràfic	101
IV.3.7. L'inici de la sequera (juliol 93-juliol 94): conseqüències sobre la dinàmica foliar de les capçades	104
IV.3.8. La continuació de la sequera (juliol 94-juliol 95): conseqüències sobre la dinàmica foliar de les capçades	106
IV.3.9. La continuació de la sequera (juliol 95-juliol 96): conseqüències sobre la dinàmica foliar de les capçades	109
IV.3.10. Estimació de l'índex foliar a partir d'un model demogràfic, incorporant any a any la mortalitat i la producció de fulles des de 1992 a 1996	122
IV.3.11. Estimació de l'índex foliar de les capçades a partir de les dades de transmissivitat de la llum	124
IV.4. Conclusions	127
Capítol V. La capacitat rebrotadora de 4 espècies: efecte de la intensitat d'aclarida en la densitat i el creixement dels rebrots, conseqüències en la recuperació de l'estructura aèria de la soca	131
V.1. Introducció	132
V.2. Material i mètodes	135
V.2.1. L'inventari dels rebrots	135
V.2.2. Estimació de la biomassa dels rebrots de <i>Quercus ilex</i> , <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Viburnum tinus</i> i <i>Arbutus unedo</i>	136
V.2.3. Evolució temporal del creixement (diàmetre i alçada) dels rebrots de <i>Quercus ilex</i>	137

V.2.4. Tractament estadístic	137
V.3. Resultats i discussió	138
V.3.1. Creixement dels rebrots de <i>Quercus ilex</i> a nivell individual	138
V.3.1.1. Evolució temporal del diàmetre mitjà i de l'alçada dels rebrots de <i>Quercus ilex</i>	138
V.3.1.2. Creixement absolut dels rebrots de <i>Quercus ilex</i> a nivell individual	141
V.3.1.3. Comparació entre el creixement relatiu en diàmetre dels peus remanents i dels rebrots de <i>Quercus ilex</i>	142
V.3.2. La capacitat rebrotadora de les soques de <i>Quercus ilex</i> , <i>Phillyrea latifolia</i> , <i>Viburnum tinus</i> i <i>Arbutus unedo</i> : l'aportació dels rebrots a l'estructura de les soques	143
V.3.2.1. Densitat i grandària de les soques de les 4 espècies analitzades	143
V.3.2.2. Percentatge de soques que van rebrotar	146
V.3.2.3. Distribució de les poblacions de rebrots en classes diamètriques	147
V.3.2.4. Caracterització estructural dels rebrots	150
V.3.2.5. Caracterització del rebrots tipus: diàmetre, biomassa total i àrea foliar	152
V.3.2.6. La densitat de rebrots nous per soca	156
V.3.3. Relacions entre la producció de rebrots i les característiques de la soca i l'àrea basal extreta	159
V.3.3.1. Abundància de rebrots	159
V.3.3.2. L'estructura de les soques: àrea basal, biomassa total i àrea foliar de rebrots	162
V.3.4. Les característiques de les soques	168
V.3.4.1. L'àrea basal, la biomassa total i l'àrea foliar de rebrots	168
V.3.4.2. La biomassa funcional i no funcional dels rebrots	176
V.3.4.3. Estructura aèria de la soca: recuperació de l'àrea basal extreta	178
V.3.5. Distribució de l'estructura aèria de les soques de <i>Quercus ilex</i> 5 anys després de l'aclarida	183
V.4. Conclusions	184
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots de <i>Quercus ilex</i>: l'aportació dels rebrots a la recuperació de l'índex foliar de l'alzinar	189
VI.1. Introducció	190
VI.2. Metodologia	191
VI.2.1. Marcatge i seguiment de les fulles	191
VI.2.2. Superfície de les fulles	192
VI.2.3. Obtenció de les dades de transmissivitat de la llum dels rebrots	192
VI.2.4. Estimació de l'índex foliar dels rebrots a partir de la transmissivitat de la llum i la utilització del programa <i>CANOPY</i>	193
VI.2.5. Tractament estadístic	193
VI.3. Resultats i discussió	194
VI.3.1. La grandària de les fulles dels rebrots: efecte de la intensitat d'aclarida, de l'episodi de sequera i del nivell de capçada	194
VI.3.2. Les corbes de supervivència de les cohorts de fulles dels	202

rebrot: el cicle de caiguda	
VI.3.3. La longevitat de les fulles dels rebrot: efecte de la intensitat d'aclarida	203
VI.3.4. La longevitat de les fulles: efecte del nivell de capçada	205
VI.3.5. La dinàmica foliar dels rebrot l'any següent a l'aplicació de les aclarides (juliol 92-juliol 93): balanç entre la mortalitat i la producció de fulles	207
VI.3.6. L'inici de la sequera (juliol 93- juliol 94): conseqüències sobre la dinàmica foliar dels rebrot	211
VI.3.7. La continuació de la sequera (juliol 94- juliol 95): conseqüències sobre la dinàmica foliar dels rebrot	213
VI.3.8. La continuació de la sequera (juliol 95- juliol 96): conseqüències sobre la dinàmica foliar dels rebrot	215
VI.3.9. Efecte de l'estrat de l'alzinar sobre la dinàmica foliar	219
VI.3.10. Estimació de l'índex foliar dels rebrot: l'aportació de cadascuna de les espècies de l'alzinar	226
VI.3.11. Estimació de l'índex foliar total de l'alzinar: l'aportació de les capçades dels peus remanents i dels rebrot	228
VI.4. Conclusions	232
Capítol VII. Efecte de la intensitat d'aclarida en l'estructura de l'alzinar: balanç entre els peus remanents i els nous rebrot	255
VII.1. Introducció	238
VII.2. Material i mètodes	239
VII.2.1. Extrapolació a nivell de rodal del creixement individual dels peus remanents i dels rebrot	239
VII.2.2. Tractament estadístic	239
VII.3. Resultats i discussió	240
VII.3.1. Efecte de la intensitat d'aclarida en l'increment de l'àrea basal total (peus remanents i rebrot) a nivell de rodal	240
VII.3.2. L'estructura del rodal 5 anys després de l'aclarida: distribució de l'àrea basal entre els estrats i les espècies	248
VII.4. Conclusions	251
VIII. Conclusions generals	255
IX. Bibliografia	261

Capítol I: Introducció i objectius



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol I

Introducció general i objectius

Capítol I: Introducció i objectius

Capítol I. Introducció general i objectius

Segons Terradas (1999) les raons més importants de l'estudi dels alzinars són dos, d'una banda es tracta de la vegetació dominant en la zona de transició entre els boscos temperats, generalment dominats per arbres caducifolis, i les màquies, anunciadores de les regions tropicals. En segon lloc la seua distribució es dóna en àrees amb densitats de població molt elevades, de turisme massiu, i en ocasions amb activitat industrial intensa. Segons això, és raonable esperar que aquestes zones mostren una resposta molt sensible als processos de canvi global. En general aquests processos poden alterar els recursos (aigua, nutrients etc.) necessaris per al desenvolupament de la vegetació. En particular, al mediterrani el canvi climàtic podria provocar una disminució dels recursos hídrics per baix dels mínims del bosc (Piñol *et al.* 1995). En aquestes circumstàncies, una de les conseqüències amb més probabilitat d'ocórrer són les sequeres. Els períodes de sequera poden provocar danys devastadors, tant pels seus efectes directes (Lloret i Siscart, 1995; Montoya i López, 1998) com pels indirectes com són els incendis forestals.

Davant la idea de que els canvis en els sistemes naturals es produeixen de manera gradual, cada vegada existeixen més evidències de la importància de certs fenòmens episòdics que adquireixen importància a llarg termini (Diamond i Case, 1986 en Lloret i Siscart, 1995). En alguns casos de canvis extrems la pròpia estratègia de l'espècie (vasos d'una grandària tal que dificulten la cavitació, arrels profundes per aconseguir aigua, una soca ben desenvolupada on s'emmagatzema carbohidrats i nutrients) pot ser insuficient. En ocasions, la combinació de diversos fenòmens com la sequera, els patògens i una elevada densitat d'arbres produeix una mortalitat generalitzada d'arbres que pot afectar rodals d'una extensió considerable (Sherman i Warren 1988).

Capítol I: Introducció i objectius

De manera general, els boscos han passat d'ésser els subministradors històrics de combustible (carbó, fusta..) a un procés d'abandonament, absent de gestió, que en molts casos ha derivat cap a un escenari que només és apte per als partidaris de la intocabilitat (Boada, 1999). Per tant, la gestió dels boscos requereix d'uns criteris sensibles a les diverses problemàtiques ambientals (incendis, sequeres, canvi global, aprofitament agrícola, urbanització...) que per diversos motius són en l'actualitat causa de deteriorament i destrucció dels boscos.

I.1. L'aprofitament històric de l'alzinar de Poblet: l'obtenció de carbó vegetal

L'explotació econòmica del bosc i de la muntanya s'ha contemplat sempre en la investigació científica com un aspecte molt marginal de l'activitat humana, però existeix tot un món d'aprofitament econòmic, diferent de l'agrícola, que ha tingut històricament la seua importància (Gregori *et al.*, 1985). Entre els recursos que hom extreia dels boscos figurava el carbó vegetal, indispensable per a diversos processos industrials i artesanals, ja que el carbó mineral no era usat encara o almenys no en tenim notícia (Ferrer, 1990). La fabricació de carbó exigia una gran quantitat de fusta i per aquest motiu, constituïa un perill molt important per a la conservació dels boscos, especialment quan el procediment utilitzat era el de forns oberts, d'obra i permanents que incidien de manera continuada en un mateix espai (Ferrer, 1990).

La riquesa del bosc portà als pobles veïns del terme del Monestir de Poblet a introduir-se en aquell tresor natural que els monjos de Poblet miraven de conservar. Ja al llarg del segle XIII apareixen els primers documents que donen notícies d'intromissions (Felip, 1988). Per aquest motiu a mitjans del segle XIV les viles més importants limítrofes a la Serra de Prades, tots els municipis deien tenir drets sobre el bosc de Poblet, tenien firmades concòrdies

Capítol I: Introducció i objectius

amb Poblet, per raó dels drets sobre el bosc del Monestir (Grau i Puig, 1990). L'increment de població i la necessitat d'assegurar fusta i carbó per als veïns de cada municipi aconsellà a moltes poblacions d'habilitar en alguna partida del terme un territori on tots els veïns poguessen gaudir del subministrament per a l'ús domèstic, creant les deveses o vedats. De fet, entre les fites que es descriuen, apareix la del Teclar, en l'actualitat és la Vall dels Torners, en la que gràcies a la concòrdia signada amb Montblanc els seus veïns podien traure llenya d'aquesta vall (Felip, 1988). Malgrat aquesta fórmula de concòrdia entre el Monestir i les viles, els plets són freqüents i ja es registren excessos en aquest període (Ferrer, 1990).

D'acord amb Felip (1988) el declivi demogràfic que patiren aquestes contrades féu que els problemes del bosc no tornessin a aparèixer fins al segle XVIII, a excepció d'algunes qüestions a la fi del segle XVII.

Tal i com suggereixen diversos autors, el fort creixement demogràfic de les tres poblacions més properes al Monestir de Poblet: Montblanc, l'Espluga de Francolí i Vimbodí al segle XVIII, alhora que el creixement de la seua activitat econòmica, va comportar sens dubte un increment molt gran del consum de fusta, llenya i carbó. Aquest fet va provocar una forta pressió sobre el bosc, de manera que els excessos durant aquesta època es mantenien, i fins i tot eren més intensos que en episodis passats. Malgrat totes les reglamentacions imposades i tots els abusos comesos, el pitjor encara havia d'arribar a partir de mitjans segle XVIII, i més encara a l'últim quart del segle XVIII, quan el bosc va patir la màxima pressió. L'excessiva tala del bosc, que d'altra banda rebia una atenció nul·la, i el fort augment de la terra conreada, van reduir greument la seua superfície.

Les visites fetes al bosc per visitadors de boscos de Tarragona i altres perits reconegueren en molt mal estat al bosc de Poblet. Aquesta inspecció va donar

Capítol I: Introducció i objectius

com a fruit l'ordenació d'un reglament forestal *Real Ordenanzas de Montes*, dictat per la Marina, Montes y Plantíos de la Provincia de Tarragona (Felip, 1988). Una vegada més, l'objectiu era el control i reglamentació de les activitats forestals, amb prohibicions més estrictes que només permetien l'aprofitament de la vegetació morta. Però, la novetat del reglament consistia en el seguiment de les zones 5 anys després per tal d'avaluar la previsible recuperació.

L'aparició d'una reglamentació forestal per tal de controlar totes les malifetes i fer un seguiment en el temps, suggereix fins a quin punt el Bosc de Poblet era un exponent de l'explotació i de la dependència que d'ell tenien els pobladors. De fet, a finals del segle XVIII les rompudes arribaven fins al cor de la muntanya, a la partida del Titllar (Ferrer, 1990). Això indica fins a quin punt el bosc començava a notar l'acció de l'home.

La lluita del bosc també va ésser constant durant el segle XIX. De fet, amb la desamortització de Mendizábal els veïns de les viles seguien amb les tales del bosc. Segons Bosch (1996) l'estat molt malmès dels bosc a mitjans segle XIX, fa pensar en una situació propícia per a la dispersió d'espècies com el pi roig (*Pinus sylvestris*). Les dades de consum aportades per Grau i Puig (1990), posen de manifest la forta explotació que patia el bosc. L'any 1871 el diari *El Tarraconense* destaca que el bosc de Poblet esta patint una destrucció deplorable sense que es prengué cap mesura (Martínez, 1996).

A principi del segle XX es crea el Servicio Hidrológico-Forestal, que s'encarregarà de realitzar treballs de repoblació i manteniment en el bosc, amb un balanç positiu de les tasques efectuades fins al 1929. En 1936 esclata la Guerra Civil Espanyola, sembla assenyat pensar que totes les tasques realitzades en el bosc fins als anys 30 es paralitzen. Amb la finalització de la guerra no es recupera la tasca protectora i conservacionista del bosc portada a

Capítol I: Introducció i objectius

terme per l'Estat Espanyol, res més lluny, ja que un altre episodi d'explotació del bosc es troba a la postguerra civil espanyola. El carbó vegetal va ésser la font d'energia fonamental en la postguerra, i va suposar una important i extensa activitat. Atesa la insuficiència i poca qualitat del carbó mineral de la zona, la utilització del carbó vegetal es va generalitzar de manera absoluta, de manera que les necessitats energètiques s'anaven cobrint a costa del bosc, que va anar desapareixent com a conseqüència de la forta explotació.

Així, la producció de 20000 kg de carbó consumien 90000 kg de fusta. D'acord amb les dades de biomassa del bosc actual (capítol II), aquesta quantitat de fusta suposa pràcticament 1 ha de bosc. Si una llar consumia entre els anys 40 i 50 uns 548 kg de carbó a l'any (Soriano, 1996), 1 ha de bosc subministrava només 36 llars. Aquestes xifres suggereixen les grans extensions d'alzinar que es tallaven en la postguerra per a l'obtenció del carbó.

La disminució de l'activitat carbonera va començar a partir dels anys 50 amb l'arribada dels primers *fornets de petroli*, a partir d'aleshores i com a conseqüència de la proliferació i fàcil obtenció i utilització de derivats del petroli, la feuada que suposava l'elaboració del carbó no es veu recompensada. Les cuines de foguer de carbó, van deixar pas a les de gas, i l'activitat va començar a recular fins pràcticament la seua extinció (Soriano, 1996).

Des d'aleshores l'esforç mantingut durant molts anys per part de l'administració en la conservació i vigilància del bosc ha fet possible l'estat actual del bosc, a excepció de petites concessions històriques a les viles de Montblanc i Vimbodí. De fet, les àrees forestades de les Muntanyes de Prades i serres veïnes tenen avui les particularitats de constituir una veritable illa de vegetació mediterrània relativament salvatge enmig d'un paisatge humanitzat, fonamentalment agrícola, i d'haver estat lliure de perturbacions importants durant les darreres

Capítol I: Introducció i objectius

dècades (Bosch, 1996). L'any 1984 és declarat una part de la vall del Monestir de Poblet Paratge Natural d'Interès Nacional.

De fet, les tradicionals activitats productives del bosc tendeixen ara a ser substituïdes per noves activitats relacionades amb l'esbarjo i l'oci, associades a noves tendències socials lligades al turisme rural i l'ecoturisme.

I.2. Caracterització estructural dels alzinars mediterranis

Malgrat que la superfície de bosc dominada per alzinars a la conca mediterrània és menuda, en concret a Catalunya al voltant de 177.770 hectàrees ho són, tan sols un 15.7 % del territori forestal (Gracia, 2000) la seua estructura pot ser molt diversa com a conseqüència dels gradients ambientals (David *et al.*, 1979; Barbero, 1988; Romane *et al.*, 1988; Floret *et al.*, 1989 en Ibáñez *et al.*, 1999), a causa de les particularitats topogràfiques de cada zona i segons les diferències d'ús al llarg de la història (Barbero *et al.*, 1992).

Ibáñez *et al.* (1999) en el seu treball comparen l'estructura de diversos alzinars de Catalunya estudiats per: Lledó (1992), a dues de les conques experimentals de Prades (l'Avic i la Teula); Mayor *et al.* (1994), al vessant sud del Barranc dels Torners; Ferrés *et al.* (1984) i Mayor (1990); en el Torrent de la Mina al Montseny, i d'altres països de la conca mediterrània. Aquest treball mostra clarament com l'estructura d'uns i altres pot arribar a mostrar grans diferències malgrat trobar-se molt a prop (*e.g.* en rodals tan propers entre ells com els estudiats a les conques de l'Avic-Teula i el vessant sud del barranc dels Torners, la densitat total de peus estimada en l'un i l'altre rodal va ésser de 9178 i 18495 peus·ha⁻¹, respectivament).

Això suggereix, malgrat que l'estratègia de perpetuació de l'alzina, (*i.e.* es reproduïx bé de manera vegetativa mitjançant la producció de rebrots, bé per

Capítol I: Introducció i objectius

llavor) pot afavorir ja des de l'origen estructures molt diferents, que l'ús o gestió que s'ha fet a l'alzinar en qüestió és un factor essencial a l'hora de interpretar la seua estructura (Ibàñez *et al.*, 1999). De manera que la gestió que històricament s'ha aplicat a un rodal (aclarides selectives, tallada arreu) deixa una empremta en la seua estructura actual.

Ara bé, tot i l'heterogeneïtat destacada entre els diversos rodals fins i tot d'un mateix bosc, cal destacar que en general es tracten d'alzinars d'una densitat molt elevada. Com a conseqüència mostren una estructura aèria que ve caracteritzada perquè cada soca presenta molts peus amb un diàmetre mitjà petit, una biomassa moderada i una producció primària neta baixa, que condueixen a l'alzinar cap a un estat d'estancament.

1.3. L'estancament del bosc: necessitat de les eines de gestió

En un alzinar de densitat molt elevada, com és el de Prades, el nombre excessiu de peus condueix a una dinàmica en la que l'elevada competència pels recursos provoca un creixement molt lent dels peus. Això, associat a l'elevada plasticitat de l'alzina (*i.e.* una taxa de mortalitat molt baixa malgrat les condicions severes de competència) pot comportar l'estancament del rodal. Entre els efectes directes del procés d'estancament sobre la dinàmica i estructura del bosc es poden enumerar la limitació de la capacitat de creixement i la impossibilitat de desenvolupar una estructura de port arbori, però a més poden afegir-se'n d'altres no tan evidents com la pèrdua de vitalitat del bosc com a conseqüència de l'envelliment de la població. Tot plegat pot conduir a un bosc més predisposat a patir els efectes de perturbacions naturals com les sequeres i els focs, així com a la reducció de la capacitat de resposta davant episodis d'aquest tipus.

Capítol I: Introducció i objectius

En aquestes circumstàncies la gestió del bosc pot esdevenir una solució útil. Com es soluciona el problema de l'estancament del bosc? Malgrat que inicialment el foc i la tallada arreu poden resoldre el problema, aquestes tècniques condueixen a llarg termini al mateix problema d'estancament. Quan es prioritza el valor econòmic del bosc això és, l'obtenció de fusta i carbó, el mètode més senzill i efectiu consistia en realitzar tallades arreu. Ara bé, quan l'objectiu és augmentar el valor del rodal existeixen altres tipus de pràctiques com les aclarides selectives (Ducrey, 1988).

Amb l'aplicació d'una aclarida augmenta la disponibilitat relativa de recursos per als peus remanents en un intent d'estimular i afavorir el creixement dels peus dominants o més grans. Amb aquesta mesura es solucionen, com a mínim inicialment, els problemes de creixement i d'estructura, així com d'altres relacionats amb evitar una sequera i les seues conseqüències, com per exemple els focs. La gestió de l'alzinar mitjançant l'aclarida selectiva pot resoldre l'estancament, reconduint la capacitat del rodal cap a uns pocs peus seleccionats. Els efectes de l'aclarida en l'estructura, productivitat i creixement del bosc han estat ben analitzats en boscos amb interès econòmic. Entre els objectius que es plantegen amb l'aplicació d'una aclarida selectiva, destaca de manera especial la conversió d'un bosc amb una estructura arbustiva o *monte bajo* (i.e. molts peus per soca, amb un diàmetre mitjà molt petit), cap a un bosc amb un port arbori, és a dir un o dos peus per soca. Des del punt de vista de la gestió i la conservació, aquest tipus de pràctiques es poden convertir en eines fonamentals per tal de reduir l'impacte d'una sequera o la propagació d'un foc i afavorir la major assimilació de carboni per part del bosc. De fet, les aclarides selectives aplicades a altres alzinars, com les que es van aplicar a la zona del Montseny durant els anys setanta, demostren com es pot fer compatible l'aprofitament econòmic del bosc i la seua conservació (Mayor 1994; Mayor i Rodà 1993; Retana *et al.*, 1992).

Capítol I: Introducció i objectius

A més, si considerem altres criteris de valoració (turístics, estètics, ...) els beneficis de l'aplicació d'aclarides poden ampliar-se més enllà dels purament ecològics. En altres llocs de la conca Mediterrània el desenvolupament turístic de la regió passa en gran mesura per un augment de la protecció, del valor estètic i hidrològic dels boscos costers. (Tsitsoni i Zagas, 1992; Hatzistathis i Ispikoudis, 1995). Aconseguir el canvi o la projecció cap a boscos amb una estructura arbòria passa per l'aplicació de tractaments silviculturals apropiats. Segons Hatzistathis *et al.* (1996) els avantatges que aporten les aclarides poden ser molt diverses, i) increment de la diversitat i conseqüentment una estabilitat ecològica, ii) pel manteniment d'una coberta forestal constant, l'exposició del sòl es redueix i la protecció davant processos d'erosió augmenta, iii) millor regulació de la quantitat i qualitat d'aports d'aigua, iv) estèticament resulta més atractiu i pot aportar beneficis a nivell del bosc, de la regió i dels seus habitants.

Ara bé, es disposa d'informació suficient per tal d'aportar criteris de gestió que garantisquen la consecució dels objectius plantejats, no només a curt termini, sinó també amb una projecció de futur?

1.4. L'interès de la gestió i en particular de l'aplicació d'aclarides selectives

El començament del domini, a la fi del període SubAtlàntic (2000 abans present), dels boscos d'alzina (*Quercus ilex*) sobre els de *Quercus humilis* a la conca mediterrània, tant a la part oriental com occidental, sembla estar associat a l'augment de la activitat humana, fruit de l'agricultura desenvolupada en l'època Gal·lo-Romana (Terradas, 1999). De manera que, probablement, els alzinars van ésser afavorits per la humanitat en temps històrics. Per contra, no hi ha dubtes de que els factors històrics relacionats amb l'explotació que han fet els humans són una de les claus que determinen

Capítol I: Introducció i objectius

la distribució espacial i l'estructura actual dels alzinars. D'acord amb això, les característiques estructurals dels alzinars en tota la conca mediterrània depenen de la relació establerta entre l'alzinar i la humanitat al llarg de la història, però d'altra banda, la disponibilitat de recursos en aquests ecosistemes també juga un paper decisiu (Retana *et al.*, 1999).

Tot això reflecteix com, en un sentit o en altre, els humans han desenvolupat un paper més o menys decisiu en la distribució i el desenvolupament dels alzinars, i en definitiva mostra la vinculació tan estreta que ha existit entre la història i l'ecologia, en un intent d'explicar el present dels ecosistemes en general, i de l'alzinar en particular, mitjançant el passat històric. Aquesta vinculació entre l'home i l'alzinar ha canviat dràsticament amb el pas del temps, així la visió de l'alzinar com a font de recursos (fusta, carbó vegetal...), i en conseqüència el paper de l'home com explotador, s'ha transformat en un compromís vers la conservació i protecció de l'entorn.

Sens dubte, la recerca del funcionament de l'alzinar és un pas previ inevitable per tal d'afrontar amb garanties la seua conservació. Relacionat amb això, l'assoliment de la recerca bàsica a l'alzinar de Prades iniciada als anys 80 va aportar un marc de referència excepcional gràcies al treball realitzat en aspectes tant diversos com la producció de l'alzinar, les relacions hídriques de l'alzina, l'eficiència en l'ús dels nutrients i balanços d'aigua i nutrients a nivell de conca (Clemente, 1983; Escarré *et al.* 1987, Lledó 1990; Bellot, 1989, Piñol, 1990; Sala, 1992). Una vegada establerts els fonaments de l'alzinar, es va iniciar una línia de treball centrada en la recerca experimental. Les experiències de manipulació de l'alzinar, fertilització i irrigació de l'alzinar van esbrinar quins eren els factors que limitaven la producció de l'alzinar, així com la seua resposta a un increment de la disponibilitat d'aquests (Sabaté 1993; Mayor 1994; Diego *et al.*, 1996). Així doncs, van aparèixer tot un seguit d'experiències controlades per veure els efectes de la tallada arreu i del foc

Capítol I: Introducció i objectius

sobre la capacitat de resposta de l'alzinar mediterrani (Sabaté, 1993; Serrasolsas, 1994). Per tant, la informació obtinguda fruit d'aquestes experiències serviria per establir mesures de gestió amb posterioritat a la pertorbació.

Ara bé, quins serien els criteris per tal de conduir de manera encertada la gestió preventiva de l'alzinar? En un alzinar de densitat elevada, com és el de Prades, la gestió preventiva pot, entre altres aspectes, reduir el risc de propagacions de focs, disminuir l'afecció de la vegetació durant un episodi de sequera sever, o pels efectes d'una plaga, i alhora dirigir l'estructura del bosc cap a un estat més madur.

Segons Mesón i Montoya (1993), amb les aclarides l'home s'avança a aquests efectes, de manera que l'extracció o eliminació pot, en un futur, prevenir possibles danys al bosc. A més, amb la selecció dels millors peus es millora l'estructura, i conseqüentment es dirigeix el bosc cap a una estructura més madura. Així, una possible via per tal de gestionar aquests alzinars amb una densitat molt elevada, és l'aplicació d'aclarides selectives.

De fet, amb anterioritat a aquest treball, hi ha diversos estudis en els que l'aplicació d'aclarides selectives han propiciat la conversió de l'alzinar cap a un port arbori (Ducrey i Toth, 1992; Mayor i Rodà, 1993; Retana *et al.*, 1992). Malgrat la important aportació d'aquests treballs, ara per ara, hi ha poca informació per decidir quins són els criteris més adients (selecció de peus, intensitat d'aclarida...) i quines són les seues conseqüències no només en el creixement individual del tronc dels peus remanents, sinó també en l'aparició i desenvolupament dels rebrots, la dinàmica i la recuperació de les capçades, així com l'aparició de canvis tant en l'estructura a nivell d'individu (soca), com a nivell de rodal.

Capítol I: Introducció i objectius

I.5. Objectius del present treball:

1. Determinar els efectes immediats de les diverses intensitats d'aclarida sobre l'estructura de l'alzinar, així com descriure els canvis en la disponibilitat de recursos i factors, que apareixen en l'alzinar fruit de l'aplicació de les pràctiques silvícoles (capítol II).
2. Determinar els efectes que a mitjà termini (5 anys després) té la intensitat d'aclarida sobre el creixement dels peus remanents, i per tant sobre la transformació de l'alzinar cap a un port arbori, així com avaluar les conseqüències de l'episodi de sequera que va afectar la zona d'estudi a partir de la primavera de 1994 (capítol III).
3. Analitzar de quina manera la dinàmica foliar de les capçades es veu modificada per la intensitat d'aclarida, en un intent d'avaluar les possibles interrelacions entre l'estructura i el funcionament de l'alzinar. Atenent als previsibles canvis que es donen en la dinàmica i l'estructura de les fulles, determinar la recuperació de l'índex foliar de les capçades en cadascuna de les intensitats d'aclarida (capítol IV).

Determinar de quina manera les possibles interaccions entre la intensitat d'aclarida i l'episodi de sequera afecten el funcionament i l'estructura de les capçades. Així com avaluar el tractament d'aclarida com una eina útil per amortiguar els efectes dels episodis de sequera, i evitar el procés de decadència de l'alzinar (capítol IV).

4. Determinar els efectes de la intensitat d'aclarida sobre l'aparició i el creixement dels rebrots mitjançant l'anàlisi de la capacitat rebrotadora de les 4 espècies estructuralment més importants de l'alzinar (*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*). Així, es pretén analitzar

Capítol I: Introducció i objectius

la importància dels rebrots en la recuperació de l'estructura aèria de les soques aclarides (capítol V).

D'altra banda, també es pretén determinar si alguna de les 4 espècies va traure avantatge, respecte de les altres, en la capacitat de recuperació de l'estructura després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (capítol V).

5. Analitzar l'efecte que té la intensitat d'aclarida i l'episodi de sequera sobre la dinàmica de les fulles dels nous rebrots, i comparar-la amb la de les fulles de les capçades, amb la finalitat de determinar la capacitat d'expansió i el paper que tenen ambdós estrats en l'ocupació dels espais alliberats pels peus eliminats (capítol VI).

Determinar l'aportació dels dos estrats (peus remanents i rebrots) a la recuperació de l'índex foliar de l'alzinar, i per tant provar l'eficàcia d'una o d'altra intensitat d'aclarida en la millora de l'estructura de l'alzinar (Capítol VI).

6. Integrar els resultats obtinguts a nivell de soca en els dos estrats (peus remanents i rebrots) i extrapolar els resultats a nivell de rodal, per tal de valorar la utilitat de les diverses intensitats en la transformació d'un bosc de rebrot (port arbustiu) cap a un bosc madur (port arbori) (Capítol VII).

D'acord amb això, avaluar la tècnica de l'aclarida selectiva com a una eina útil per tal de millorar l'estructura i funcionament dels alzinars d'elevada densitat i aportar una sèrie de recomanacions dirigides a l'aplicació de la gestió del bosc (Capítol VII).

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol II

**Els alzinars d'elevada densitat de peus: disseny de
l'experiment d'aclarida**

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat de peus: disseny de l'experiment d'aclarida

Per tal de donar solució a la problemàtica que ha quedat exposada a la introducció general es va dissenyar una experiència d'aclarida selectiva a l'alzinar del Mont Poblet (Serra de Prades).

II.1. Àrea d'estudi: l'alzinar del Mont Poblet (Serra de Prades, Tarragona)

II.1.1. El Mont Poblet

El Mont Poblet té una superfície total de 2300 ha i es troba emplaçat a la Serra de Prades (Serralada Prelitoral Catalana). El conjunt del mont es troba orientat cap al N.

Els sòls són segons la classificació americana Xerocept, i estan sobre esquistos del Paleozoic (Serrasolsas, 1994). És un sòl col·luvial poc profund (30-40 cm), encara que la fondària s'incrementa a mesura que ens desplaçem cap a les zones baixes, fins arribar als 150 cm a les valls (Piñol, 1990). És molt pedregós, de textura franco-llimosa i ben estructurat. El pH del sòl és lleugerament àcid amb uns valors que oscil·len entre 5.7 i 7.3, en funció de la fondària i del pendent (Hereter i Sánchez, 1999).

La vegetació és un alzinar muntanyenc (*Quercetum mediterraneo-montanum*) (Hereter i Sánchez, 1999), amb l'alzina *Quercus ilex* com a arbre dominant, acompanyat per alguns individus de *Quercus pyrenaica* i *Acer monspesulanus*. A l'estrat arbustiu, amb un port sovint arbori s'hi troba arboç (*Arbutus unedo*), marfull (*Viburnum tinus*), aladern fals (*Phillyrea latifolia*), bruc boal (*Erica arborea*), serbal (*Sorbus torminalis*) i ginebró (*Juniperus communis*). En un estrat subarbustiu apareix rusc (*Ruscus aculeatus*) i rogeta (*Rubia peregrina*),

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

mentre que entre les lianes es troba heura (*Hedera helix*), lligabosc (*Lonicera implexa*) i arítjol (*Smilax aspera*). A les clarianes del bosc, antigues carboneres, sendes i pedreres, la diversitat augmenta considerablement.

II.1.2. Caracterització climatològica del medi durant el període d'estudi: la sequera

El clima de la zona és mesomediterrani, amb estius secs i calorosos, primaveres i tardors fresques i plujoses, i hiverns suaus i prou secs. La precipitació mitjana anual a l'estació de Riudabella és de 647 mm i la temperatura mitjana anual és de 13.8 °C (dades del Servei Meteorològic de Catalunya, període 1957-1990) (Serrasolsas, 1994). La variabilitat de la precipitació anual oscil·la entre un mínim de 322 mm enregistrats al 1924 fins als 1537 mm de l'any 1969. Pel que fa al període d'estudi (1992-1996) l'elevada variabilitat és un factor més a considerar a l'hora de realitzar qualsevol interpretació. Un clar exemple d'aquesta variabilitat interanual són les diferències entre la precipitació anual dels anys 1995 i 1996, ja que en aquest últim la quantitat de d'aigua que va rebre el bosc va ser de quasi del doble (424.9 i 819.7 mm, respectivament). Ara bé, si cal destacar algun esdeveniment durant el període d'estudi, sens dubte la sequera patida en 1994, o que com a mínim va tenir la màxima manifestació durant aquest any, va tenir un paper determinant.

Malgrat que al 1994 es va registrar una precipitació anual abundant (605.1 mm), lleugerament inferior a la mitjana (647 mm), aquest descriptor (precipitació total) no té en compte com es distribueix el total de la precipitació al llarg de l'any, i per tant pot conduir a errors quan s'utilitza en la interpretació de l'estat i la dinàmica de la vegetació.

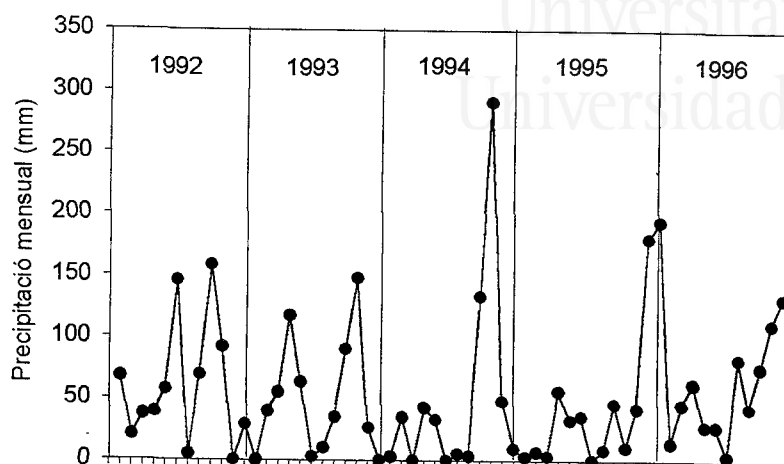
Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Figura 2.1 Registre de la precipitació mensual (mm) durant el període d'estudi (1992-1996) de l'estació meteorològica del Monestir de Poblet.

Mentre que amb el valor de la precipitació anual s'amaga la sequera, a la figura 2.1 es pot veure de quina manera es va distribuir la precipitació a l'any 1994, i com aquesta distribució sí aporta informació rellevant per a detectar el període de sequera. Sens dubte és molt significatiu que al setembre i l'octubre plugués el 70 % del registre anual, a més a més a l'octubre ho va fer de manera torrencial (en dos dies van caure 241 mm, d'acord amb les dades de l'estació meteorològica del Monestir de Poblet).

En la figura 2.2 es compara entre diferents intervals d'anys (1911-1991; 1992-1996 i 1994) el període de setembre a juny, ja que l'aigua que cau durant tot aquest interval de temps s'aprofitarà per a la brotada de la primavera següent, i el de febrer a agost per tractar-se del més dramàtic hídricament. Ambdós períodes van ser especialment baixos en l'any 1994, tot i que el darrer trimestre de l'any 1993 es van donar precipitacions normals, l'absència de pluja durant tota la primavera va conduir a una situació hídricament desfavorable per a la brotada.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Amb l'arribada dels mesos d'estiu en els que l'estrés s'accentua més encara com a conseqüència de les elevades temperatures i de l'augment dels nivells de radiació que venen acompanyades de precipitacions quasi nul·les, la situació va empitjorar. Tot i que l'any més sever va ésser el 1994, la sèrie pluviomètrica no va millorar durant l'any següent. Així durant 1995 la precipitació total va ésser 424.9 mm, i tan sols en el mes de desembre es van recollir prop de 200 mm, quasi la meitat del volum total.

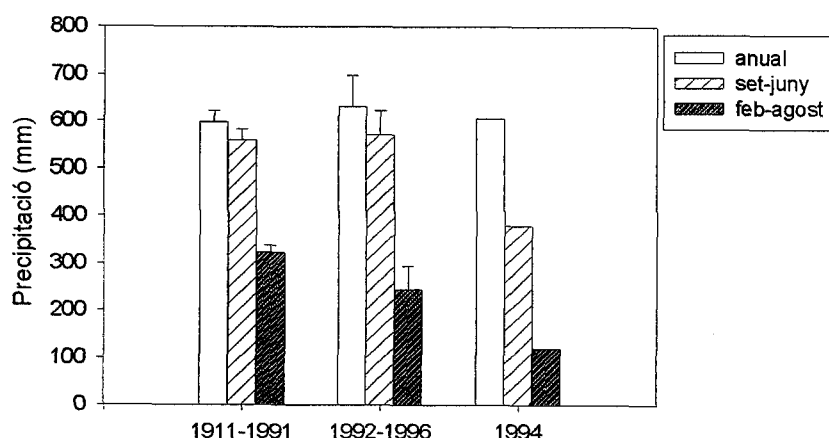


Figura 2.2 Comparació de la precipitació anual, la del període entre setembre i juny, i la del període febrer a setembre, entre diversos intervals d'anys que corresponen al registre històric, al temps de durada de l'experiència i a l'any més sec, segons el registre de l'estació meteorològica del Monestir de Poblet.

D'acord amb el registre de precipitació, és clar que el període d'estudi en què es va realitzar el seguiment de l'experiència (1992-1996) ha estat marcat climàticament per la sequera que va tenir el seu inici a la primavera de 1994. Tot i que aquest any va ésser l'any més sec, atenent a la distribució de les precipitacions, durant l'any 1995 la distribució de les precipitacions no va comportar una reducció de l'estrés hídric, de manera que les condicions de sequera es van prolongar més enllà de l'any 1994.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

II.1.3. Els efectes de la sequera en la vegetació

L'estrés hídric, que és una conseqüència directa de la sequera, pot afectar la productivitat del bosc, com a conseqüència de la pèrdua de turgència, reducció del guany de carboni i/o canvis en l'assignació del carboni entre la part subterrània i la part aèria (Teskey i Hinckley, 1986). A més, la pèrdua de turgència, mitjançant el seu efecte en l'expansió cel·lular es troba directament relacionada amb la disminució del creixement de l'arbre.

L'estrés hídric pot provocar una disminució del guany de carboni com a conseqüència d'una defoliació (caiguda accelerada) i pot provocar una reducció de la producció (Linder *et al.*, 1987) i/o a una reducció de la fotosíntesis neta (Maier i Teskey, 1992, en Vose i Swank, 1994). La reducció de fixació de carboni per les capçades pot resultar en una reducció de l'increment de biomassa o de l'increment en grandària de l'individu, bé en totes les seues fraccions, bé només en aquells teixits amb una prioritat baixa de rebre assimilats (Vose i Swank, 1994). Malgrat que els mecanismes que regulen l'assignació de carboni entre la part aèria i subterrània com a conseqüència d'una sequera no queden totalment aclarits, alguns estudis de camp indiquen una preferència cap a la part subterrània respecte de l'aèria (Comeau i Kimmins, 1989).

Ja s'han elaborat diversos estudis on es consideren des de diverses perspectives els efectes de la sequera patida l'any 1994 sobre les poblacions de *Quercus ilex* tant en aquesta zona (Martínez, 1997) com en altres àrees de Catalunya (Lloret i Siscart, 1995). Així mateix en l'inventari realitzat a l'estat espanyol sobre l'evolució de la defoliació, de manera general les observacions destaquen els danys que es poden apreciar a les zones mediterrànies com a conseqüència de la sequera de 1994, i que en alguns casos es segueixen detectant fins l'any 1996 (Montoya i López Arias, 1997).

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Molts rodals europeus de *Quercus ilex* han mostrat signes de decadència tot seguit d'anys amb un estrés climàtic molt marcat (Delatour, 1983). La sequera ha estat considerada de manera general com un dels factors que predisposen més l'aparició del procés de decadència (Bréda *et al.*, 1992). Malgrat que en alguns casos, les conseqüències de la sequera sobre l'estat de la vegetació (defoliació de les capçades, cavitació de les branques més perifèriques...), poden ésser reversibles, de manera que quan milloren les condicions hídriques, també millora l'estat de la vegetació, en d'altres la severitat o el sosteniment prolongat d'un període de sequera pot arribar a provocar un increment de la mortalitat d'arbres en rodals (Clinton *et al.*, 1989).

És possible que un augment de la recurrència dels episodis de sequera comporte un esgotament de les reserves, i conseqüentment una disminució de la capacitat de resposta de l'alzinar. Aquest fet, podria anar associat a la substitució de la comunitat per d'altra, o en qualsevol cas a una reducció de la presència de l'espècie. Donant suport a aquesta possibilitat, Martínez (1997) a la mateixa zona d'estudi va trobar que *Quercus ilex* mostrava una major vulnerabilitat a l'embolisme que *Phillyrea latifolia*, i aquest resultat concordava amb les majors mortalitats d'alzina per efecte de la sequera de 1994 a diversos indrets de Catalunya. Aquestes diferències poden provocar canvis en la presència i distribució de les espècies de l'alzinar amb conseqüències importants en un futur, de manera que espècies que estiguen més adaptades a l'estrés hídric, poden desplaçar a altres menys capacitades per sobreviure als efectes de la sequera.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

II.2. L'aplicació d'aclarides: consideracions sobre els criteris, el moment i la tècnica utilitzada

II.2.1. La tècnica utilitzada en l'aclarida

Pel que fa a l'efecte de la tècnica sobre la capacitat rebrotadora de *Quercus ilex* Ducrey i Turrel (1992), van trobar que la utilització bé de la serra mecànica, bé del destal no afectava significativament a la producció i desenvolupament dels rebrots (si el tall es fa sempre a una mateixa alçada). Per contra la tècnica del trencament de la soca produïa menys rebrots i de menor alçada i diàmetre que les dues tècniques anteriors. De fet, quan s'utilitzava aquest mètode, un dels objectius era disminuir el nombre de rebrots per soca i la competència entre ells (Regimbeau, 1879; Des Chesnes, 1892 en Ducrey i Turrel, 1992). Malgrat això, Ducrey i Turrel (1992) qüestionen la seua utilitat ja que van trobar que el trencament augmentava la mortalitat de la soca; tanmateix es fa impensable la utilització d'aquest mètode quan es vol aplicar a nivell de rodal. Tot i que l'efecte que pot tenir una i altra tècnica en la capacitat de rebrotar d'un individu pot ser molt divers segons la situació, de manera general l'efecte del mètode utilitzat és de poca consideració (Ferm i Kauppi, 1990). En aquesta experiència la tècnica emprada ha estat la serra mecànica. Aquesta opció és d'utilització quasi obligada quan el tractament s'ha d'aplicar bé a un nombre de soques elevat, bé a una superfície de bosc gran.

D'altra banda, alguns autors han trobat una correlació positiva entre l'alçada del tall i el nombre de rebrots (Crist *et al.*, 1983; Martínez i Martín, 1985) en pollancre i eucaliptus, respectivament. Aquesta relació no s'ha trobat en espècies de *Quercus*, ja que la immensa majoria dels rebrots apareixen en la base de la soca tallada. D'acord amb això, Ducrey i Turrel (1992) al seu estudi van concloure que l'alçada del tall afectava a la distribució de grandària dels rebrots per soca (més rebrots amb diàmetres petits), més que al nombre de

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

rebrotos per soca. En el cas de la nostra experiència l'alçada a la qual es van realitzar els talls dels peus de les quatre espècies va estar al voltant dels 10 cm per damunt del nivell de la soca.

II.2.2. El moment de l'aplicació de l'aclarida

Un altre aspecte a considerar per tal de caracteritzar les condicions de l'aclarida és el moment de l'any en el que es porta a terme. Ducrey i Turrel (1992), van demostrar en *Quercus ilex* que la data d'aplicació de l'aclarida afectava al nombre i al creixement dels nous rebrotos. Els seus resultats són comparables als obtinguts per altres autors (Bartet, 1980; Warnier, 1931; Wenger, 1953; Riedacker, 1973) que demostren que quan l'aclarida es porta a terme durant l'estació de creixement, apareixen pocs rebrotos per soca i amb un creixement molt pobre, mentre que si l'aclarida es realitza fora del període de creixement (sempre que no fos durant el període més dur de l'hivern quan les gelades paralitzaven l'activitat de les gemmes impedit l'aparició dels rebrotos) es donen els millors resultats de regeneració. Segons aquests autors, en concret el període més favorable per a la rebrotada i el seu desenvolupament és l'anterior al començament de l'estació de creixement (març a la seua experiència). En les parcel·les d'estudi l'aclarida es va realitzar durant l'hivern de 1992. En concret entre el període de mitjans gener a mitjans març totes les parcel·les estaven aclarides (Baeza, com. pers.).

II.2.3. L'edat del rodal i la freqüència d'aplicació de l'aclarida

L'edat del rodal és un altre aspecte a considerar quan es vol aplicar una aclarida. Ducrey i Toth (1992), quan analitzen l'efecte de l'aclarida en un alzinar de port baix de diferents edats (4, 8, 15, 20, 25, 43 i 57 anys) van trobar que a mesura que els rodals eren més vells, l'increment en diàmetre en condicions control era menor, però al mateix temps la resposta a l'aclarida major. Així quan es comparaven l'increment en diàmetre després d'una

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

aclarida prou intensa (eliminació del 78% de l'àrea basal) l'aclarida provocava un increment del 50% en rodals de 4 anys enfront un 268% en rodals de 57 anys. De fet, la freqüència de pertorbació que s'aplica a un individu, això és si rep tallades repetides, en general afecta molt a la capacitat dels peus pertorbats en la producció de rebrots (Ferm i Kauppi, 1990). Això, es relaciona amb la funció de reserva de carboni que té la rabassa. De fet, Arezki (1995) va trobar en les mateixes parcel·les d'estudi evidències d'aquest procés de buidat en les soques de *Quercus ilex* que havien estat aclarides, i proposa que el sistema radicular actua com una font de carboni i altres elements, que poden ésser immobilitzats per a la reconstrucció de la fracció aèria eliminada després de l'aclarida.

Tsiouvaras (1988), quan analitzava l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la producció de rebrots de *Quercus coccifera*, aplicant els tractaments de manera continuada durant 5 anys, va demostrar que aproximadament durant els dos primers anys a mesura que la intensitat d'aclarida augmentava també ho feia la producció de rebrots. Però, a partir del segon any la disminució en la producció de biomassa també era major a mesura que l'aclarida era més intensa, fins a l'extrem de produir la mort de la planta al quart any de l'aplicació d'una aclarida continuada del 100%. Malgrat que les quantitats de reserves de la soca en espècies mediterrànies són prou elevades com per a fer possible la rebrotada en ambients amb múltiples pertorbacions (Canadell, 1995), l'eliminació freqüent dels teixits fotosintètics, així com un buidat constant de les reserves del soca i de les arrels pot conduir a la pèrdua de vigor de la planta (Tsiouvaras, 1988).

D'acord amb això, no es tracta d'aplicar les aclarides de forma repetida, ja que d'aquesta manera reduïm la capacitat de resposta, sinó de trobar la combinació (intensitat d'aclarida) que siga capaç d'afavorir al màxim el creixement dels peus remanents amb un mínim de creixement dels rebrots. Si

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

s'apliquen aclarides repetides, a la fi allò que es pot provocar és un esgotament de les reserves de l'individu i el risc que es genera davant un foc o sequera pot conduir a una situació molt poc desitjable, on la resiliència que caracteritza als ecosistemes mediterranis quedaria pràcticament anul·lada. D'altra banda des del punt de vista econòmic el cost d'aplicar de manera repetida les aclarides, resulta pràcticament inviable, quan l'objectiu és aplicar-ho a una superfície gran. En el cas de l'alzinar de Prades, i fins a l'aplicació dels tractaments d'aclarida al 1992, no es té constància que haja patit cap tallada o foc des dels anys 50.

II.3. Localització de les parcel·les i disseny de l'experiència d'aclarida

II.3.1. Localització de les parcel·les

L'experiència de l'aclarida es va realitzar a l'alzinar del bosc Poblet localitzat en la Serra de Prades (Serralada Prelitoral Catalana). Els treballs es van dur a terme en un total de 12 parcel·les, localitzades totes en la part central del vessant nord del Barranc dels Torners, amb una orientació que varia des de NNW a NW, una altitud que oscil·la entre 750 i 900 m s.n.m. i un pendent que varia entre 30° i 40°. Les parcel·les són circulars, amb una superfície de 0.5 ha per a les aclarides i de 1963 m² per a les control

II.3.2. Criteri d'eliminació dels peus d'una soca

Per tal d'obtenir una variació considerable en l'estructura del bosc, es van triar 4 intensitats d'aclarida: control, aclarida mínima, intermèdia i màxima i es van fer tres rèpliques de cadascuna de les intensitats, de manera que en conjunt es tracta de 12 parcel·les (figura 2.3).

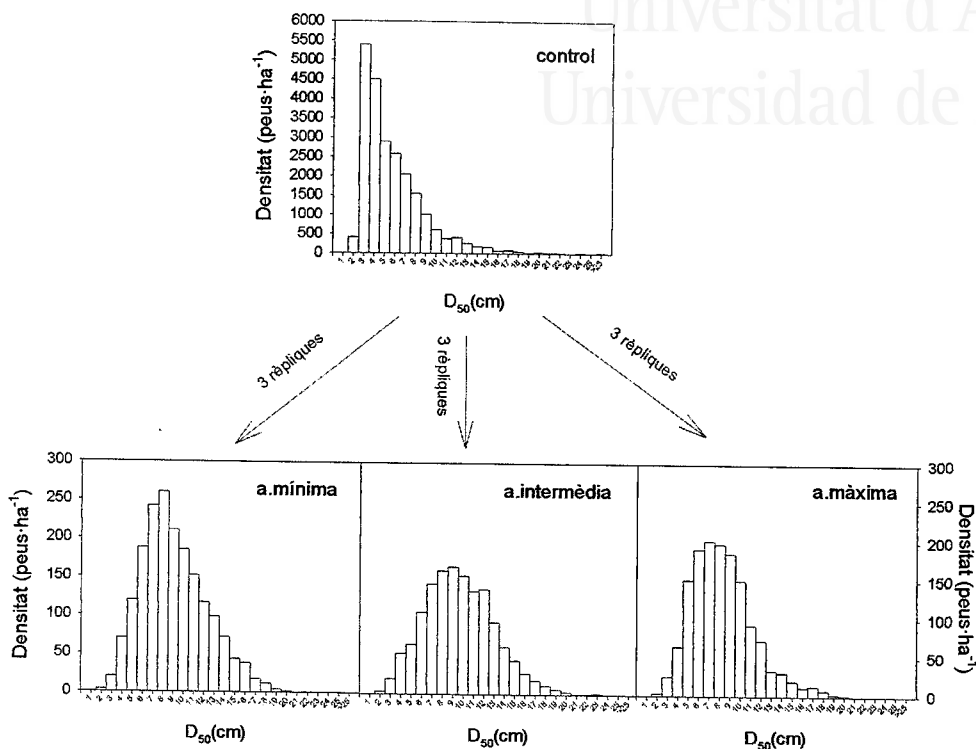
Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Figura 2.3 Esquema del disseny experimental aplicat en l'experiència de l'aclarida.

Atesa l'estructura inicial del bosc, per a l'obtenció dels valors desitjats d'intensitat d'aclarida (percentatge d'eliminació de l'àrea basal del bosc) era necessari l'assumpció dels següents criteris d'eliminació de peus per soca:

- Control: no eliminació.
- Aclarida mínima: eliminació de tots els peus de la soca excepte els dos amb diàmetres més grans; va comportar l'eliminació del 55% de l'àrea basal del bosc.
- Aclarida intermèdia: eliminació de tots els peus de la soca a excepció del més gran; va comportar l'eliminació del 71% de l'àrea basal del bosc.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

•Aclarida màxima: eliminació de tots els peus excepte el segon més gran de cadascuna de les soques; aquest criteri va comportar l'eliminació del 79% de l'àrea basal del bosc.

Aquest criteri es va aplicar a les soques d'espècies amb port clarament arbori: *Quercus ilex*, *Quercus pyrenaica* i *Acer monspesulanus*, mentre que a les soques de les altres espècies: *Arbutus unedo*, *Viburnum tinus*, *Phillyrea latifolia*, *Erica arborea* es van eliminar tots els peus.

Les previsions de creixement dels peus remanents en cadascuna de les intensitats d'aclarida es podrien resumir amb l'esquema que apareix en la figura 2.4.

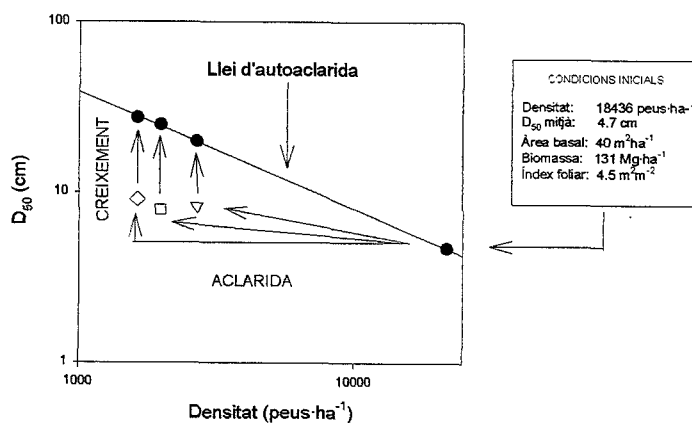


Figura 2.4 Esquema del previsible efecte de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida sobre el creixement dels peus remanents.

Així, a partir de les condicions inicials (alzinar control), l'aplicació d'una aclarida selectiva que redueix dràsticament la densitat de peus, podria provocar un increment del creixement dels peus remanents, fins que de nou

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

s'arribe al punt en el que el creixement estiga de nou limitat per la disponibilitat de recursos.

II.4. Caracterització de l'estructura de l'alzinar a cadascuna de les intensitats d'aclarida: l'inventari de 1992

II.4.1. Canvis en la densitat, en la distribució de diàmetres i en l'àrea basal de l'alzinar

L'inventari inicial dels peus remanents de les 9 parcel·les aclarides es va realitzar entre la primavera i l'estiu de 1992. En cadascun dels peus remanents es va seguir el següent protocol: marcatge i numeració amb una etiqueta de plàstic subjectada amb un clau, identificació de la soca a la que pertanyia, mesura del el seu D_{50} - diàmetre a 50 cm del sòl - sempre en la part del peu que quedava pendent amunt intentant evitar els nusos i deformacions del tronc, i marcatge amb pintura blanca del punt de mesura per tal d'assegurar en mostres posteriors la reproductibilitat de la mesura. Un any més tard, estiu de 1993, es van inventariar els peus de les 3 parcel·les control mantenint el mateix criteri i utilitzant el protocol que en l'inventari de les parcel·les aclarides.

La caracterització estructural de l'alzinar després de l'aclarida es va realitzar fonamentalment mitjançant les següents variables: i) densitat de peus i de soques ii) diàmetre mitjà a 50 cm del sòl (D_{50}) iii) distribució de les classes diamètriques iv) àrea basal del rodal (taula 2.1). Es va seleccionar el D_{50} , en lloc del DBH (diàmetre a l'alçada del pit, mesurat a 130 cm del sòl) normalment més utilitzat, atès que d'una banda la majoria dels peus tenen una grandària reuïda i de l'altra que molt sovint la divisió de les branques principals es troba per sota dels 130 cm.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Taula 2.1 Característiques estructurals de l'alzinar després de l'aplicació dels tractaments d'aclarida. En l'alzinar control apareixen les dades considerant totes les espècies i tan sols *Quercus ilex*, mitjana (EE) n=3. El percentatge d'aclarida s'ha calculat a partir de la mitjana d'àrea basal total de les parcel·les controls

Intensitat	Densitat (peus·ha ⁻¹)	Densitat (soques·ha ⁻¹)	D ₅₀ (cm·peu ⁻¹)	A.Basal (m ² ·ha ⁻¹)	A.Basal (cm ² ·soca ⁻¹)	% Aclarida
Control <i>Q. ilex</i>	10387(335)	1391 (105)	5.8 (0.6)	33.3 (0.9)	275.2 (22.4)	0
Total	12729(1038)	3187 (427)	5.3 (0.3)	37.1(2.2)	216.6 (41.9)	0
a.mínima	2432 (124)	1375 (93)	8.7 (0.2)	16.5 (0.6)	124.2 (12.6)	55 (1)
a.intermèdia	1405 (152)	1381 (168)	9.2 (0.2)	10.5 (0.7)	75.8 (3.6)	72 (2)
a.màxima	1447 (180)	1344 (207)	7.8 (0.02)	7.9 (0.9)	54.8 (0.7)	79 (2)

Les intensitats d'aclarida aconseguides (55, 72 i 79% d'eliminació de l'àrea basal) es poden considerar d'intensitat moderada a molt forta, coincidint amb els criteris utilitzats per altres autors (Ducrey i Toth, 1992; Tsiouvaras, 1988).

La densitat mitjana (peus·ha⁻¹) indica una reducció del nombre de peus, però no amb quin criteri s'ha realitzat aquesta, és a dir que segons com, malgrat la disminució de la densitat encara podríem trobar una estructura caracteritzada per la presència de molts peus en algunes soques. Per contra, l'àrea basal per soca és un clar indicador de com l'estructura s'ha vist modificada en funció de la intensitat d'aclarida aplicada. De manera que cal destacar-hi que l'estructura original de l'alzinar control, molts peus a una mateixa soca, va desaparèixer a l'alzinar aclarit (216.6, 124.2, 75.5 i 54.8 cm²·soca⁻¹ en l'alzinar control, aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament).

L'aclarida va comportar un canvi quantitatiu de l'estructura de l'alzinar això és, la reducció de la densitat i de l'àrea basal, però una altra conseqüència de l'aplicació d'aclarides selectives és de tipus qualitatiu és a dir, el canvi que es produeix en la distribució de grandària de la població de peus (classes diamètriques). Com ja s'ha comentat adés, els tres criteris aplicats seleccionaven els peus dominants, els de major diàmetre. En la figura 2.5 es

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

representa com va quedar la distribució de les classes diamètriques immediatament després d'aplicar les diverses intensitats d'aclarida.

Per a les classes diamètriques considerades el màxim de la distribució per a cadascun dels quatre tractaments va ésser: 23.8 % (3 cm), 13.3 % (8 cm), 11.7 % (9 cm) i 13.7 % (7 cm) en el tractament control, aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament. Com a conseqüència del criteri de selecció aplicat a les parcel·les aclarides hi ha un desplaçament del màxim cap a classes diamètriques majors. En l'alzinar control els peus de 3 i 4 cm de diàmetre suposen quasi el 43.6 % de tots els peus inventariats. Així, en condicions control la corba es troba sesgada cap a diàmetres petits, aquesta distribució pròpia de les poblacions joves indica el nivell d'estancament en el que es troba el bosc, si tenim en compte que els peus d'aquest alzinar tenen al voltant de 50 anys.

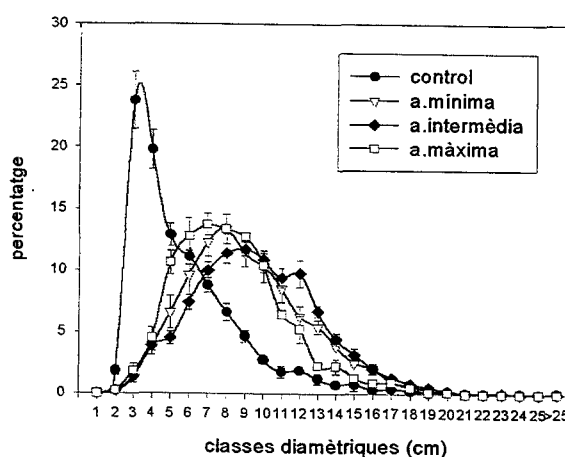


Figura 2.5. Distribució en percentatge de les classes diamètriques per a les poblacions de peus remanents de *Q.ilex* en cadascun dels 4 tractaments immediatament després de l'aplicació de l'aclarida. Es presenta la mitjana (\pm EE) per a $n=3$.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida**II.4.2. Estimació de la biomassa i de l'índex foliar a cadascuna de les intensitats d'aclarida: al·lometries de 1992**

Tot just després de l'aplicació de les aclarides, a la primavera de 1992 es van escollir i fraccionar 4 peus de diàmetres diferents: 2.65, 3.65, 7.55 i 15.8 cm, per al càlcul de les relacions al·lomètriques. Les equacions que es van obtenir relacionaven el D_{50} (diàmetre a 50 cm del sòl) amb la biomassa total aèria (BT), la biomassa de branquillons de diàmetre menor d'1 cm (Bb), la biomassa de branques de diàmetre major de 1 cm (que inclou el tronc) (BB) i la biomassa de fulles (Bf). Es va comprovar mitjançant el test de coincidència de rectes de regressió que no hi havia diferències significatives entre les relacions obtingudes en aquesta experiència (4 peus) i les que van obtenir a la conca de l'Avic amb 20 peus (Lledó, 1990), malgrat que existeix una certa diferència entre les densitats mitjanes de les dues zones, 9178 i 12729 peus·ha⁻¹ en la conca de l'Avic i el barranc dels Torners, respectivament. Per tant, les estimacions de les biomasses en aquesta experiència s'han fet amb les equacions al·lomètriques que incorporen conjuntament tots els peus (24), (taula 2.2).

Taula 2.2. Relacions al·lomètriques entre D_{50} i les distintes fraccions considerades. Bf: biomassa de fulles; Bb: biomassa de branquillons de diàmetre menor d'1cm; BB: biomassa de branques de diàmetre major d'1cm (inclou el tronc); BT: biomassa total.

$\text{Ln Bb(g)} = 2.9753 + 2.1581 \ln D_{50}(\text{cm})$	$r^2=0.8875$	$n=24$
$\text{Ln BB(g)} = 4.2248 + 2.4185 \ln D_{50}(\text{cm})$	$r^2=0.9659$	$n=24$
$\text{Ln Bf(g)} = 2.2581 + 2.1610 \ln D_{50}(\text{cm})$	$r^2=0.9148$	$n=24$
$\text{Ln BT(g)} = 4.6009 + 2.3559 \ln D_{50}(\text{cm})$	$r^2=0.9776$	$n=24$

Amb les relacions al·lomètriques i les dades de l'inventari fet a les 12 parcel·les de l'experiència es va estimar immediatament després de l'aplicació de les

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

aclarides la biomassa total i per fraccions de l'alzinar per a les quatre intensitats d'aclarida (taula 2.3), així com les característiques dels peus remanents en cadascuna de les intensitats (taula 2.4).

Taula 2.3. Característiques estructurals del rodal, biomassa total i per fraccions, i l'índex foliar abans (tractament control) i després de l'aplicació de les aclarides, mitjana (EE) n=3.

Intensitat	B.fulles (Mg·ha ⁻¹)	B.branquillons (Mg·ha ⁻¹)	B.Branques (Mg·ha ⁻¹)	B.Total (Mg·ha ⁻¹)	Índex Foliar (m ² ·m ⁻²)
Control	6.30 (0.41)	13.05 (0.94)	81.45 (7.79)	102.92 (9.25)	3.93 (0.26)
a.mínima	2.97 (0.11)	5.99 (0.22)	38.86 (1.53)	48.83 (1.81)	1.66 (0.06)
a.intermèdia	1.90 (0.12)	3.84 (0.25)	25.28 (1.44)	31.52 (1.85)	1.07 (0.07)
a.màxima	1.40 (0.17)	2.82 (0.34)	17.84 (2.10)	22.50 (2.66)	0.78 (0.09)

Lògicament, l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida també va provocar un canvi important en les capçades, de manera que l'índex foliar de l'alzinar es va reduir en un 58, 73 i 80 %, en l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament.

Taula 2.4. Característiques estructurals dels peus remanents de *Q.ilex*. Valors de densitat i biomassa total i per fraccions, mitjana (EE) n=3.

Intensitat	Densitat (peus·ha ⁻¹)	B.foliar (Kg·peu ⁻¹)	B.branquillons (Kg·peu ⁻¹)	B.Branques (Kg·peu ⁻¹)	Btotal (Kg·peu ⁻¹)
Control	12729 (1038)	0.52 (0.07)	1.06 (0.15)	6.60 (1.04)	8.33 (1.27)
a.mínima	2432 (124)	1.22 (0.06)	2.47 (0.13)	16.09 (0.87)	20.16 (1.07)
a.intermèdia	1405 (152)	1.37 (0.07)	2.77 (0.15)	18.17 (1.09)	22.71 (1.32)
a.màxima	1447 (180)	0.97 (0.01)	1.96 (0.03)	12.37 (0.23)	15.60 (0.27)

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

II.5. Efecte de l'aclarida sobre les condicions ambientals i nutricionals del bosc

II.5.1. Canvis en el microclima del bosc

La modificació del microclima com a resultat de la tallada, es pot manifestar de diverses maneres. En concret pel que fa al microclima del sòl, l'efecte de deixar o no les restes de la tallada *in situ*, pot afectar la seua temperatura. A la nostra experiència totes les restes de l'aclarida, a excepció dels troncs, es van deixar *in situ*.

Diversos estudis han trobat en l'increment de les temperatures ambientals i del sòl, sobre tot pel que fa a les màximes, un efecte generalitzat després de l'aplicació d'una tallada quan no es deixen les restes *in situ* (Yin *et al.* 1989, Carlyle 1995a). En concret, Carlyle (1995a) treballant en zones de clima fred va trobar que a les zones tallades de *Pinus radiata* on no es mantenia les restes de la tallada, la mitjana de la temperatura màxima mensual del sòl a una fondària de 5 cm, augmentava 5.3°C a l'estiu i 1°C a l'hivern. Per contra amb la retenció de residus s'aconseguia un efecte termoregulador, de manera que quan es deixaven els residus disminuïa la mitjana de la temperatura màxima mensual, i augmentava la mitjana de la temperatura mínima mensual. A més a més, aquest efecte augmentava amb la quantitat de residus que es deixaven al sòl.

En les nostres parcel·les d'estudi, els resultats obtinguts indiquen, entre 1994 i 1996, un lleuger augment de la temperatura mitjana com a conseqüència de l'aplicació de l'aclarida, 12.9 i 11.7°C per les parcel·les de l'aclarida màxima i control, respectivament (López *et al.*, 1998). D'altra banda, és va detectar un efecte de la intensitat d'aclarida en la temperatura del perfil del sòl. Així, mentre que en l'alzinar control la temperatura no variava amb la fondària (5-30

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

cm), en l' aclarida màxima la temperatura en els primers 5 cm era lleugerament més alta que als 30 cm (14.0 i 11.8°C, respectivament).

Pel que fa a la humitat del sòl, com que augmenta la quantitat d'aigua de pluja que arriba al sòl, com a mínim mentre el recobriment vegetal és baix, la humitat del sòl en el bosc aclarit tendeix a augmentar respecte del bosc no aclarit, i les diferències són més marcades durant els mesos amb pluges intenses (Yin *et al.*, 1989; Ghuman i Lal, 1987). López *et al.*, (1998) van trobar a les mateixes parcel·les d'estudi que immediatament després de les intenses pluges de la tardor de 1994, la humitat del sòl va experimentar un augment considerable en les parcel·les de l'aclarida màxima, mentre que en l'alzinar control no es va registrar aquest augment. Ara bé, aquest nivells alts d'humitat en l'aclarida màxima es van mantenir durant pocs dies.

D'altra banda, Carlyle (1995a) va trobar que l'aclarida, en la que no es deixaven les restes *in situ*, no afectava significativament al contingut d'humitat, ni de la superfície del sòl ni al sòl mineral (0-30 cm). Però, el contingut d'humitat de la superfície del sòl sí va augmentar amb la quantitat de restes de tala mantenides *in situ*, malgrat que la retenció d'humitat dels primers centímetres no va afectar a la humitat del sòl mineral. Rosen i Lundmark-Thelin, (1987) també van observar continguts d'humitat més elevades en la superfície del sòl situat baix de piles de residus que en el sòl nu, malgrat la interceptió del brancom. D'acord amb això, deixar les restes de tala *in situ* va suposar un cert millorament de les condicions d'humitat dels primers centímetres del sòl, com a mínim del sòl orgànic.

En les parcel·les d'estudi, el contingut d'aigua del sòl en l'aclarida màxima va ésser lleugerament major que sota condicions control (López *et al.* 1998). Però, contràriament al que va trobar Carlyle (1995a) en un bosc temperat, els resultats suggereixen que en aquest cas el drenatge, l'evaporació i la

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

transpiració van buidar ràpidament l'aigua del sòl més superficial. De fet, les escasses diferències en la humitat del sòl entre el bosc aclarit i el control són raonables si tenim en compte que els fluxos totals de transpiració obtinguts a nivell de parcel·la per Martínez (1999) en l'alzinar control i en el de l'aclarida màxima durant 1995 són coincidents: 684.7 i 676.6 l·m⁻², respectivament.

La velocitat del vent a dins del bosc també pot augmentar després de la tala (Ghuman i Lal, 1987), i per tant potenciar l'evaporació. Ara bé si es deixen les restes de tala aquesta evaporació, com a mínim de l'estrat inferior, tendria a disminuir.

En resum cal destacar que el destí dels residus de tala pot modificar els efectes microclimàtics esmentats. L'efecte *mulching* proporcionat pels residus d'aclarida, per exemple, pot suposar la disminució de l'estrés hídric durant l'estació seca, per reducció de l'evaporació i control del substrat herbaci (Farrel, 1984), així com tamponar les variacions de temperatura, millorar la humitat dels primers centímetres del sòl i disminuir la radiació incident que arriba al sòl del bosc.

II.5.2. Efecte de l'aclarida en l'aport de biomassa al sòl: la disponibilitat de nutrients

Conèixer l'impacte de l'aclarida en la disponibilitat de nutrients d'un rodal és fonamental ja que, d'alguna manera, ens informa sobre l'estat nutricional i la taxa de creixement dels peus remanents (Carlyle, 1995b). La quantitat de les restes d'aclarida (totes les fraccions excepte els troncs es van deixar *in situ*) a cadascuna de les intensitats es va estimar a partir de la diferència entre la biomassa aèria en les parcel·les control i la de les parcel·les aclarides, immediatament després de l'aplicació de les diferents intensitats d'aclarida. Com que *Quercus ilex* suposava més del 90 % de la biomassa total aportada al

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

sòl després de l'aclarida, per a la quantificació de l'aport de nutrients es va considerar exclusivament les dades d'aquesta espècie. En el cas de les fraccions no considerades en aquest estudi, els valors de biomassa es van obtenir de Lledó (1990). En el càlcul de les mineralomasses a les diferents fraccions es van utilitzar les concentracions de nutrients obtingudes a les mateixes parcel·les en el marc del projecte.

L'aport de biomassa (fulles, branques i branquillons) a les parcel·les va ser de 34.60, 31.23 i 23.20 Mg·ha⁻¹ a l'aclarida màxima, intermèdia i mínima respectivament, mentre que en condicions control l'estimació de l'aport mitjà de biomassa total estimat per Lledó (1990) en el mateix alzar va ésser de 3.9 Mg·ha⁻¹ (taula 2.5). Lògicament la fusta va ser la fracció en la que les diferències entre les parcel·les control i les aclarides van ser majors, com a conseqüència del poc aport que es fa d'aquesta fracció en l'alzar control. Malgrat això, les diferències en l'aport d'altres fraccions que tenen una descomposició més ràpida, com les fulles i branquillons, també van ser importants (taula 2.5).

Segons Cortina (1992) l'aclarida té efectes sobre la disponibilitat de nutrients per als peus remanents pels següents motius: 1) es produeix un augment de la disponibilitat relativa de nutrients com a conseqüència de la reducció de competència, 2) es produeix un canvi en la taxa de mineralització, ja que l'activitat microbiana es veu afectada pels canvis de temperatura i humitat que es donen al sòl, 3) augmenta el conjunt de nutrients mineralitzables per l'aport de les restes de l'aclarida, 4) es produeix un augment de la immobilització durant la descomposició de residus amb una relació C:nutrient alta i 5) es produeix un augment de les pèrdues de nutrients per rentat. Així que, qualsevol combinació de la interacció d'aquests processos pot afectar la disponibilitat final de nutrients del rodal.

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

L'increment de la concentració de nutrients en els horitzons orgànics després d'una tala o aclarida és deguda, probablement, a la incorporació de residus de tala al sòl (Cortina, 1992). De fet, Serrasolsas (1994) en una tala aplicada al mateix alzar, va trobar que durant el primer any va augmentar el pes dels horitzons orgànics, així com el contingut de nutrients com a conseqüència de l'aport de les restes de la tallada. Així, aquest augment es va deure tant a l'aport adicional de les restes de tallada, com a la qualitat d'aquest nou material (fulles verdes i branquillons), ja que les fulles verdes aportades al sòl eren més riques en nutrients.

Però, en quina mesura després l'aport es descomposa i s'incorpora al creixement dels boscos? En principi cal pensar que després d'una aclarida l'aport extra de nutrients es va descomposant i incorporant lentament. Carlyle (1995b), va trobar al quart any de l'aplicació d'una tallada, que el creixement diametral dels peus remanents de *Pinus radiata* seguia augmentant proporcionalment a la quantitat de restes que en el seu moment es va fer. Ara bé, siga com siga, la taxa de descomposició després d'una tala o aclarida pot disminuir com a conseqüència de canvis microclimàtics (Cortina i Vallejo, 1994). Segons els resultats d'aquests autors en la descomposició d'acícules de *Pinus radiata*, tant les fulles senescents com les verdes es descomponien més lentament després de la tala, encara que suggerien un efecte negatiu de les baixes temperatures a l'hivern en la zona talada. De la mateixa manera, Serrasolsas (1994), va observar una disminució de les taxes de descomposició de les fulles d'alzar després d'una tallada arreu. Relacionat amb això, segons Escudero (1987), la descomposició en boscos mediterranis pot estar limitada per la disponibilitat d'humitat.

Pel que fa a la mineralització del N, diversos autors han trobat com les taxes de mineralització del N del sòl en alzinars augmenten després de l'aplicació d'una tallada arreu o aclarida (Serrasolsas, 1994; Kim *et al.*, 1995); així com en

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

plantacions de *Pinus radiata* (Carlyle, 1995b), associat a un increment de la temperatura i de la humitat del sòl, i a una reducció de l'absorció de N per part de les plantes. A l'experiment fet per Carlyle, (1995b) la tala augmentà en un 10% la taxa de mineralització de N i l'absorció per part de la vegetació, al mateix temps que es registrava un augment de la concentració de N al sòl mineral, però que no va comportar pèrdues per rentat. A més a més, la taxa de mineralització augmentava a mesura que la quantitat de residus també ho feia. Tots aquests treballs indiquen que després d'una tala o d'una aclarida, es produeix un canvi en la dinàmica de mineralització si l'activitat microbiana es veu afavorida pels canvis de temperatura i humitat que es donen al sòl, fruit de l'aport de les restes de l'aclarida (Cortina, 1992 i Vesterdal *et al.*, 1995). En relació als canvis en el microclima Vesterdal *et al.*, (1995) van trobar que l'aclarida aplicada en un bosc de *Picea abies* no va suposar una millora significativa de les condicions del microclima ni de pH, C/N i C/P per tal de que es donara un augment de la mineralització. De fet, la resposta que van trobar mostrava que l'acumulació de nutrients al sòl orgànic del bosc disminuïa amb la intensitat d'aclarida. Això, suggereix que l'acumulació de nutrients en funció de la intensitat d'aclarida pot deure's més a un efecte del microclima que a un efecte nutricional.

Un altre efecte de l'aclarida és la supressió temporal de l'absorció dels nutrients per part de la vegetació la qual cosa pot suposar una gran pèrdua de nutrients per rentat. En relació a això, Carlyle (1995b) va trobar que l'augment de mineralització no comportava la pèrdua per rentat i tot el N addicional era aprofitat pels peus remanents, la qual cosa va tenir efectes en el creixement diametral i per tant, en l'àrea basal dels peus remanents. En concret va trobar que, malgrat la reducció del 48% de l'àrea basal, es mantenien els nivells d'absorció previs a la tala per part dels peus remanents, la qual cosa s'explicava si l'absorció per peu era aproximadament del doble, ja que no hi havia pèrdues per rentat. D'altra banda, Canadell (1995) va comprovar com el

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

requeriment de nutrients en espècies rebrotadores per tal de regenerar la seua part aèria depenia en gran mesura de l'absorció de nutrients del sòl, i no exclusivament del reservori subterrani (soca i arrels). Després de l'aclarida aplicada a l'alzinar hi ha dos components que fan pressuposar que no es produiran pèrdues per rentat: el creixement dels peus remanents (capítol III) i la formació de nous rebrots (capítol V).

Capítol II. Els alzinars delevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Taula 2.5 Estimació del pes i dels nutrients aportats al sòl del bosc per les restes de l'aclarida en cadascuna de les intensitats d'aclarida, el valor és la mitjana (EE), n=3. La concentració dels elements a les diverses fraccions, per calcular-ne la mineralomassa, han estat obtingudes en les mateixes parcel·les d'estudi. L'aport de fullaraca en condicions control s'ha obtingut de Lledó (1990).

Fracció	Intensitat	Pes	C	N	P	kg ha ⁻¹					
						S	Ca	Mg	K	Na	
Fulles	Control	2020	1010	23.3	1.8	1.9	199	2.6	9.6	1.3	
	a.mínima	3330 (390)	1667 (196)	38.4 (4.5)	3.0 (0.4)	3.2 (0.4)	32.9 (3.9)	4.3 (0.5)	15.8 (1.9)	2.1 (0.2)	
	a.intermèdia	4400 (530)	2199 (265)	50.7 (6.1)	4.0 (0.5)	4.0 (0.5)	43.4 (5.2)	5.6 (0.7)	20.8 (2.5)	2.7 (0.3)	
	a.màxima	4900 (550)	2452 (275)	56.5 (6.3)	4.5 (0.5)	4.5 (0.5)	48.4 (5.4)	6.3 (0.7)	23.2 (2.6)	3.1 (0.3)	
	Control	520	247	3.4	0.7	0.3	6.0	0.7	2.9	0.3	
	a.mínima	7050 (970)	3373 (463)	46.3 (6.3)	8.8 (1.2)	3.9 (0.5)	81.9 (11.2)	9.3 (1.3)	39.4 (5.4)	3.9 (0.5)	
a.intermèdia	10280 (880)	4916 (422)	67.5 (5.8)	12.8 (1.1)	5.7 (0.5)	119.4 (10.3)	13.6 (1.2)	57.5 (4.9)	5.8 (0.5)		
a.màxima	10230 (1260)	4891 (602)	67.2 (8.3)	12.8 (1.6)	5.6 (0.7)	118.8 (14.6)	13.5 (1.7)	57.2 (7.0)	5.7 (0.7)		
Branquillons	Control	100	48	0.5	0.1	0.03	1.2	0.1	0.4	0.03	
	a.mínima	16390 (2970)	7771 (1410)	75.9 (13.8)	15.6 (2.8)	5.2 (0.9)	195.4 (35.4)	12.9 (2.3)	58.6 (10.6)	4.9 (0.9)	
	a.intermèdia	21670 (3360)	10285 (1595)	100.6 (15.6)	20.6 (3.2)	6.9 (1.1)	258.6 (40.1)	17.1 (2.7)	77.6 (12.0)	6.5 (1.0)	
	a.màxima	24580 (3710)	11662 (1763)	114.0 (17.2)	23.3 (3.5)	7.9 (1.2)	293.2 (44.3)	19.4 (2.9)	87.9 (13.3)	7.4 (1.1)	
	Control	2640	1305	27.2	2.6	2.3	27.2	3.4	12.8	1.9	
	a.mínima	23200 (3680)	12812 (2106)	160.8 (26.5)	27.4 (5.9)	12.3 (2.4)	310.3 (53.9)	26.6 (4.8)	113.9 (19.5)	10.9 (1.9)	
a.intermèdia	31230 (5721)	17401 (3183)	218.7 (31.6)	37.5 (6.2)	16.8 (2.6)	421.5 (69.0)	36.6 (7.7)	155.9 (20.7)	15.1 (2.3)		
a.màxima	34590 (6620)	19005 (3908)	237.8 (37.6)	40.6 (6.7)	18.1 (3.1)	460.5 (82.2)	39.3 (6.9)	168.5 (24.9)	16.5 (2.8)		

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

II.5.3. Efecte de la intensitat d'aclarida sobre la disponibilitat de radiació a l'interior del bosc

La intensitat de radiació que arriba al sòl i als nivells inferiors de la vegetació també es pot veure modificada, i lògicament amb un increment, com a conseqüència de la supressió de part de la fracció aèria. L'eliminació de peus grans del bosc, com ha estat el cas de la nostra experiència, va provocar l'apertura de les capçades, i per tant l'aparició de clarianes. Watt (1947) va ser un dels primers en teoritzar la formació de clarianes en la vegetació. Des de la primera interpretació feta als boscos tropicals com una pertorbació de petita escala que conduïa a la regeneració local del bosc fins ara, s'ha incrementat molt el nombre d'estudis centrats en l'efecte de les clarianes en la dinàmica forestal. Molts autors han comprovat que es tracta d'un factor important, bé pel que fa al manteniment de l'elevada diversitat dels boscos tropicals (Oldeman, 1989; Platt i Strong, 1989; Clark, 1990) i temperats (Runkle, 1989; Poulson i Platt, 1989; Enright *et al.*, 1993), bé pel paper en la regeneració de la vegetació: l'efecte d'una radiació excessiva resultava negatiu per a les plàntules (Platt i Hermann, 1986). D'altra banda, pel que fa als boscos mediterranis el paper de les clarianes pot ser decisiu en espècies rebrotadores, afavorint la inducció i el creixement de les gemmes localitzades en la soca.

La importància de les clarianes en la dinàmica de la vegetació ha quedat ben documentada en boscos tropicals, (Oldeman, 1989; Ackerly i Bazzaz, 1995); temperats (Poulson i Platt, 1989; Enright *et al.*, 1993; Sipe i Bazzaz, 1995), boscos subalpins de coníferes (Shin-Ichi Yamamoto, 1995) i al bosc mediterrani (Canadell, 1995). Quan parlem de les conseqüències de les clarianes, cal fer la distinció entre les directes: destrucció d'un cert volum de vegetació a les capçades del bosc, i les indirectes: alteració de les condicions ambientals d'una àrea determinada del bosc i del sòl (Van der Meer, 1994).

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

Però fins a quin punt les conseqüències directes provoquen conseqüències indirectes no queda tan clar. La caracterització de les clarianes, atesa la seua irregularitat i la dificultat en posar-les límits i per tant mesurar la seua grandària, es converteix en una tasca difícil.

En estudis més recents s'han definit les clarianes en termes d'apertura de les capçades (Brown, 1993; Whitmore *et al.*, 1993), aquesta visió tampoc ha resultat amb èxit la relació entre l'apertura de les capçades i la grandària que això representa sobre sòl forestal i la regeneració vegetal. Per contra, sí s'ha trobat una bona correlació entre l'apertura de les capçades i el microclima que es genera (Whitmore *et al.*, 1993). De fet, molts autors s'han centrat en estudis per tal de caracteritzar el microclima en clarianes: temperatura i humitat de l'aire i del sòl, radiació fotosintèticament activa i flux de vent.

Associat a una clariana esdevé un augment clar en el gradient diari de radiació i paral·lelament, un increment d'alguns graus en la temperatura de l'aire i del sòl (Sipe i Bazzaz, 1995). Segons Freitas i Enright (1995) les condicions microclimàtiques (radiació total i temperatura màxima diària) es veuen modificades fins i tot en funció de la grandària de la clariana. Ara bé, l'efecte més clar de l'aparició de les clarianes és el canvi que es produeix en el règim de radiació (Denslow, 1990; Lawton, 1990). L'increment dels nivells de radiació ha estat identificat com el factor clau que controla la regeneració i el tancament de la pròpia clariana (Canadell, 1995).

La intensitat de radiació que arriba als nivells inferiors d'un bosc integrat per espècies rebrotadores és un dels factors més determinants de la regeneració i de la recuperació de l'estructura aèria (Canadell, 1995). De fet, Panaiotis (1995), va trobar en la recuperació d'algunes espècies de l'alzinar Fango de la Reserva MAB (Còrsega) -*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* i *Arbutus unedo*- uns

Capítol II. Els alzinars d'elevada densitat: l'experiència de l'aclarida

bons indicadors per tal de datar l'edat de les clarianes naturals creades per la caiguda o trencament de les alzines.

Els resultats de la distribució dels intervals d'intensitat de radiació a l'interior de l'alzinar (a partir dels transectes fets amb un ceptòmetre) en cadascuna de les intensitats d'aclarida obtinguts al juliol de 1994 a partir dels transectes fets amb un ceptòmetre, apareixen en la figura 2.6. Aquesta distribució, mostra com la intensitat de radiació que arribava al sòl es va veure afectada per la intensitat d'aclarida. Així, mentre que en l'alzinar control el 90% dels punts mesurats rebien una intensitat de radiació menor a $200 \mu\text{E}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, en les parcel·les aclarides aquest valor disminuïa a 42, 22 i 16 % per a l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament (figura 2.6). D'altra banda, la distribució de la intensitat de radiació en les parcel·les aclarides va mostrar una forma bimodal, amb un segon màxim desplaçat cap als intervals de radiació molt alts, la qual cosa demostra que les diverses intensitats d'aclarida van provocar un augment important de la intensitat de radiació que arribava a l'interior de l'alzinar.

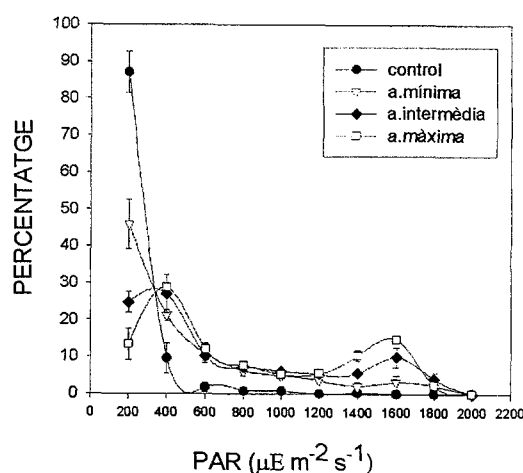


Figura 2.6 Distribució dels intervals de radiació a l'interior de l'alzinar en les quatre intensitats d'aclarida al juliol de 1994. Es representa la mitjana ($\pm\text{EE}$), per a $n=3$.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol III. El creixement dels peus remanents



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol III

**Efecte de la intensitat d'aclarida en el creixement
diametral dels peus remanents**

Capítol III. El creixement dels peus remanents

Capítol III: Efecte de la intensitat d'aclarida en el creixement diametral dels peus remanents

III.1. Introducció

L'aclarida selectiva aplicada a un alzinar d'elevada densitat pot resultar en un canvi de les relacions de competència entre els peus remanents (*i.e.* entre els peus que resten en peu). Si d'alguna manera es poden escenificar de forma molt resumida les causes de la competència, aquesta apareix quan un recurs o factor, o més d'un, és requerit per diversos individus, de manera que això condueix a una disponibilitat limitada d'aquest recurs o factor (Conell, 1990).

L'autoaclarida, això és, la mort d'alguns peus provocada pels alts nivells de competència, comporta una disminució de la densitat, de manera que pot ajudar a resoldre els problemes d'escassa disponibilitat de recursos. Ara bé, l'autoaclarida en l'alzinar de Prades es dona d'una manera molt lenta, atesa la baixa mortalitat de peus. Aquesta mortalitat tant baixa es deu a la gran plasticitat que mostra l'alzina, fins i tot davant situacions molt extremes, de manera que, com a conseqüència del reduït creixement, es produeix un clar procés d'estancament del rodal en el que cap dels peus és capaç de dominar. L'aclarida selectiva incrementa la disponibilitat relativa de llum, d'aigua i de nutrients dels peus remanents, de manera que associat a un nivell menor de competència després de l'aclarida, caldria esperar que el creixement del peu remanent augmentés. De fet, en *Quercus ilex* ja ha quedat demostrat en diversos estudis l'efecte positiu de l'aclarida sobre el creixement (Ducrey i Boisserie, 1992; Ducrey i Toth, 1992; Mayor i Rodà, 1993). Pel que respecta a la disponibilitat d'aigua podem trobar-hi fonamentalment dues situacions: d'una banda una millora relativa en el repartiment de l'aigua disponible al sòl entre els pocs individus remanents (Aussenac i Granier, 1988), i d'altra una millora absoluta, ja que segons Bréda *et al.* (1995), després d'una aclarida es produeix

Capítol III. El creixement dels peus remanents

una millora de la disponibilitat hídrica al sòl com a conseqüència del descens tant de la intercepció com de la transpiració.

De manera general, l'aclarida pot, mitjançant la redistribució de la capacitat del rodal cap a pocs peus, incrementar el vigor individual del peu remanent i la seua grandària.

Ara bé, en qualsevol cas, un creixement individual ràpid del peu, com a conseqüència de l'aclarida no ve exempt d'algunes pegues. En el cas d'espècies amb interès econòmic, la indústria forestal va començar a interessar-se, cada vegada més, en l'impacte que tenien les elevades taxes de creixement en diàmetre (ràpid creixement) sobre la qualitat de la fusta que es produïa en les plantacions forestals sotmeses a aquests tractaments (Gregg i Dougherty, 1988). En el cas de l'alzina, atès el baix interès econòmic que ara per ara té la fusta, no es pot plantejar el mateix tipus de problema, però en poden aparèixer d'altres relacionats amb l'estructura i el port del bosc.

D'acord amb això, ens plantegem analitzar *cóm afecta la intensitat d'aclarida al creixement dels peus remanents de *Quercus ilex**, per tal de determinar les conseqüències de l'aplicació d'una o d'altra intensitat d'aclarida en la conversió d'un bosc de rebrot cap a un port arbori.

III.2. Material i mètodes

III.2.1. Creixement diametral de les alzines: Inventari maig 1997

Prenent com a referència les dades inicials de l'inventari realitzat en 1992 (capítol II), es va fer el seguiment del creixement en diàmetre dels peus remanents d'alzina (D_{50} , i.e. diàmetre mesurat a 50 cm del sòl) durant el maig de 1997. La reproductibilitat de la mesura i la identificació de cada peu es va

Capítol III. El creixement dels peus remanents

assegurar en l'inventari inicial (1992) mitjançant el marcatge amb pintura blanca del lloc exacte on es va fer la primera mesura i de l'etiquetatge de cada peu. En aquest segon inventari (maig 1997) es va tornar a mesurar el D_{50} de tots els peus de les 12 parcel·les (4 tractaments x 3 rèpliques), la qual cosa va comportar la mesura de prop de 12000 peus.

Així, per a cada individu es va poder obtenir l'increment en diàmetre (D_{50}) tant absolut ($\text{mm}\cdot\text{any}^{-1}$) com relatiu, estimat aquest com el quocient entre l'increment absolut ($\text{mm}\cdot\text{any}^{-1}$) per al període corresponent i el seu D_{50} a l'inici del mateix període, i expressat com un percentatge.

III.2.2. Tractament estadístic

Els efectes de la intensitat d'aclarida sobre les taxes de creixement de diàmetre en el període total d'aquest estudi han estat provats amb l'anàlisi de la variància utilitzant la mitjana aritmètica de la taxa de creixement en diàmetre de cada parcel·la, i mitjançant l'anàlisi de la covariància (ANCOVA) de les taxes de creixement individuals fent servir el D_{50} inicial com a covariable. Les anàlisis estadístiques s'han fet amb el paquet estadístic Statgraphics Plus for Windows 2.1 (Statistical Graphics Corp., 1996). L'error estàndard és la mesura de variabilitat utilitzada i s'indica com (*EE*).

S'han utilitzat regressions en el càlcul d'equacions al·lomètriques i en les relacions entre variables. El tipus de regressió utilitzada (lineal, potencial o d'altres més específiques) s'indica en cada cas.

Capítol III. El creixement dels peus remanents

III.3. Resultats i discussió

III.3.1. Creixement dels peus en l'alzinar control: comparació amb altres alzinars

El valor de l'increment absolut de diàmetre mitjà per a les parcel·les control (amb una densitat d'alzines de 12629 peus·ha⁻¹) va ésser, per al període 1993-1997, de 0.47 (0.06) mm·any⁻¹. Tot i que es troba dins l'interval proposat per a la zona de Prades (0.3-1.2 mm·any⁻¹) (Ibàñez *et al.*, 1999), aquest valor és especialment baix. Mayor *et al.* (1994) al mateix barranc van obtenir entre 1988-1991 un creixement diametral encara més baix: 0.31 mm·any⁻¹, probablement degut a que les seues parcel·les es trobaven en la vessant sud. D'acord amb els resultats de diversos autors (Ferrés 1985; Lledó *et al.*, 1992; Mayor i Rodà 1993, 1994) les taxes d'increment de diàmetre de l'alzina són molt baixes, tal i com correspon a una espècie de creixement lent, adaptada a sols pobres en nutrients i a una precipitació irregular (Escarré *et al.*, 1984). Més concretament, aquestes taxes són degudes en gran part a i) els forts dèficits hídrics del sòl que es produeixen durant l'estiu a la major part dels llocs ocupats per aquesta espècie i ii) la relativa alta densitat de la fusta d'alzina (Mayor, 1994). Segons aquest mateix autor a Prades cal afegir-ne d'altres com la poca fondària i la pedregositat del sòl, i com a conseqüència el baix volum radicular, així com el possible envelliment del sistema radicular i l'elevada densitat del rodal.

Si bé és cert que les característiques del medi (fondària i pedregositat del sòl) i les condicions climàtiques són factors importants, també cal tenir en compte que existeixen d'altres factors tant o més importants a l'hora d'explicar el creixement d'un rodal. De fet, les possibles diferències en el creixement diametral dels peus entre diversos alzinars no poden explicar-se únicament per la precipitació que hi reben, sinó també per les seues particularitats

Capítol III. El creixement dels peus remanents

estructurals (densitat, àrea basal del rodal). Així que, com cabria esperar, les taxes de creixement diametral de *Quercus ilex* quan es desenvolupa en rodals amb una densitat molt elevada són especialment baixes. La comparació del creixement en diàmetre entre els peus de Prades i els d'altres alzinars posa de manifest els nivells d'elevada competència que es donen a Prades. Per exemple, Ducrey i Toth, (1992) a l'alzinar de Puechabon al departament d'Herault, amb una densitat considerablement inferior (6300-8700 peus·ha⁻¹), van trobar que l'increment del diàmetre va ésser entre 1986 i 1989 de 3.3 mm·any⁻¹. De la mateixa manera, a l'alzinar de la Castanya al Montseny amb una densitat al voltant de 2837 peus·ha⁻¹, Mayor i Rodà (1993), van obtenir un increment mitjà de 0.83 mm·any⁻¹ registrat entre 1985-1991.

Encara que les condicions climàtiques i en concret la precipitació anual d'aquests dos alzinars (Puechabon i Montseny) és superior a la de Prades, l'estructura també presenta clares diferències (taula 3.1). Sovint, la interferència entre els factors ambientals i els estructurals dificulta la interpretació dels resultats; l'experiència d'aclarida portada a terme en aquest treball ens va permetre abordar l'estudi de l'efecte de la densitat del rodal sobre el creixement eliminant aquestes interferències climàtiques que sí apareixen entre zones geogràfiques més o menys distants.

Taula 3.1 Descripció de les característiques estructurals de tres alzinars mediterranis amb la precipitació anual mitjana que reben cadascun d'ells.

	Prec. anual (mm)	Edat (anys)	Densitat (peus·ha ⁻¹)	Àrea Basal (m ² ·ha ⁻¹)	Diàmetre (cm)
Prades	583	50-60	D ₅₀ ≥2 cm 14867	D ₅₀ ≥2 cm 38.12	D ₅₀ = 5.7
La Castanya	900	60-90	DBH≥5 cm 2010	DBH≥5 cm 26.6	
Puechabon.	1000	43-57	DBH≥1 cm 6300-8700	DBH≥1 cm 22.7	DBH=18.0

Capítol III. El creixement dels peus remanents

III.3.2. Efecte de la sequera sobre el creixement en diàmetre del tronc

La gran variabilitat interanual de la precipitació és, sens dubte, una de les característiques més determinants del clima mediterrani, i lògicament condiona en gran mesura la resposta de la vegetació. Aquesta variabilitat va ésser molt marcada durant el període d'estudi (1992-1996), de manera que el volum i la distribució de les precipitacions registrades durant els anys 1994 i 1995 van provocar un episodi de sequera molt sever (capítol II), mentre que la precipitació registrada durant el primer any (1992) i el darrer any de l'experiència (1996) va ésser prou abundant (721.1 i 819.7 mm, respectivament) i considerablement superior a la mitjana de la zona durant bona part d'aquest segle (647 mm) (capítol II). El seguiment del creixement del diàmetre dels peus de *Quercus ilex* en l'alzinar control, portat a terme en part de la població ($n=254$) va mostrar com el creixement va variar notablement entre els diferents anys (figura 3.1).

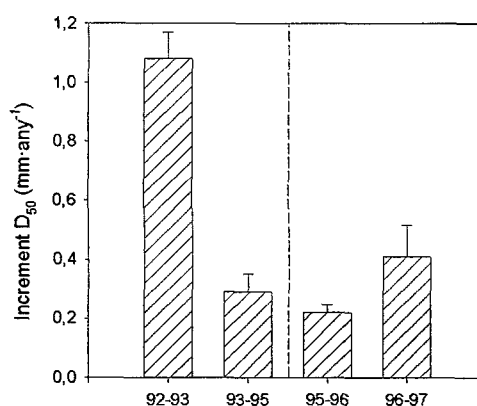


Figura 3.1 Increment en els diferents períodes del diàmetre ($D_{50}, \text{mm}\cdot\text{any}^{-1}$) dels peus de *Q. ilex* en l'alzinar control amb un diàmetre superior a 2 cm, $n=254$.

En l'alzinar control l'episodi de sequera va provocar, com a conseqüència dels alts nivells de competència entre els peus per l'aigua, una forta disminució de l'increment del diàmetre. Així l'increment anual durant el període hídricament

Capítol III. El creixement dels peus remanents

més desfavorable (1993-1995) es va reduir en un 75 % respecte el de l'any anterior (1992-1993), 1.08 i 0.29 mm·any⁻¹, respectivament (figura 3.1). Siga com siga, el període de sequera va coincidir bé durant l'època de creixement, bé durant els mesos que determinaran el creixement d'aqueix any (capítol II). Tot i això, durant l'any següent (1995-1996) el valor registrat va ésser encara més baix, 0.22 mm·any⁻¹. Aquest resultat suggereix que les conseqüències del dèficit hídric sobre el creixement de l'alzinar es van manifestar més enllà de l'any 1994, quan les precipitacions van ésser més escasses.

Traslladar el dèficit de precipitació a un estrés hídric de la vegetació pot ser difícil com a conseqüència de la desconexió entre dèficit de pluja i l'esgotament per part de la vegetació de l'aigua disponible al sòl. Aquest problema es pot resoldre fàcilment mesurant el contingut d'aigua al sòl, o l'estat hídric de la planta proporcionat directament per la mesura del potencial de pressió del xilema (Vose i Swank, 1994). De fet, diversos treballs portats a terme a les mateixes parcel·les d'estudi documenten un contingut d'aigua al sòl en volum molt baix (López *et al.*, 1998), així com un clar estrés hídric sostingut en els peus control de *Quercus ilex* durant l'estiu de 1994 (Martínez, 1999). De fet, el resultat de potencial hídric a l'alba registrat durant aquest període en les parcel·les control es troba per sota dels -4.2 MPa, valor que es troba significativament per sota dels menors citats en la bibliografia per a *Quercus ilex* en l'àmbit dels alzinars de la regió occidental de la conca mediterrània (Martínez, 1999). Així, la forta reducció del potencial hídric dels peus de l'alzinar control durant l'estiu de 1994, va estar promoguda per la forta reducció de la disponibilitat d'aigua en el sòl.

Els mecanismes que poden explicar la disminució en el creixement en diàmetre com a conseqüència de la irrupció d'una sequera poden ésser diversos. L'estrés hídric afecta directament la turgència de les cèl·lules i la seva expansió (Kozłowski *et al.*, 1991). Aquesta disminució del creixement també es

Capítol III. El creixement dels peus remanents

pot relacionar amb un descens del guany de carboni com a conseqüència de diversos factors: una defoliació de les capçades, registrada en aquest treball (capítol IV), i per tant una reducció de la producció (Linder *et al.*, 1987), i/o a una reducció de la fotosíntesis neta (Maier and Teskey, 1992, en Vose i Swank, 1994). La reducció de fixació de carboni per les capçades, tal com suggereixen les dades de defoliació de les capçades control, mostrades en el capítol IV, pot resultar en una reducció de l'increment de biomassa, bé en totes les seves fraccions, bé només en aquells teixits amb una prioritat baixa de rebre assimilats (Vose i Swank, 1994). D'acord amb els resultats presentats la reducció de l'increment de la biomassa va afectar tant al creixement en diàmetre del tronc, com al creixement de les capçades (capítol IV). Malgrat que els mecanismes que regulen la distribució de carboni entre la part aèria i subterrània, com a conseqüència d'un episodi de sequera, no estan a totalment aclarits, alguns estudis de camp indiquen una preferència cap a la part subterrània respecte de l'aèria (Comeau i Kimmins, 1989).

De manera general, tots aquests canvis i ajustos com a conseqüència del període de sequera poden explicar les variacions trobades en el creixement en diàmetre entre els diferents anys. Ara bé, en ocasions resulta difícil trobar una relació entre el patró de creixement i la sequera. De fet, es va registrar un increment màxim de $1.08 \text{ mm} \cdot \text{any}^{-1}$ entre 1992-1993 i un valor mínim de $0.22 \text{ mm} \cdot \text{any}^{-1}$ entre 1995-1996, malgrat que durant aquest darrer període la precipitació decisiva per al creixement de primavera (*i.e.* la precipitació entre setembre i juny) va ésser superior: 558.1 i 650.3 mm, respectivament. És possible que la climatologia no es corresponga amb el creixement any a any, ja que el creixement pot estar molt condicionat per l'acumulació de carbohidrats de l'any anterior (Reed *et. al.* 1994). Així, segons aquests autors la variabilitat del creixement en primavera depèn molt de l'emmagatzematge de carbohidrats durant els anys anteriors, i en menor mesura de la de la producció del mateix any. De fet, un any amb una producció de fulles i unes condicions òptimes per

Capítol III. El creixement dels peus remanents

al creixement pot resultar en una major acumulació de carbohidrats per a anys successius i no necessàriament en un major creixement durant l'any actual. D'acord amb això, i tenint en compte la forta defoliació que van experimentar les capçades control en els anys anteriors (1994 i 1995) (capítol IV), i per tant els baixos nivells en el guany de carboni, no sembla estrany que, tot i les precipitacions més abundants, els valors d'increment del diàmetre registrats coincidint amb la fi de l'experiència foren tan baixos. Tanmateix, en espècies rebrotadores encara que hi hagués una diferència important en la taxa de fotosíntesi entre alguns períodes, no significaria que s'hagués de reflectir en una producció aèria més alta, ja que es podria emmagatzemar a la rabassa per a una utilització posterior (Castell, 1997). De fet existeixen moltes evidències en espècies rebrotadores del paper fonamental de la rabassa per a l'obtenció de carbohidrats després d'una pertorbació bé d'origen natural, bé provocada (veure capítol V).

De qualsevol manera, el tret més significatiu en l'evolució temporal de l'increment en diàmetre de l'alzina, això és, una disminució del 73% durant el període 1993-1995 ($0.29 \text{ mm}\cdot\text{any}^{-1}$), respecte del període anterior 1992-1993 ($1.08 \text{ mm}\cdot\text{any}^{-1}$), es va produir coincidint amb un dels períodes més eixuts de tota la sèrie històrica (1911-1996). Aquest resultat posa de manifest com el creixement apareix molt lligat a la variabilitat climàtica, i evidencia la importància dels episodis de sequera en el creixement d'aquests tipus d'alzinars, en els que l'elevada densitat i les característiques del clima mediterrani condueixen a l'estancament del rodal.

III.3.3. El creixement a nivell individual: l'increment absolut del tronc

Com calia esperar, l'aclarida (eliminació de part de l'àrea basal del rodal) va tenir un efecte significatiu i positiu sobre l'increment absolut de diàmetre mitjà durant el període 1992-1997. Així, l'increment absolut del diàmetre en l'alzinar

Capítol III. Elcreixement dels peus remanents

control, va ésser de mitjana, significativament menor al que es va registrar a les parcel·les aclarides, i entre aquestes l'increment va augmentar a mesura que també ho va fer la intensitat d'aclarida (taula 3.1), associat molt possiblement a una major disponibilitat hídrica al sòl del bosc (com a mínim relativa). López *et al.* (1998), a les mateixes parcel·les d'estudi van comprovar com el contingut d'aigua al sòl era major en l'aclarida màxima que en l'alzinar control. De la mateixa manera Bréda *et al.* (1995), en un bosc de *Quercus petraea* al sud de França, van trobar que després d'aplicar una aclarida (35 % d'eliminació de l'àrea basal) l'aigua extractable del sòl era major en les parcel·les aclarides que en les control durant els dos anys següents a l'aclarida.

Taula 3.1. Increment absolut mitjà del diàmetre ($D_{50}, \text{mm} \cdot \text{any}^{-1}$) en cadascuna de les intensitats d'aclarida per al període 1992-1997. Es presenten els valors mitjans (*EE*), per a $n=3$, així com el valor del factor de creixement. Lletres diferents indiquen diferències estadísticament significatives entre les intensitats d'aclarida, a un nivell de significació ($p < 0.05$).

Intensitat aclarida	P.remanents ($\text{mm} \cdot \text{any}^{-1}$)	Factor
Control	0.47 (0.06) ^a	1
a. mínima	1.70 (0.12) ^b	3.6
a. intermèdia	2.64 (0.03) ^c	5.6
a. màxima	3.80 (0.38) ^d	8.1

A banda de la major disponibilitat hídrica, la major disponibilitat de llum que rep tota la capçada també és un factor a tenir en compte. Relacionat amb això, segons Nowacki i Abrams (1997), la resposta en el creixement del tronc en boscos tancats depèn molt de la proximitat i l'exposició de la capçada de l'individu als buits que es puguen donar en les capçades. Així els resultats obtinguts per Lawson *et al.* (1990) en experiències de tractaments d'aclarida en alzinars, van revelar que si s'exposava un quart de la capçada d'un individu a un buit de les capçades, aquest augment de radiació provocava només

Capítol III. El creixement dels peus remanents

increments marginals (8-14%) en el creixement del tronc respecte dels peus control durant un període de 5 anys. Per contra, una exposició de la capçada d'un 50% va resultar en uns guanys substancials, ja que el creixement del tronc va augmentar en un 46%. D'acord amb això, concloïen que cal que els individus tinguen exposada la seva capçada entre un 35-45% als buits de les capçades per a que es donés un increment apreciable ($\geq 25\%$) en el creixement del tronc. Segons Norwaki i Abrams (1997), aquesta aproximació era vàlida per a boscos temperats tancats on la competència pels recursos exercien més control sobre el creixement que la climatologia, mentre que en zones àrides o propenses a la sequera, el clima és el factor que acaba determinat el creixement en diàmetre del peu.

En l'alzina, Ducrey i Boisserie (1992) van trobar als seus resultats l'evidència de l'efecte positiu de les operacions d'aclarides sobre el creixement en diàmetre, en concret quan l'àrea basal eliminada era superior al 50% de la superfície inicial. D'acord amb els resultats obtinguts, quan es comparem les dues situacions del bosc més oposades: control i aclarida màxima, l'increment mitjà del diàmetre en les parcel·les de l'aclarida màxima va ésser 8.1 vegades més gran que en les parcel·les control, per al període analitzat de 1992-1997 (taula 3.1). D'altra banda, segons Gracia *et al.* (1999), aquestes grans diferències en el creixement en diàmetre entre les intensitats d'aclarida són coherents amb el manteniment del nivell de la producció primària total del bosc aclarit, respecte del control, com a conseqüència d'una reducció de la respiració així com de la redistribució de la producció primària neta entre un nombre de peus menor.

D'altra banda, les diferències entre els tres tractaments en els què es va eliminar part de l'àrea basal també van ser destacades. Així, els peus de l'aclarida màxima van créixer més del doble que els de l'aclarida mínima. A més, cal destacar les diferències trobades entre els peus remanents de

Capítol III. El creixement dels peus remanents

l'aclarida intermèdia i màxima (taula 3.1). Això, va ocórrer malgrat la semblança entre aquestes dues intensitats d'aclarida: 71(2) i 79(2) % d'extracció de l'àrea basal, i 10.5(0.7) i 7.9(0.9) m²·ha⁻¹ d'àrea basal remanent per a l'aclarida intermèdia i màxima, respectivament. Aquest resultat suggereix que l'aplicació d'un criteri lleugerament distint, com en aquest cas la selecció del peu remanent (en l'aclarida intermèdia es va deixar a cada soca el peu més gran, mentre que en l'aclarida màxima es va deixar el segon peu més gran (capítol II), i que condueix a canvis poc destacables en l'estructura del rodal, pot provocar canvis significatius en el creixement del tronc.

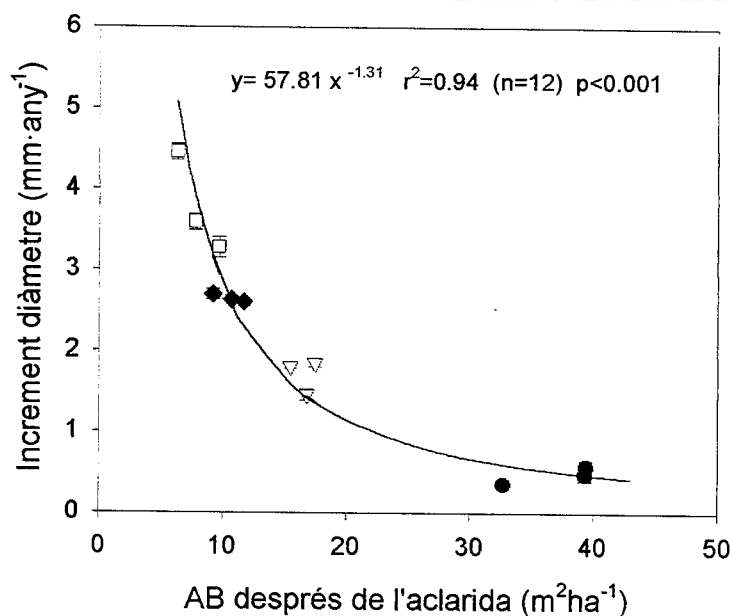
En qualsevol cas, tot i que es tractarà amb més detall en el capítol VII, ara només destacar que el major creixement a nivell individual dels peus quant més intensa va ésser l'aclarida es va reflectir en l'increment d'àrea basal del rodal, malgrat les diferències de densitat (peus·ha⁻¹) entre els diversos tractaments. Així, mentre que en l'alzinar control la taxa d'increment de l'àrea basal dels peus remanents entre 1992 i 1997 va ésser de 0.43 (0.07) m²·ha⁻¹·any⁻¹, els rodals de l'aclarida mínima i màxima van arribar a mostrar una taxa d'increment de l'àrea basal de 0.75 (0.10) i 0.73 (0.06) m²·ha⁻¹·any⁻¹, respectivament.

III.3.4. Efecte de l'àrea basal remanent del rodal després de l'aclarida i de la grandària inicial del peu remanent

La importància de l'àrea basal remanent (m²·ha⁻¹) del rodal sobre l'increment individual del diàmetre es va posar de manifest amb la correlació potencial negativa que es va obtenir entre l'increment absolut mitjà del diàmetre dels peus remanents de *Quercus ilex* en cadascuna de les parcel·les (mm·any⁻¹) i l'àrea basal que va quedar en cadascuna d'aquestes després de l'aclarida (m²·ha⁻¹), ($r^2 = 0.94$, $n=12$, $p<0.001$), figura 3.2. Aquest resultat revela l'existència d'un efecte de la densitat del rodal en el creixement individual dels

Capítol III. El creixement dels peus remanents

peus. Diferents estudis realitzats també en alzinars van mostrar el mateix tipus de resposta, quan analitzaven el rodal en condicions control (Mayor, 1994) i després de l'aplicació de diferents intensitats d'aclarida (Ducrey i Toth, 1992).



● control ▽ a.mínima ◆ a.intermèdia □ a.màxima

Figura 3.2 Ajust dels canvis en l'increment absolut en diàmetre mitjà dels peus remanents en cada parcel·la ($\text{mm}\cdot\text{any}^{-1}$), en funció de l'àrea basal que es va deixar a la mateixa després de l'aplicació de les diferents intensitats d'aclarida ($\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$). Es presenten els valors mitjans dels peus remanents en cada parcel·la ($\pm\text{EE}$).

Un altre component que també cal tenir en compte quan s'analitza qualsevol variable de creixement és la grandària inicial que té el peu, i en aquest cas es va considerar el diàmetre com l'indicador de la grandària. L'increment absolut mitjà de l'àrea basal dels peus remanents de *Quercus ilex* entre 1992 i 1997, es va relacionar positivament i significativa amb el diàmetre inicial, tant en l'alzinar control com en l'alzinar aclarit. Les regressions linears entre l'increment absolut de l'àrea basal (y , cm^2) i el D_{50} inicial (x , cm) dels peus remanents per a cadascuna de les intensitats d'aclarida van ser:

Capítol III. Elcreixement dels peus remanents

Control	$y = -0.982 + 0.444 x$	$r^2 = 0.41$	$n = 1975$	$p < 0.001$
a.mínima	$y = -1.418 + 1.421 x$	$r^2 = 0.31$	$n = 3086$	$p < 0.001$
a.intermèdia	$y = -1.326 + 2.321 x$	$r^2 = 0.26$	$n = 1696$	$p < 0.001$
a.màxima	$y = -2.208 + 3.582 x$	$r^2 = 0.29$	$n = 1423$	$p < 0.001$

Mayor i Rodà (1993) en una experiència d'aclarida a l'alzinar del Montseny van trobar el mateix tipus de relació. Això és, els peus més grans van presentar taxes absolutes de creixement superiors als dels petits. Mayor (1992) quan analitzava l'efecte del reg sobre el creixement en diàmetre de les alzines en un alzinar de Prades va trobar que aquest tenia un efecte positiu, que era més gran en els arbres més grossos. Segons l'autor en una situació en la que es manté una densitat molt elevada, els arbres dominants i codominants tenen unes millors condicions per a la intercepció de la llum i més possibilitats per expandir les seves capçades, cosa que els permet mantenir unes taxes fotosintètiques i d'adquisició de nutrients més elevades. Segons Nowaki i Abrams (1997) la resposta en el creixement radial en boscos tancats depèn molt de la proximitat i l'exposició de la capçada de l'individu als buits que es puguen donar en les capçades, això és, a l'accessibilitat de les capçades a la radiació.

Bréda *et al.* (1995), després d'una aclarida en un bosc de *Quercus petraea*, també van trobar que els peus que millor responien al tractament eren els dominants, ara bé, l'aclarida va afectar més la taxa de creixement dels peus suprimits que dels codominants, probablement perquè l'augment de radiació que arribava a les capçades era més significatiu per als peus suprimits que per als codominants.

Com que la grandària del peu (diàmetre inicial) afectava significativament l'increment en diàmetre, es va realitzar l'anàlisi de la covariància (ANCOVA) per comprovar si la intensitat d'aclarida seguia tenint un efecte significatiu

Capítol III. El creixement dels peus remanents

sobre el creixement individual una vegada descomptat l'efecte del diàmetre inicial (covariable). Tal i com calia esperar segons les regressions establertes entre l'increment absolut de l'àrea basal i el diàmetre inicial dels peus de *Quercus ilex*, el model va mostrar un efecte significatiu del diàmetre inicial ($p < 0.001$), però a més, i de manera molt destacada la intensitat continuava tenint un efecte significatiu ($p < 0.001$) sobre l'increment absolut de diàmetre dels peus remanents entre 1992 i 1997 (taula 3.2). Així, una vegada descomptat l'efecte del diàmetre inicial, la intensitat d'aclarida va mantenir el seu efecte positiu sobre el creixement en diàmetre dels peus remanents.

Taula 3.2 Taula d'anàlisi de la covariància dels efectes de la intensitat d'aclarida sobre l'increment de diàmetre absolut individual dels tronc, amb el diàmetre inicial del tronc com a covariable.

Font de variació	g.l	Suma de quadrats	F	p
Covariable	1	2.621	36.9	0.0001
Intensitat	3	88.376	414.73	0.0001
Residu	8179	580.54		

Un major increment absolut del diàmetre mitjà en les parcel·les aclarides en comparació amb les control (taula 3.1), pot ésser el resultat tant d'una major taxa de creixement com d'un període de creixement més llarg. Bréda *et al.* (1995), van trobar en un bosc de *Quercus petraea* que el creixement dels peus en el bosc control estava limitat per la sequera estival això és, el seu creixement s'aturava al juliol, mentre que en condicions d'aclarida els peus remanents allargaven el seu període de creixement fins mitjans de setembre. D'alguna manera en el bosc control s'arribava més ràpidament a un estat deficitari d'aigua probablement com a conseqüència d'una major absorció i de la menor quantitat d'aigua de pluja que arribava al sòl.

Capítol III. El creixement dels peus remanents

III.3.5. Evolució en el temps del creixement absolut mitjà del tronc dels peus remanents

La gran variabilitat interanual de les precipitacions condiciona, any rere any, la disponibilitat d'aigua que tenen les plantes, i per tant la resposta de la vegetació. Per tal d'eliminar el seu efecte, es va expressar el creixement diametral anual mitjà per parcel·la de les dues intensitats d'aclarida analitzades (mínima i màxima) en funció del creixement en condicions control, figura 3.3. Per al càlcul del quocient es van utilitzar els valors d'increment mitjà per parcel·la a les diferents intensitats d'aclarida.

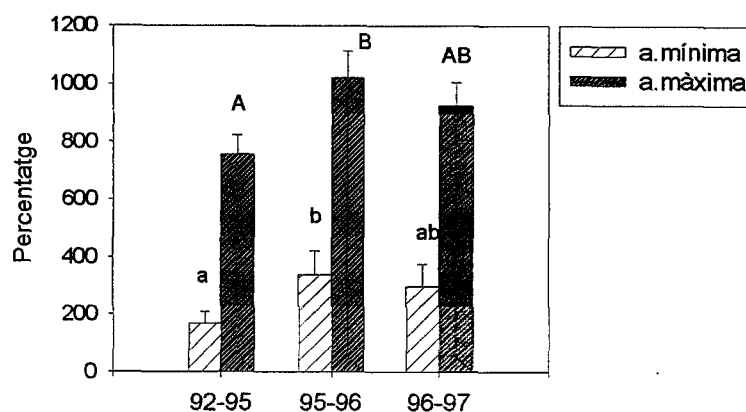


Figura 3.3 Increment mitjà del diàmetre del tronc (expressat com el percentatge de l'increment anual absolut en condicions control), per a les parcel·les de l'aclarida mínima i màxima, durant tres períodes diferents. Es representa la mitjana (\pm EE) per a $n=2$. Lletres minúscules i majúscules diferents indiquen diferències significatives entre períodes per a l'aclarida mínima i màxima, respectivament a un nivell de significació $p < 0.05$.

En l'aclarida màxima el percentatge d'increment anual del diàmetre respecte a l'alzinar control va oscil·lar entre un mínim de 757 % registrat durant el període (1992-1995), i un màxim de 1022 % enregistrat durant el període 1995-1996. Pel que respecta a l'aclarida mínima, tot i que l'evolució va seguir el mateix patró que l'aclarida màxima, els valors van oscil·lar entre un mínim de 168 %

Capítol III. El creixement dels peus remanents

per al període 1992-1995, i un màxim de 340 % per a l'any 1995 (figura 3.3). Si bé calia esperar aquest tipus de resposta en la que es demostra que l'aclarida afavoreix el creixement del tronc, respecte de les condicions control, les diferències trobades en aquest treball són especialment destacades respecte de les trobades en altres estudis realitzats en *Quercus ilex*. Així, en l'alzinar de Puechabon, amb unes característiques d'edat (anys sense pertorbacions) i d'estructura (àrea basal) semblants a la de l'alzinar de Prades, encara que amb una densitat inferior (8000 peus-ha⁻¹) i un diàmetre mitjà prou superior als dels peus de Prades (21.3-28.2 cm), després de l'aplicació de dues intensitats d'aclarida molt similars a les analitzades en aquest treball (77 i 56 % d'eliminació de l'àrea basal), aquest mateix paràmetre va mostrar uns màxims de 450 i 275 %, per a l'aclarida molt intensa i intensa respectivament, davant un 1022 i 340 % d'aquest estudi.

Tal i com es pot veure en la figura 3.3, malgrat que es valors es mantenen prou alts, l'increment mitjà del diàmetre relatiu al valor obtingut en l'alzinar control va experimentar una lleugera disminució en les dues intensitats d'aclarida a partir del 4^{rt} any (1996-1997). Evidentment aquesta tendència resta per ésser confirmada amb el pas del temps, però aquest resultat suggereix, d'alguna manera, la pèrdua de l'efectivitat de l'aclarida, si aquesta tendència es confirmés. Relacionat amb això, Jiménez-Ortiz (com. pers.) va trobar durant els 5 anys que van seguir a l'aplicació d'una aclarida en soques de *Pistacia lentiscus* i *Quercus coccifera* que havien rebrotat després d'un incendi, una pèrdua progressiva de l'efectivitat d'aquest tractament sobre el creixement en diàmetre del peu remanent.

Ducrey i Toth, 1992 quan analitzaven l'efecte de la intensitat d'aclarida en l'evolució temporal del creixement dels peus remanents de *Quercus ilex* mitjançant la mateixa variable (increment anual del diàmetre expressat com un percentatge de l'increment anual en l'alzinar control) van trobar que el major

Capítol III. El creixement dels peus remanents

increment després de l'aclarida es produïa al tercer any de la seva aplicació, i que l'any següent es produïa una disminució en totes les intensitats d'aclarida, encara que en el seu cas la tendència també restava per ésser confirmada amb el pas del temps.

La comparació de l'evolució del creixement anual en diàmetre entre les dues intensitats d'aclarida considerades va mostrar, tal i com calia esperar dels resultats presentats fins ara, que durant tot el període de seguiment els peus remanents localitzats en l'aclarida màxima van mostrar sempre percentatges superiors als de l'aclarida mínima (figura 3.3). Ara bé, aquestes diferències no es van mantenir constants amb el pas del temps, de manera que els resultats obtinguts mostren que les diferències entre les dues intensitats d'aclarida es redueixen amb el pas del temps. Durant el primer període considerat (1992-1995) el percentatge en l'aclarida màxima va ésser 4.5 vegades superior al de la mínima, mentre que un any després (1995-1996) el quocient entre els dos tractaments va disminuir a 3.0 vegades, i es va mantenir durant el darrer any analitzat en 3.1. Aquesta tendència en la resposta comparada de les dues intensitats d'aclarida tractaments coincideix amb la que van trobar Ducrey i Toth (1992), quan també aplicaven aclarides selectives en un alzinar. Segons els autors, la disminució que es produïa a partir del 4th any en l'increment anual en diàmetre, va ésser molt més acusat en l'aclarida molt intensa que en la intensa (77 i 56 % d'eliminació de l'àrea basal, respectivament). En general, la tendència mostrava que a mesura que la intensitat d'aclarida que s'havia aplicat a l'alzinar era major, la disminució en l'increment relatiu també ho era. Malgrat que no van demostrar el perquè d'aquesta resposta, entre les conclusions del seu treball manifesten la necessitat de controlar l'aparició i el creixement dels rebrots per a interpretar els resultats quan es vol transformar l'estructura d'un rodal amb un port arbustiu cap a un port arbori. En relació a això, Mayor i Rodà (1994) van trobar en un alzinar del Montseny que el creixement dels peus remanents després d'una aclarida selectiva, s'alentia als

Capítol III. El creixement dels peus remanents

12 anys de la seva aplicació, una reducció relacionada segons els autors amb el fet que el tancament de les capçades del rodal es produïa tot just durant la mateixa època.

En la nostra experiència es va detectar una lleugera disminució al 4th any de l'aplicació de l'aclarida, que d'altra banda va ésser més acusada en l'aclarida màxima que a la mínima (encara que les diferències no van ésser estadísticament significatives en cap de les dues intensitats). Tot i que aquesta tendència restaria per ésser confirmada amb el pas dels anys, les dades de creixement dels rebrots obtingudes en una i altra intensitat d'aclarida (capítol V) podrien explicar la major reducció del creixement dels peus remanents de l'aclarida màxima.

III.3.6. Creixement relatiu en diàmetre dels peus remanents a nivell individual

Una vegada demostrat l'efecte significatiu del diàmetre inicial (covariable) en l'increment absolut del diàmetre individual, això és els peus més grans presenten un increment absolut de l'àrea basal major, es va calcular per a cada peu remanent l'increment relatiu del D_{50} (diàmetre mesurat a 50 cm del sòl), com el quocient entre l'increment absolut per any ($\text{mm}\cdot\text{any}^{-1}$) del període corresponent i el seu D_{50} a l'inici del mateix període, i expressat com un percentatge.

En la taula 3.3 es mostren els increments relatius mitjans ($\%\cdot\text{any}^{-1}$) per a cadascuna de les intensitats d'aclarida. L'anàlisi de la variància va mostrar com la intensitat d'aclarida va afectar significativament l'increment relatiu del diàmetre mitjà. Tal com calia esperar, a mesura que l'aclarida va ésser més intensa, l'increment relatiu mitjà dels peus remanents de *Quercus ilex* va ésser significativament major.

Capítol III. Elcreixement dels peus remanents

Taula 3.3 Increment relatiu mitjà del diàmetre (D_{50} , %·any⁻¹) dels peus remanents en cadascuna de les intensitats d'aclarida per al període 1992-1997. Es presenta la mitjana (EE), n=3. Lletres diferents indiquen diferències significatives entre intensitat d'aclarida, (p<0.05).

Intensitat	P.remanents (%·any ⁻¹)
Control	0.88 (0.07) ^a
a.mínima	2.12 (0.10) ^b
a.intermèdia	3.20 (0.07) ^c
a.màxima	5.47 (0.56) ^d

Les dades aportades fins ara mostren clarament l'efecte significatiu de la intensitat d'aclarida sobre la taxa de creixement del diàmetre del tronc dels peus remanents, de manera que a mesura que la intensitat d'aclarida aplicada a un rodal és més intensa, l'increment relatiu mitjà també ho és, (p<0.001). D'acord amb això, Gracia *et al.* (1999) proposen que els canvis que es produeixen immediatament després d'una aclarida (la reducció de la biomassa aèria provoca un augment de la disponibilitat d'aigua, i per tant apareix un increment en la transpiració i fixació de carboni per unitat de fulla) condueixen cap a una millora significativa de la taxa de creixement dels peus remanents.

III.4. Conclusions

L'elevada densitat de l'alzinar del Mont Poblet fa que els peus de *Quercus ilex* mostren unes taxes de creixement en diàmetre especialment baixes, si les comparem amb les que presenten altres alzinars mediterranis. Això, posa de manifest el nivell d'elevada competència que es dona entre els peus aquest bosc, i que condueix inevitablement cap al seu estancament. Més encara, el fort dèficit hídric que va patir la zona com a conseqüència de l'episodi de sequera, va provocar durant aquest període una disminució molt forta del creixement del tronc, amb un increment quasi nul. Aquest resultat evidencia la

Capítol III. El creixement dels peus remanents

situació límit en la que es troba l'alzinar control durant aquest tipus d'events, i demostra que la disponibilitat d'aigua és un factor limitant del creixement de primer ordre en alzinars d'elevada densitat.

L'aplicació de les aclarides, i conseqüentment la reducció de la densitat de peus de l'alzinar, provoca una millora relativa de la disponibilitat de recursos (aigua i nutrients). L'increment de la llum, de l'espai i de la disponibilitat d'aigua i nutrients comporta una reducció de la competència, i això provoca que els peus aclarits mostren unes taxes de creixement significativament superiors a les dels peus de l'alzinar control. Aquest resultat evidencia l'efecte positiu de les operacions d'aclarida, ja que la capacitat del rodal es dirigeix cap a pocs peus, de manera que l'alzinar abandona la situació d'estancament. A més, els resultats obtinguts posen de manifest la importància de l'àrea basal que queda al rodal després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida sobre l'increment individual del diàmetre dels peus remanents. Això indica l'existència d'un efecte de la densitat del rodal en el creixement individual dels peus, i revela la importància de la gestió integral de l'alzinar.

A mesura que l'aclarida aplicada a l'alzinar és més intensa, la taxa d'increment del diàmetre del tronc també ho és. De fet, petites diferències en el criteri d'aclarida, que comporten lleugeres diferències en l'àrea basal remanent del rodal, poden conduir a canvis importants en la taxa de creixement individual dels peus remanents. Així, el fet de deixar el peu més gran (aclarida intermèdia, 72% d'eliminació de l'àrea basal) o el segon peu més gran (aclarida màxima, 79% d'eliminació de l'àrea basal) condueix a que els peus de l'aclarida màxima mostren de mitjana una taxa de creixement significativament superior a la que presenten els peus remanents de l'aclarida intermèdia.

Capítol III. El creixement dels peus remanents

A partir del 4^{rt} any des de l'aplicació de les aclarides es detecta una disminució en totes les intensitats de la taxa d'increment, que previsiblement anirà acostant-se amb el pas dels anys cap als valors previs al tractament. D'altra banda, aquesta disminució va ésser més acusada quan més intensa va ésser l'aclarida aplicada. Aquest resultat suggereix que l'efecte bé del tancament de les capçades proposada per alguns estudis, bé del fort creixement dels rebrots (capítol V) després de l'aplicació de l'aclarida màxima, pot alentir de manera especial el creixement dels peus remanents.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol IV

**Dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents
de *Quercus ilex*: conseqüències en la recuperació de
l'índex foliar**

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Capítol IV: Dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents de *Quercus ilex*: conseqüències en la recuperació de l'índex foliar

IV.1. Introducció

Els efectes de les aclarides sobre la disponibilitat de recursos de l'alzinar es poden sintetitzar en un increment, almenys relatiu, d'aigua i nutrients (Bréda *et al.* 1995), així com en un major accés dels nivells inferiors del bosc a la llum. Pel que fa a les conseqüències sobre l'estructura de les capçades, l'aplicació d'una aclarida comporta la reducció de l'índex foliar del bosc, així com l'aparició de clarianes entre les capçades dels peus remanents. D'altra banda, a més del canvi estructural, és possible que l'aclarida també provoque un canvi en el funcionament i la dinàmica d'aquestes capçades, i conseqüentment una modificació del funcionament del bosc.

Les fulles són, juntament amb les arrels més fines, la fracció més dinàmica de l'arbre. D'acord amb això, aquesta fracció serà la primera en reflectir i posar de manifest els canvis que sens dubte provoca l'aclarida sobre el funcionament i la dinàmica de l'arbre. Aquest fet, evidencia la utilitat del seguiment de la dinàmica d'aquesta fracció, especialment durant les primeres etapes que segueixen a l'aplicació de tractaments silvícoles.

Els mecanismes de construcció de les capçades després dels canvis que provoca bé una pertorbació natural, bé els tractaments silvícoles, depenen de la dinàmica de les seues fulles al llarg del temps. Per tant, els mètodes demogràfics de seguiment de les poblacions de fulles es converteixen en una eina molt útil per tal d'investigar aquests mecanismes (Schmid i Bazzaz, 1994). Malgrat això, poca atenció s'ha dirigit cap als possibles canvis en la fenologia de l'arbre, ja siga en resposta a canvis climàtics (Kikuzawa, 1995), davant

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

l'efecte d'una sequera, o com a conseqüència de l'aplicació de pràctiques silvícoles.

Si com cal esperar, l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida pot, d'alguna manera, comportar un canvi en la dinàmica de les poblacions de fulles, la recuperació de l'índex foliar, i per tant la reconstrucció i l'estructura de les capçades dependrà del tractament silvícola aplicat al bosc. D'altra banda, si tenim en compte que l'arbre pot mantenir un mateix nombre de fulles o una mateixa àrea foliar per dos camins: bé no produint fulles noves i alhora no perdent les velles, o bé guanyant-les i perdent-les de manera molt ràpida, però a la mateixa taxa (Harper i Selleck, 1987), la longevitat de les fulles pot ésser decisiva en el balanç de carboni de la planta (Kikuzawa, 1995).

Sens dubte, la dinàmica de les fulles és un tret important de la història d'una planta, a més d'un bon indicador dels canvis que es produeixen en el seu funcionament davant canvis en la disponibilitat de nutrients, després de la irrupció d'un episodi de sequera, com a conseqüència de la pol·lució de l'aire, o qualsevol altre factor (Chapin, 1980; Reich *et al.*, 1992). De fet, la longevitat de les plantes es converteix en un caràcter adaptatiu d'aquestes en resposta a qualsevol pertorbació (Chabot i Hicks, 1982). D'acord amb això, es pretén avaluar l'efecte que va tenir la intensitat d'aclarida sobre la dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents, i determinar les conseqüències sobre el funcionament i l'estructura del bosc.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

IV.2. Metodologia

IV.2.1. Marcatge i seguiment de les fulles

Per tal d'analitzar la dinàmica de les fulles, vàrem triar el branquilló com la unitat modular d'estudi. Això, ens va permetre determinar la producció i la mortalitat de fulles per branquilló en les capçades dels peus remanents. L'alzina forma fulles en diferents cohorts anuals així, el nombre de fulles produïdes en cada cohort o classe d'edat es va determinar gràcies a les diferències en el color i la consistència que mostren les fulles noves respecte de les fulles velles.

A més, es va diferenciar entre branquillons de capçada baixa i branquillons de capçada alta:

i) Branquillons de la capçada baixa: al juliol de 1992 (cens inicial) es van marcar a 8 de les 12 parcel·les de l'experiència (2 per a cadascuna de les 4 intensitats d'aclarida) un total de 240 branquillons, és a dir 30 branquillons per parcel·la. Cadascun dels branquillons marcats es trobava en un peu triat a l'atzar entre tots els que van restar drets després de l'aplicació de les aclarides. Tots els branquillons ocupaven la mateixa posició en el perfil vertical de la capçada, així com una orientació semblant. Tot seguit, les fulles dels branquillons es van marcar i classificar per cohorts d'edat, ja que a partir del color i la consistència de les fulles, i de les cicatrius de creixement dels branquillons, és possible determinar l'edat. Els cens de seguiment de les fulles d'aquests branquillons es van dur a terme en novembre 92, juliol 93, novembre 93, abril 94, juliol 94, setembre 94, novembre 94, juliol 95 i juliol 96.

ii) Branquillons de la capçada alta: atès que un presumible inici de tancament de les capçades podria crear diferències en la distribució de la llum al perfil

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

vertical de les capçades, es va instal·lar a la primavera de 1994 quatre bastides, dues en les parcel·les control i dues més en les parcel·les d'aclarida màxima. Les bastides van permetre l'accés directe a tot el perfil vertical de les capçades dels peus localitzats al voltant de la bastida, de manera que en els peus accessibles es van marcar branquillons que es trobaven en el nivell més alt de les capçades. En aquest cas es van marcar 50 branquillons en cadascuna de les 4 torres. De la mateixa manera que en el cas anterior, totes les fulles dels branquillons es van marcar i classificar per cohorts d'edat. Els cens de seguiment de les fulles d'aquests branquillons es van realitzar al juliol 94, setembre 94, novembre 94, abril 95, juliol 95 i juliol 96.

IV.2.2. Superfície de les fulles

Per tal d'analitzar els possibles canvis en la superfície mitjana de les fulles de les cohorts aparegudes després de l'aplicació de les aclarides, es van agafar al desembre de 1993 tres branques de capçades diferents en cadascuna de les parcel·les, de manera que, la mitjana en cada parcel·la es va obtenir a partir d'aquestes tres branques. Fruit d'aquest primer mostreig es van analitzar les cohorts dels anys 1992 i 1993. Dos anys després, al desembre de 1995, es va tornar a fer la mateixa operació, seleccionant les fulles de les cohorts dels anys 1994 i 1995.

Una vegada tallades les branques, les mostres es van portar en bosses de plàstic fins al laboratori per a la posterior separació per cohorts d'edat. Per a cada cohort, intensitat d'aclarida i nivell de capçada es van triar a l'atzar 50 fulles, a les quals es va mesurar la seua superfície (cm²). El procediment utilitzat per determinar la superfície va ésser el següent: cada fulla es va digitalitzar amb un escanner (ScannJett IIp, Hewlett Packard) i mitjançant un programa d'anàlisi de superfícies (Delta-T Scan Software 2.3, Delta-T Devices LTD) es va determinar la seua superfície.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

IV.2.3. Obtenció de les dades de transmissivitat de la llum de les capçades

Les dades de transmissivitat de les capçades es van obtenir a partir de la fracció de radiació fotosintèticament activa (PAR), de manera que mitjançant la utilització d'un ceptòmetre (Sunfleck Ceptometer SF-40, Delta-T Devices LTD), es va determinar la fracció de llum que travessava les capçades.

Les mesures de transmissivitat de les capçades es van fer al juliol de 1994, juliol de 1995 i juliol de 1997. El procediment en els tres anys va ésser el mateix, i consistia en la realització de transectes de 100 i 300 punts per a les parcel·les control i les parcel·les aclarides, respectivament. La radiació que arribava després de travessar les capçades dels peus remanents (Q_c), però abans de travessar les capçades dels rebrots es va mesurar a les 12 parcel·les de l'experiència (3 blocs). El procediment correcte suposa la correcció d'aquest valor en funció de la radiació mesurada a dalt de les capçades (Q_0), de manera que la transmissivitat es va calcular com el quocient entre la radiació que es mesurava a sota de les capçades i la que es mesurava a dalt des de la part superior de les bastides.

Per a cada punt del transecte, la mesura de la radiació PAR es va fer en quatre orientacions perpendiculars, de manera que la mitjana dels quatre valors es va utilitzar per als posteriors càlculs.

Per tal d'evitar al màxim l'efecte del canvi de la posició del sol sobre les mesures de transmissivitat en les diverses parcel·les, es mesurava cada bloc (4 intensitats d'aclarida) en 90 minuts aproximadament, i a les hores de màxima radiació (entre les 11:30 i les 13:00 hores solars). La utilització del ceptòmetre per a l'obtenció de l'índex foliar comporta la repetició de les mesures en cada lloc (parcel·la) com a mínim en dos angles solars diferents, de manera que per a cada parcel·la, es repetia un segon transecte. Així,

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

després del primer mostreig del bloc fet entre les 11:30 i les 13:00 hores solars, es repetia un segon mostreig entre les 13:00 i les 14:30 hores solars. D'acord amb aquest protocol, cadascun dels 3 blocs (4 intensitats d'aclarida) es mesurava en dies consecutius, i sempre amb unes condicions de cel totalment descobert.

A partir d'aquest transectes es va calcular per a cada punt de mesura (100 en les parcel·les control i 300 en cadascuna de les parcel·les aclarides) la transmissivitat com el quocient entre Q_c (radiació mesurada sota les capçades) i Q_o (radiació mesurada dalt de les capçades). Aquest valor ens proporciona el percentatge de la radiació total que arriba al sòl del bosc després de travessar les capçades o les clarianes. Finalment, el valor mitjà de la transmissivitat de cada parcel·la es va calcular a partir de tots els punts de mesura.

IV.2.4. Estimació de l'índex foliar dels peus remanents a partir dels valors de transmissivitat de la llum i la utilització del programa CANOPY

El programa *CANOPY* (Gracia, 1991) permet estimar l'índex foliar d'una comunitat de plantes si es disposa de les mesures de transmissivitat, a diferents angles zenitals del sol. Per tal de realitzar les estimes s'utilitza un model geomètric fonamentat en una distribució elipsoidal de les fulles, les bases del qual han estat descrites per Campbell i Norman (1989). Així mateix, la distribució elipsoidal dels elements fotosintètics de les capçades es fonamenta en la hipòtesi de que els angles foliars es distribueixen com els angles de les normals a petites facetes situades sobre la superfície d'un elipsoide.

El programa utilitza com a dades d'entrada els valors de transmissivitat mesurats a diferents valors d'alçada del sol, definida per l'angle zenital. El model utilitza una variació de la llei d'extinció exponencial de Monsi i Saeki

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

(1952), en la que apareix la transmissivitat com a funció del coeficient d'extinció (K) i de l'índex foliar. De manera que per a les taques de radiació directa, es compleix que:

$$\phi(z) = \exp[-K(\bar{u}, \bar{u}_j) L(z)]$$

$\phi(z)$: és la fracció de sòl cobert per taques de sol directes.

$K(\bar{u}, \bar{u}_j)$: és el coeficient d'extinció

$L(z)$: és l'índex foliar travessat pel raig

Per a cada parcel·la el valor de transmissivitat introduït al programa per tal d'estimar el seu índex foliar ha estat calculat com la mitjana de tots els punts mesurats en cada mostreig d'angle zenital.

D'altra banda, la posició del sol (angle zenital), l'altra dada necessària per a obtenir el seu índex foliar, ha estat estimada a través del programa *RADIAC* (Gracia, 1991), aportant les dades de localització (longitud i latitud), i de situació (pendent i orientació) de les parcel·les, així com la data (mes i dia) i l'hora en què es va fer el mostreig.

IV.2.5. Tractament estadístic

L'anàlisi del temps de vida foliar o de la longevitat de les fulles tracta d'explicar si una fulla de la població 1 és més longeva que la fulla de la població 2. A diferència de l'anàlisi de la mortalitat, que prova si existeix una proporció major d'individus de la població 1 que de la població 2 que arriben a una edat determinada, en l'estudi de la supervivència i longevitat de les fulles d'una cohort sí és important l'anàlisi de la forma de la seua corba de supervivència (Pyke i Thompson, 1986). Atenent a això, l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la supervivència i la longevitat de les diverses cohorts de fulles es va

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

analitzar mitjançant el log-rank tests (Peto i Peto, 1972; Peto i Pike, 1973). Es tracta d'un test no paramètric, que pot determinar si cohorts diferents (en aquest cas que es desenvolupen en les capçades d'un alzinar control i d'un alzinar aclarit) tenen durant un mateix període de temps una supervivència diferent. Per tal de provar l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la supervivència de les fulles es va considerar per a una cohort i intensitat d'aclarida determinades, una única població de fulles, que va resultar de la integració de les poblacions de les dues rèpliques. Això va ésser possible perquè prèviament es va comprovar que no hi havia diferències significatives en la supervivència de les fulles d'una cohort entre les dues rèpliques d'una mateixa intensitat d'aclarida.

En les relacions entre les variables estructurals (índex foliar remanent, $m^2 \cdot m^{-2}$) i les variables demogràfiques (mortalitat i producció de fulles per branquilló) s'han utilitzat regressions. El tipus de regressió utilitzada (lineal, potencial o exponencial) s'indica en cada cas. Les relacions entre ambdós tipus de variables han estat establertes a nivell de parcel·la, de manera que els valors de mortalitat i producció corresponen a la mitjana de tots els branquillons de cadascuna de les parcel·les.

L'efecte del tractament (intensitat d'aclarida) aplicat a l'alzinar i de l'any de brotada sobre la superfície mitjana de les fulles de les capçades s'ha provat mitjançant una anàlisi de la variància (ANOVA), considerant com a factors principals la intensitat d'aclarida i la cohort. Les diferències entre els diversos nivells dels factors es van particularitzar mitjançant el test de Tukeys a un nivell de significació $p=0.05$. Les anàlisis estadístiques s'han fet amb el paquet estadístic Statgraphics Plus for Windows 2.1 (Statistical Graphics Corp., 1996). L'error estàndard és la mesura de variabilitat utilitzada i s'indica com (*EE*).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

IV.3. Resultats i discussió

IV.3.1. La grandària de les fulles: efecte de la intensitat d'aclarida

La intensitat d'aclarida va tenir un efecte significatiu sobre la superfície mitjana de les fulles de les cohorts produïdes amb posterioritat a l'aplicació de les aclarides en qualsevol dels dos nivells de capçada analitzats ($p < 0.001$).

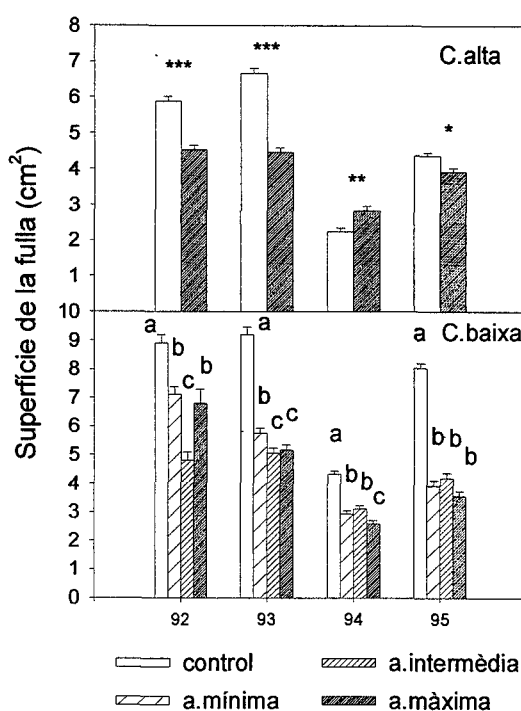


Figura 4.1 Superfície mitjana de les fulles de les diverses cohorts analitzades en cadascun dels dos nivells de capçada dels peus remanents i en cadascuna de les intensitats d'aclarida. Els valors són la mitjana (\pm EE), per a $n=100$. Els nivells de significació són: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ i ns: diferències no significatives. En el cas de la capçada baixa lletres diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida a un nivell de significació de $p < 0.05$.

Així, tant en la capçada alta com en la baixa, l'aplicació de qualsevol de les tres intensitats d'aclarida (mínima, intermèdia i màxima) va comportar que les fulles de les cohorts aparegudes amb posterioritat a l'aplicació mostraren una

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

superfície mitjana significativament menor a la de les fulles de les capçades control (figura 4.1.).

Aquest patró general va tenir una excepció en les fulles de la cohort 94 localitzades en la part alta de les capçades, ja que en aquesta brotada la superfície mitjana de les fulles de les capçades de l'aclarida màxima va ser significativament major a la de les fulles control, 2.8 (0.1) i 2.2 (0.3) cm², respectivament (p<0.01).

IV.3.2. La grandària de les fulles: efecte de l'episodi de sequera

Les variacions entre les diverses cohorts de la superfície mitjana de les fulles per a cadascuna de les intensitats d'aclarida i nivell de capçada venen detallades en la taula 4.1

Taula 4.1 Variació de la superfície mitjana de les fulles (cm²) de les diverses cohorts en les intensitats d'aclarida i nivells de capçada dels peus remanents analitzades en cada cas. El valor és la mitjana (EE), per a n=100. Lletres diferents indiquen diferències significatives entre brotades per a una mateixa intensitat d'aclarida i nivell de capçada, a un nivell de significació de p<0.05.

	Control		a.mínima	a.interm.	a.màxima	
	C.baixa	C.alta	C.baixa	C.baixa	C.baixa	C.alta
92	8.9 (0.2) ^a	5.9 (0.2) ^a	7.1 (0.3) ^a	4.6 (0.3) ^a	6.8 (0.5) ^a	4.5 (0.1) ^a
93	9.2 (0.3) ^a	6.7 (0.2) ^a	5.7 (0.2) ^b	5.1 (0.2) ^a	5.2 (0.2) ^a	4.5 (0.1) ^a
94	4.3 (0.3) ^b	2.2 (0.3) ^b	2.9 (0.1) ^c	3.1 (0.1) ^b	2.6 (0.1) ^b	2.8 (0.1) ^b
95	7.0 (0.3) ^c	4.4 (0.3) ^c	3.9 (0.2) ^c	4.2 (0.2) ^a	3.5 (0.2) ^c	3.9 (0.1) ^c

Tal com es pot veure en la taula 4.1, les variacions de la superfície mitjana de les fulles de les capçades (capçada baixa i alta) al llarg de les diverses cohorts, va estar marcada en els quatre tractaments per l'episodi de sequera iniciat a la primavera de 1994. Així, en tots els casos la superfície mitjana de les fulles de la cohort del 94 va experimentar una disminució significativa respecte de les cohorts anteriors (92 i 93) (p<0.05). De fet, en alguns casos la

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

reducció va ésser superior a un 50%; així, de manera destacada en la capçada alta de l'alzinar control les fulles de la cohort 94 van ésser de mitjana un 67% més petites que les de la cohort del 93. De fet, els resultats obtinguts mostren, per a qualsevol tractament i nivell de capçada, que en la brotada del 94 es van registrar les fulles més petites de tot el període d'estudi. De fet, en la zona d'estudi l'escàs volum de precipitacions i la seua distribució durant l'any 1994 (capítol II) va conduir l'alzinar cap a un fort dèficit hídric (Martínez, 1999). D'acord amb aquests resultats les fulles d'alzina van respondre a la sequera amb canvis de tipus estructural, de manera que aquesta reducció de la superfície mitjana de les fulles d'alzina es troba associada al fort dèficit hídric registrat en la zona d'estudi.

En la brotada següent (cohort 95) les fulles van ser de mitjana significativament més grans que les de la brotada anterior (cohort 94), encara que en cap cas aquestes fulles van ésser tan grans com les que van aparèixer en les brotades anteriors a l'inici de l'episodi de sequera (cohorts del 92 i 93), (taula 4.1).

El valor de superfície mitjana de les fulles d'alzina trobats en aquest estudi, 4.6 cm² és considerablement superior als 2.3-3 cm² trobats per Sabaté (1993) en peus adults; encara que coincideixen amb els valors trobats per Mayor (1994) en individus que es trobaven colonitzant un camp abandonat (4.5 cm²).

L'aplicació de les aclarides va comportar que les fulles localitzades en les capçades dels peus remanents mostraren, respecte de les fulles de l'alzinar control, una disminució significativa de la superfície mitjana. Aquesta resposta, que es va donar tant en la capçada alta com en la baixa es va deure, en aquest darrer nivell, a l'augment de la disponibilitat de llum que arribava a les branques inferiors a través de les clarianes obertes en les capçades. De fet, la dependència de l'estructura de les fulles en funció de la disponibilitat de llum

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

és ben coneguda, de manera que sovint es descriu en termes de fulles de sol o d'ombra (Niinemets i Kull, 1994). Segons aquests autors, la disminució de la grandària de les fulles a mesura que augmenta la disponibilitat de llum sembla ser una adaptació que afecta a l'intercanvi de calor, a l'intercanvi de carboni i a la pèrdua d'aigua, i ha estat considerada com un exemple de plasticitat davant l'ambient en el que es desenvolupa la planta. En el cas concret de l'alzina és ben conegut que les fulles exposades al sol són més petites que les d'ombra (Sabaté, 1993; Mayor, 1990).

En la capçada alta, les diferències d'exposició al sòl de les fulles entre les capçades de l'alzinar control i les de l'alzinar aclarit (aclarida màxima) lògicament es redueixen, de manera que les fulles d'ambdós tractaments tenen un accés directe a la llum comparable. Malgrat això, els resultats obtinguts en aquest nivell també indiquen una disminució de la grandària mitjana de les fulles com a conseqüència de l'aplicació de l'aclarida màxima. Aquest resultat es va obtenir malgrat que, tal i com suggereix Martínez (1999) l'estat hídric durant els dos anys que van seguir a l'aplicació del tractament, era presumiblement més favorable en les capçades de l'aclarida màxima. Contràriament al resultat que es va trobar en la majoria de les cohorts, en la cohort del 94 les fulles de l'alzinar control van ésser de mitjana significativament menors a les de l'alzinar de l'aclarida màxima. Coincidint amb això, Martínez (1999) va trobar durant la primavera i estiu de 1994 uns potencials hídrics més favorables en les capçades de l'aclarida màxima que indiquen el menor dèficit hídric que van patir aquestes capçades respecte de les capçades de l'alzinar control.

Relacionat amb això, sens dubte un altre nivell de regulació de la morfometria de les fulles té a veure amb la disponibilitat de recursos (nutrients i aigua) que té la planta en el període previ a la brotada. Encara que diversos estudis han descrit canvis en algunes variables de les fulles d'alzina (pes, gruix, superfície)

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

com a conseqüència d'un augment de la disponibilitat d'aigua i nutrients (Sabaté, 1993; Mayor, 1994; Sardans, 1993), i per tant evidencien la plasticitat de l'alzina, el fet que alguns resultats discrepen dels altres no aclareix amb certesa quins recursos i en quines situacions actuen com a factors reguladors. La disminució de la disponibilitat hídrica, com a conseqüència de l'episodi de sequera iniciat a la primavera de 1994 (capítol II), va provocar que en la cohort 94 es registraren les fulles més petites per a qualsevol de les intensitats d'aclarida. De la mateixa manera, Sala *et al.* (1994) van trobar a la mateixa zona d'estudi que les fortes variacions de la precipitació durant els període previs al creixement de l'alzina tenien un efecte significatiu sobre la superfície mitjana de les fulles.

IV.3.3. Les corbes de supervivència de les cohorts de fulles: el cicle de caiguda

En la figura 4.2 apareixen les corbes de supervivència de les diverses cohorts que integraven la capçada baixa en cadascun dels tractaments analitzats (control, aclarida mínima, intermèdia i màxima). Per a cadascuna de les cohorts i intensitats d'aclarida, en el primer any després de l'aclarida, la màxima mortalitat de les fulles es va registrar entre abril 1993 i juliol 1993, mentre que durant la tardor i l'hivern la caiguda de fulles va ésser molt escassa. Ara bé, durant el mateix període de l'any següent (abril 94-juliol 94), quan de manera general es produeix el pic de caiguda de fulles de l'alzina, les corbes de supervivència de totes les cohorts només van mostrar una lleugera disminució de la supervivència de fulles. Aquesta resposta va contrastar amb la forta caiguda registrada durant el mateix període de l'any anterior (abril 93 – juliol 93), (figura 4.2).

De fet, aquesta supervivència tan elevada registrada entre abril 94 i juliol 94 va anar seguida d'un canvi dràstic. Així, el cens de supervivència de fulles realitzat a la fi de l'estiu de 1994 (setembre), va evidenciar una gran mortalitat

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

de fulles en les capçades de l'alzinar control. Això, lògicament es va reflectir en un marcat pic descendent de totes les corbes de supervivència de les diverses cohorts (figura 4.2), encara que no es va traduir en la caiguda d'aquestes fulles. Això és, malgrat que les fulles estaven totalment seques i per tant es van considerar com a mortes, es van mantenir en l'arbre. De fet, l'inici de la caiguda d'aquestes fulles seques es va registrar entre els censos de setembre i novembre de 1994, i molt probablement aquesta primera caiguda de fulles va estar induïda per les fortes pluges registrades a l'octubre de 1994. D'acord amb aquests resultats, el cicle de mortalitat i caiguda de les fulles d'alzina es va veure afectat notablement per l'episodi de sequera que va patir l'alzinar a partir de la primavera de 1994.

En relació al cicle de caiguda de fulles, Bellot *et al.* (1992) van trobar en *Quercus ilex* que la variabilitat mensual de l'aport de fullaraca, durant 7 anys d'estudi a l'alzinar de l'Avic mostrava un patró molt clar que es repetia al llarg dels anys. D'acord amb els seus resultats, la caiguda de fullaraca mostrava una forta estacionalitat, amb un 84 % de caiguda de fullaraca entre abril i agost, amb un pic, que en la majoria dels anys es produïa al juny. Del Arco *et al.* (1991), també van trobar en l'alzina el mateix patró de caiguda. D'acord amb els resultats obtinguts, cal destacar que l'aplicació de les aclarides no va comportar la modificació del cicle de caiguda de fulles d'alzina, ja que es va registrar un màxim de caiguda en totes les intensitats d'aclarida entre el mesos d'abril i juliol.

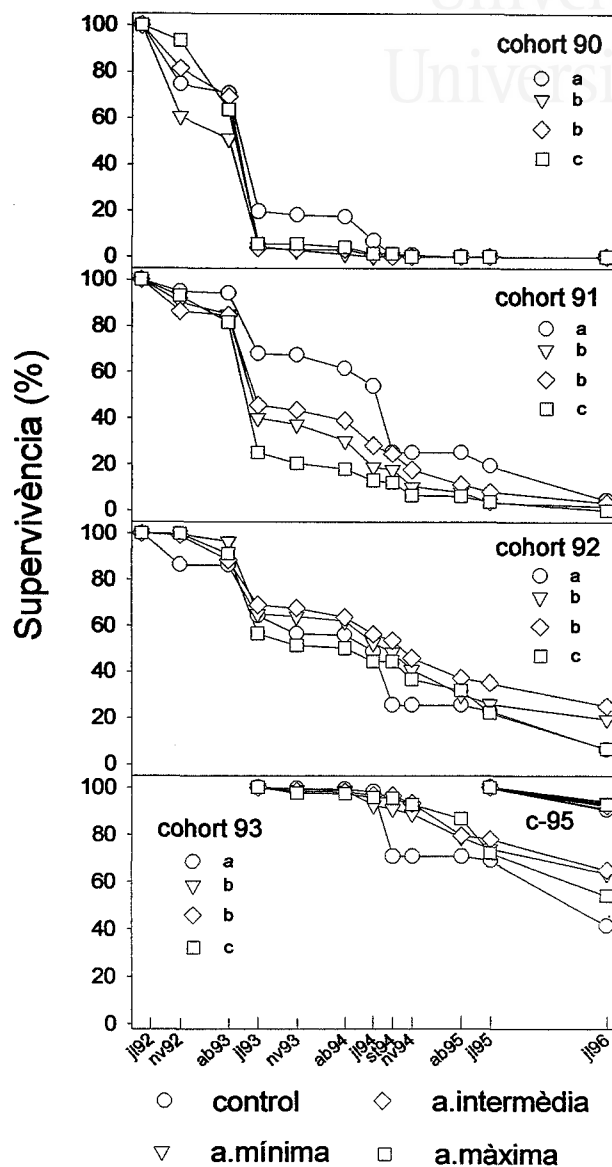
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.2 Corbes de supervivència de les cohorts que formaven part de les poblacions de fulles de la capçada baixa en cadascun dels quatre tractaments (control, aclarida mínima, intermèdia i màxima). Les dades corresponen a un valor poblacional, que és el resultat d'integrar totes les fulles dels branquillons en un únic valor. Per a cada cohort lletres diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida en la supervivència de les fulles ($p < 0.05$) d'acord amb el Log-rank Test

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Per contra, sí va desaparèixer l'estacionalitat de la caiguda de les fulles com a conseqüència de l'episodi de sequera que fa afectar l'alzinar a partir de la primavera de 1994. Linder *et al.* (1987), van detectar en una plantació de *Pinus radiata* en Austràlia, com el cicle de caiguda de les acícules es va veure alterat pels efectes d'una sequera. D'acord amb els seus resultats, en les zones afectades per la sequera el dèficit hídric provocava que el pic de caiguda es produís durant l'estiu, mentre que en les zones amb un nivells de precipitació normals, el màxim es produïa entre la tardor i principis de l'hivern. Així, els resultats suggerien que l'aparició de la sequera va avançar la caiguda de les fulles com a conseqüència de les condicions d'elevat estrés hídric dels individus i del sòl. El fet d'avançar la caiguda de la fulles i per tant disminuir la superfície de transpiració, sota unes condicions hídriques adverses, sembla la resposta més eficient. Contràriament a això, els resultats obtinguts indiquen que no tan sols no es va avançar la caiguda, sinó, que fins i tot, el pic de caiguda que de manera general es produeix entre l'abril i l'agost (avançant-se a la brotada de l'alzina) no es va produir durant l'any 1994. Segons això, és possible que el patró de caiguda agreugés més encara l'estat de les capçades, de manera que tal i com proposa Linder *et al.* (1987), davant una sequera si la caiguda no es produeix de manera ràpida, les seues conseqüències poden arribar a ésser irreversibles per als individus afectats.

Si la caiguda de les fulles no s'avança al període de sequera, es pot arribar a un nivell elevat d'embolisme (*i.e.* una proporció important de pèrdua de conductivitat hidràulica), que pot tenir conseqüències catastròfiques per a la planta afectada, ja que aquesta es pot arribar a assecar completament. Així, si el dèficit hídric ha causat un cert grau d'embolisme, i per tant una disminució de la conductivitat hidràulica, però si l'àrea foliar és constant, i per tant també ho és la transpiració, o com a mínim no disminueix significativament, pot provocar un nivell d'embolisme encara major, i així fins a la mort de la branca afectada (Martínez, 1997).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

D'altra banda, atès que no es va produir de manera ràpida l'ajust de l'àrea foliar durant l'episodi de sequera és possible que molts dels branquillons, especialment els de les capçades de l'alzinar control, patiren un procés d'embolisme. Aquest fet explicaria, atesa la impossibilitat de l'àcid abscísic d'arribar a les fulles, que moltes es mantingueren a l'arbre, malgrat que estaven seques.

Segons Del Arco *et al.* (1991), l'aparició de l'estrés hídric en regions semiàrides és, de lluny, molt menys predible que les baixes temperatures de l'hivern. D'acord amb això, les espècies que viuen sota un fort estrés hídric estival, desenvolupen una mortalitat de fulles gradual per tal d'enfrontar-se amb una aparició de l'estrés hídric gens gradual. Tanmateix, Del Arco *et al.* (1991) van trobar una reducció en les taxes de retranslocació com a conseqüència d'un increment en l'amplitud del període d'abscisió. Aquest resultat suggereix que, d'alguna manera, hi ha unes concessions entre les adaptacions que tendeixen a fer-li front a l'estrés hídric i les que tendeixen a resoldre la situació sota un estrés nutricional. Una prioritat en la millora de l'eficiència de retranslocació podria comportar, o més bé imposar, la modificació del patró d'abscisió, i això seria un cost en termes d'eficiència en l'ús de l'aigua inacceptable en les condicions de baixa disponibilitat d'aigua de moltes de les zones de clima mediterrani (Escudero *et al.* 1992). Les corbes de supervivència de les fulles obtingudes en les capçades dels peus remanents mostren que, per a qualsevol de les intensitats d'aclarida, l'inici de la sequera a la primavera de 1994 es va reflectir en una desaparició del pic de màxima caiguda. Aquest fet, més que associar-se a una resposta o estratègia de l'alzina en un intent d'adaptar-se al sever estrés hídric, segons van trobar Del Arco *et al.* (1991), és el fruit d'unes circumstàncies en les que, en concret l'absència d'una resposta més eficaç va provocar que la gran majoria de les fulles començaren a assecar-se. Així, en lloc de caure van començar a assecar-se poc a poc en l'arbre, de manera que a la fi de l'estiu es va detectar la gran mortalitat de fulles, que no caiguda, en

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

les capçades control. A partir de setembre, els factors mecànics com el vent o la pluja van dirigir la caiguda progressiva de les fulles seques. De fet, coincidint amb les fortes pluges de l'octubre de 1994, es va detectar al mostreig de novembre de 1994 la caiguda de bona part de les fulles que es van assecar en l'arbre a la fi de l'estiu.

IV.3.4. La longevitat de les fulles (LF_{50} , mesos)

L'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la supervivència de les fulles es va provar mitjançant el test de supervivència Log-rank Test (Pyke i Thompson, 1986). A més, per tal de sintetitzar la informació que aporta la corba de supervivència es va estimar per a cadascuna de les cohorts la longevitat mitja de les fulles. La longevitat mitja de les fulles (LF_{50} , mesos) es defineix com el temps transcorregut abans de que el 50% de les fulles d'una cohort hagen mort. Es tracta d'un paràmetre senzill que expressa les característiques d'una corba de supervivència (Haper i Sellek, 1987). Així, l'ajust de cadascuna de les corbes de supervivència a un model lineal, després de la transformació logarítmica, ens va permetre estimar la longevitat mitja de les fulles de les cohorts (LF_{50} , mesos). El model lineal va ésser el que va presentar el millor ajust, i a més aquest va ésser significatiu en tots els casos.

Lògicament la longevitat mitja de les fulles LF_{50} (mesos) de cada cohort ha estat calculada, sempre que era possible, a partir de l'aparició de la cohort. En la majoria dels casos així ha segut, però lògicament el primer cens de seguiment ha determinat aquest càlcul. Així, com que el seguiment de la dinàmica foliar de la part baixa de les capçades es va iniciar al juliol de 1992, l'estimació de LF_{50} per a les cohorts del 90 i 91, s'ha d'aplicar a partir d'aquesta data en què es va iniciar el seguiment de la supervivència d'aquestes dues cohorts.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Així, en totes les cohorts analitzades la supervivència de les fulles de la capçada baixa es va veure afectada significativament per la intensitat d'aclarida que es va aplicar al bosc (figura 4.2). D'altra banda, la longevitat mitja de les fulles de cada cohort en cadascuna de les intensitats d'aclarida apareix representada en la figura 4.3.

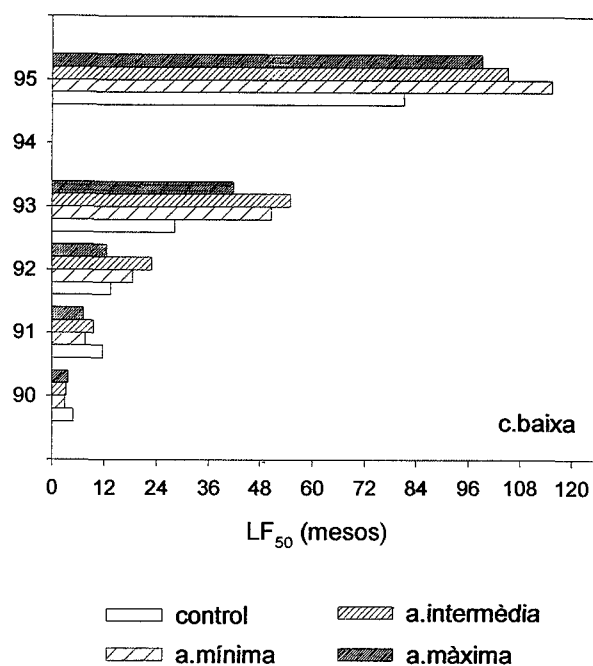


Figura 4.3. Representació de la longevitat mitja de les fulles LF_{50} (mesos) de les diverses cohorts analitzades a partir del moment de la seua brotada, a excepció de les cohorts 90 i 91 en què l'estimació ha estat feta a partir de juliol 1992, quan ja s'havien produït les respectives brotades. Cada valor ha estat obtingut a partir de la seua respectiva corba de supervivència, per tant és la longevitat mitja calculada a partir de tota la població de fulles d'una cohort, i per tant considerant la suma de les fulles de tots els branquillons marcats.

El patró de longevitat de les fulles de les cohorts que van aparèixer amb anterioritat a l'aplicació de les aclarides (90 i 91), es va caracteritzar perquè en les capçades de l'alzinar aclarit les fulles d'aquestes cohorts van mostrar una longevitat mitja inferior a la de les fulles de les capçades control (figura 4.3).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Per contra, les cohorts aparegudes amb posterioritat a l'aplicació de l'aclarida (92, 93 i 95) la tendència va ésser justament la contrària, de manera que en aquestes tres cohorts les fulles de les capçades de l'alzinar control van mostrar una longevitat mitja inferior a la longevitat de les fulles de les capçades de l'alzinar aclarit. Així, en les capçades de l'alzinar control les fulles de la cohort 93 van mostrar una longevitat mitja de 28 mesos, mentre que en les capçades de l'aclarida mínima, intermèdia i màxima la longevitat mitja de les fulles d'aquesta cohort va ésser de 51, 55 i 42 mesos, respectivament. En qualsevol cas, també cal destacar que de manera general la longevitat de les fulles de les capçades de l'aclarida màxima va ésser en aquestes tres cohorts 92, 93 i 95 menor a la de les fulles de les capçades de l'aclarida mínima i intermèdia. De fet, en la cohort del 92 la longevitat mitja de les fulles de les capçades control i de l'aclarida màxima va ésser en ambdós casos de 13 mesos, mentre que en els tractaments intermedis les fulles van ésser més llargues, 19 i 23 mesos en l'aclarida mínima i intermèdia, respectivament. D'acord amb aquests resultats, les fulles dels tractaments més extrems (control i aclarida màxima) van mostrar una longevitat menor a la de les fulles dels tractaments intermedis (figura 4.3). Siga com siga, en dues de les cohorts analitzades (93 i 95) la supervivència de les fulles de les capçades control va ésser significativament inferior a la que van mostrar aquestes mateixes cohorts en les capçades de l'aclarida màxima.

Com ja s'ha dit en la introducció, una planta pot mantenir el mateix nombre de fulles o de biomassa de fulles per dos camins, mostrant una producció de fulles noves molt baixa i al mateix temps una mortalitat també reduïda, o bé guanyant i perdent fulles de manera ràpida, però a una mateixa taxa (Harper i Seltek, 1987). La primera possibilitat aniria associada a un comportament conservador propi d'espècies que es desenvolupen en ambients pobres en recursos, mentre que l'altra possibilitat (fulles que es renoven més ràpidament)

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

correspondria a una dinàmica més accelerada característica d'espècies d'ambients rics.

La longevitat o el temps de vida de les fulles d'arbres i arbusts perennes pot variar des d'un, fins a quaranta anys (Son i Gower, 1991), tot i que en la majoria d'aquestes espècies oscil·la, de manera general, entre un i quatre anys (Karlsson, 1992). Lledó (1990) va trobar a l'alzinar de l'Avic (Prades) una renovació de la biomassa de fulles de 3.1 anys; a d'altres alzinars com el de la Castanya (Montseny) es va obtenir una renovació de 2 anys i per al de la Rouquet d'1.8 anys. Més encara, a l'alzinar del Monte Minardo es cita l'existència de fulles de fins a 4 anys (Leonardi i Rapp, 1980), i a un alzinar proper a Montpellier s'han trobat fulles de fins a 7 anys (Le Floch com. pers. en Lledó, 1990). Aquest ventall de xifres per a una mateixa espècie posa de manifest que les diferències en l'estructura dels diferents alzinars estudiats, l'edat de les soques, així com la climatologia dels diferents anys en què es van realitzar els estudis poden ésser factors determinants en la dinàmica de les fulles de *Quercus ilex*.

De manera general, els resultats obtinguts en aquest treball mostren que l'inici de la caiguda de les fulles d'una cohort es produeix quan les fulles tenen aproximadament un any de vida, coincidint amb la següent brotada. Aquest patró coincideix amb el que van trobar Del Arco *et al.* (1991) quan van establir la longevitat màxima de les fulles de *Quercus ilex ssp. rotundifolia* entre els 697 i els 795 dies, de manera que les alzines començaven a perdre les fulles d'una cohort a l'any de la seua aparició, és a dir a la meitat de la longevitat màxima. Mayor (1994), en arbrissons de *Quercus ilex* també va trobar el mateix resultat. D'acord amb els resultats mostrats, aquest patró general, no es va complir en la cohort 94, ja que en la part alta de les capçades tant de l'alzinar control, com en el de l'aclarida màxima (en la capçada baixa la producció de fulles va ésser

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

nul·la), al novembre de 1994 ja es va registrar en aquesta cohort una mortalitat de fulles del 20%.

L'efecte de l'aclarida aplicada a l'alzinar a l'hivern de 1992, així com l'efecte del sever estrés hídric provocat per la sequera, especialment durant l'any 1994, va conduir a canvis significatius en la supervivència de les fulles d'alzina, i per tant de la seua longevitat. Aquests canvis, reflecteixen d'una banda la gran plasticitat d'aquesta espècie, però de l'altra posen de manifest l'existència de límits en els nivells de tolerància de l'alzina a certes intensitats d'estrés. De fet, la longevitat de les fulles és un caràcter d'adaptació de les plantes (Chabot i Hicks, 1982). Algunes de les hipòtesis plantegen que allargar el temps de vida de les fulles és avantatjós per a la conservació de nutrients (Chapin 1980), el balanç de carboni (Kikuzawa, 1989 i 1995) i l'eficiència en l'ús de nutrients (Chapin 1980; Chabot i Hicks 1982). Per contra, temps de vida curts han estat considerats com adaptacions per a una taxa de creixement ràpida (Coley, 1988) i com una manera d'evitar la sequera (Coley 1966, en Reich *et al.*, 1991) o altres tipus d'estrés estacional, com les gelades.

En les cohorts més velles (90 i 91), l'aplicació de l'aclarida va provocar un escurçament de la longevitat de les fulles. Això, es pot deure a que la major producció registrada en aquestes capçades comportés una major demanda de nutrients des de les fulles joves de la planta. Aquest fet podria induir un major retranslocament de nutrients de les fulles velles, i consegüentment, aquest procés de pèrdua de nutrients disminuiria la seua capacitat fotosintètica i finalment determinaria la mort i caiguda d'aquestes fulles, tal com suggereixen alguns treballs (Mooney, 1983; Fife i Nambiar, 1984) quan comparaven la dinàmica foliar de les capçades de llocs fèrtils i menys fèrtils. Tanmateix, alguns resultats demostren un augment de la longevitat de les fulles amb un increment de la disponibilitat de nutrients. D'acord amb Reich *et al.* (1992), la relació entre la longevitat de les fulles i la disponibilitat de nutrients és diferent

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

per a rodals naturals respecte de rodals amb una fertilització molt recent. De manera que aquests últims tendrien a incrementar la retenció de les fulles, mentre que una fertilitat elevada en un rodal natural condueix a un escurçament de la longevitat de les fulles.

En qualsevol cas, els resultats trobats en les cohorts més velles que indiquen una renovació major de les fulles de les capçades de l'alzinar aclarit respecte de les de l'alzinar control, es podrien explicar si tenim en compte que, per a una espècie el creixement d'un individu en un ambient amb elevada (enfront baixa) disponibilitat de nutrients, induït en el clima mediterrani per un augment de la disponibilitat d'aigua, condueix a un major contingut de N foliar per unitat de biomassa (Del Arco *et al.*, 1991). Això conduiria a una major taxa fotosintètica neta màxima (Reich *et al.* 1992), així com a un creixement proporcional major de les capçades que de les arrels, que en conjunt conduiria a una major acumulació total de C de la capçada, majors taxes d'expansió d'aquestes i elevades taxes de creixement. A la vegada, taxes elevades d'expansió i creixement de les capçades resultarien en un avançament de la senescència de les fulles (major renovació, i per tant una acceleració de la dinàmica de les capçades), d'acord amb la teoria d'optimització d'assimilació de C en les capçades (Hirose i Werger, 1987; Kikuzawa, 1995), associada a un retranslocament de N cap a les fulles noves (Mooney, 1983).

Ara bé, a partir de la cohort del 92 es va invertir la dinàmica foliar en les diverses intensitats d'aclarida de manera que, a diferència del que es va registrar en les cohorts més velles, en aquestes cohorts aparegudes després de l'aplicació dels tractaments (92, 93 i 95), les fulles de les capçades de l'alzinar control van mostrar una longevitat inferior a la de les capçades de l'alzinar aclarit. L'escurçament de la longevitat de les fulles de les capçades de l'alzinar control va ésser el reflex més immediat del fort estrés hídric que va patir l'alzinar control. Així, el fet que en l'alzinar control s'hagués mantingut

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

intacte l'índex foliar ($3.93 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$), va conduir les capçades, davant l'escassa disponibilitat hídrica, cap a un greu problema d'estalvi d'aigua que va requerir l'ajust immediat de l'àrea foliar d'aquestes mitjançant un escurçament de la longevitat de les fulles.

De fet, el dèficit hídric ha estat proposat com una de les causes de l'escurçament del temps de vida foliar (Coley 1966, en Reich *et al.*, 1991). Mooney *et al.* (1975) d'acord amb els resultats de guany de carboni en espècies perennes de Califòrnia, suggereixen que quan el període de dèficit hídric és especialment llarg això és, quan es desplaçaven cap a la zona de desert, les espècies caducifòlies de sequera reduïen les pèrdues de carboni per respiració, i conseqüentment mostraven una millor adaptació que les espècies perennes. Reich i Borchert (1984), en un bosc tropical sec també van detectar una reducció del temps de vida de les fulles com a conseqüència de l'estrés hídric provocat per una sequera.

Els resultats obtinguts suggereixen que l'índex foliar de les capçades va ésser un factor determinant en l'escurçament dels temps de vida de les fulles, per tal de reduir així la superfície de transpiració durant l'episodi de sequera. Tenint en compte aquesta interpretació, aparentment pot resultar estrany que les fulles de les capçades de l'aclarida màxima mostraren longevitats semblants a les de les capçades control, i en qualsevol cas menors a les de les capçades de l'aclarida mínima i intermèdia. Ara bé, cal tenir en compte que, malgrat que l'índex foliar de l'alzinar després de l'aplicació de l'aclarida màxima va quedar molt reduït $0.78 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, dues circumstàncies poden haver provocat que les fulles de l'alzinar de l'aclarida màxima mostren una dinàmica semblant a les de l'alzinar control. D'una banda l'elevada producció i acumulació de fulles en aquestes capçades immediatament després de l'aclarida (aspecte tractat més endavant), i d'altra el fort creixement dels rebrots com a conseqüència de l'aplicació d'aquesta intensitat d'aclarida (capítols V i VI).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Aquests resultats són especialment rellevants si tenim en compte que diferències en la longevitat de les fulles poden conduir a importants canvis en l'acumulació de fulles de les capçades, en el cicle de nutrients del rodal i en l'acumulació neta de carboni (Gosz, 1981; Aerts, 1990; Lajtha i Witford, 1989)

IV.3.5. La dinàmica foliar de les capçades l'any següent de l'aplicació de les aclarides (juliol 92-juliol 93): balanç entre la mortalitat i la producció de fulles

En la figura 4.4 apareixen les relacions entre l'índex foliar que va quedar a l'alzinar després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida i la taxa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló en cadascuna de les intensitats d'aclarida. Aquestes dues variables han estat calculades de la següent manera:

- taxa relativa de mortalitat de fulles per branquilló i període (TRM, any⁻¹): nombre de fulles mortes entre el mostreig t i t+1 en el branquilló, dividit pel nombre total de fulles que aquest tenia al mostreig t.
- taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló i període (TRP, any⁻¹): nombre de fulles noves al mostreig t+1 entre el nombre de fulles ja presents en el branquilló al mostreig t. Indica la relació entre fulles noves (fulles que apareixen en cada brotada) respecte a les fulles totals que té el branquilló.

Durant l'any que va seguir a l'aplicació de l'aclarida ambdues variables es van relacionar significativament amb l'índex foliar que va restar a l'alzinar després de l'aplicació de les aclarides, $p=0.013$ i $p=0.007$ per a la taxa relativa de mortalitat i producció de fulles noves, respectivament. Tal com es pot veure en la figura 4.4 la taxa de mortalitat de les fulles va disminuir linialment a mesura

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

que l'índex foliar que va quedar després de l'aclarida (índex foliar remanent) era major (*i.e.* una taxa de mortalitat de fulles major a mesura que l'aclarida va ésser més intensa). Així, mentre que en l'alzinar control la taxa de mortalitat de fulles per branquilló va ésser de 0.34 (0.04) any⁻¹ en les parcel·les de l'aclarida màxima es va arribar a una taxa de mortalitat de 0.59 (0.02) any⁻¹.

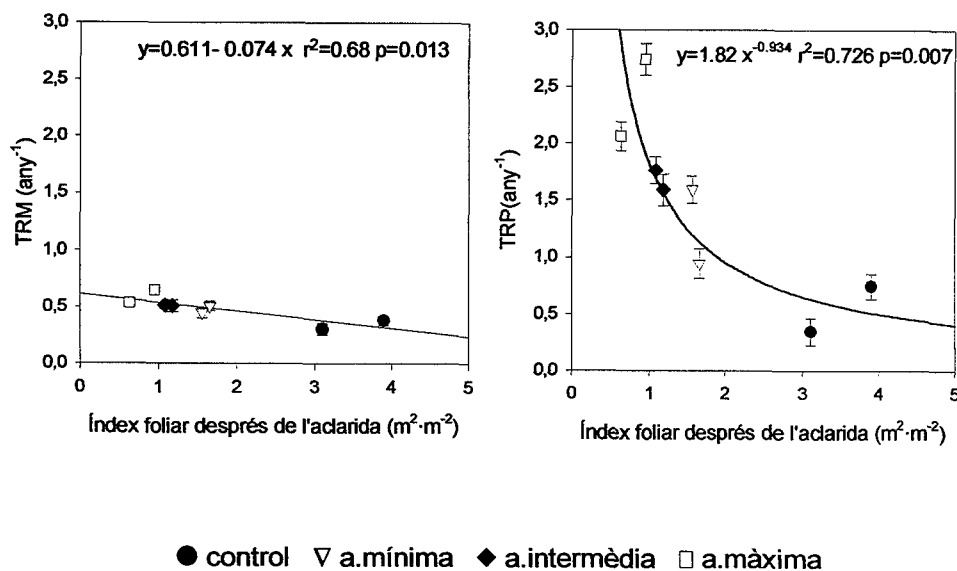


Figura 4.4 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida i la taxa relativa de mortalitat (TRM) i de producció de fulles noves (TRP) per branquilló, ambdues estimades entre juliol 92 i juliol 93. Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir dels 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

D'altra banda, es va detectar una relació potencial entre l'índex foliar remanent i la taxa de producció de fulles noves. Així, durant el primer any que va seguir a l'aplicació de l'aclarida, la taxa de producció de fulles noves va augmentar de manera potencial a mesura que l'aclarida que es va aplicar a l'alzinar va ésser més intensa, i per tant l'índex foliar remanent menor (figura 4.4). Així, les capçades de l'alzinar control van mostrar una taxa de producció de fulles noves per branquilló dues, tres i quatre vegades inferior a la que es va obtenir en les capçades de l'aclarida mínima, intermèdia i màxima: 0.55 (0.08), 1.27 (0.08), 1.68 (0.09) i 2.40 (0.09) any⁻¹, respectivament.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Després de l'aplicació d'una aclarida la disponibilitat de recursos augmenta de manera relativa com a conseqüència de la redistribució d'aquests entre els pocs individus que han estat seleccionats. A més d'un increment relatiu, els canvis que es produeixen en el microclima del bosc i del sòl, així com l'entrada extra de nutrients com a conseqüència de deixar les restes *in situ*, pot conduir a un increment absolut de nutrients, fruit de les majors taxes de descomposició i mineralització en aquelles zones on s'ha aplicat l'aclarida. D'altra banda, la radiació que arriba al perfil de les capçades augmenta considerablement com a conseqüència dels canvis que es produeixen en l'arquitectura de les capçades: formació de clarianes i reducció de l'índex foliar, fonamentalment.

Tal i com esperàvem, les fulles de les capçades dels peus remanents van reflectir els canvis que es van produir a l'alzinar després de l'aplicació de les aclarides. Així, ateses les noves condicions de l'alzinar es va registrar durant el primer any un augment significatiu de la taxa de mortalitat de les fulles dels peus remanents a mesura que l'aclarida va ésser més intensa. Aquest resultat suggereix una acceleració de la dinàmica foliar de les capçades a mesura que la intensitat d'aclarida (eliminació de l'àrea basal del rodal) va augmentar.

Els canvis registrats en la dinàmica de les fulles de les capçades d'alzina, reflecteixen una transformació des d'una estratègia més conservadora, pròpia d'espècies que es desenvolupen en ambients limitants, cap a una estratègia menys conservadora, característica d'espècies pròpies d'ambients menys limitants. De fet, els branquillons de les capçades de l'alzinar aclarit es van permetre el luxe d'incrementar la seua taxa de caiguda de fulles quan, en principi, la resposta que calia esperar d'aquestes capçades s'adreçava cap a la recuperació de l'índex foliar previ a l'aclarida.

De quina manera afecta l'augment en la disponibilitat de recursos sobre la mortalitat de les fulles? Fife i Nambiar (1984), van trobar al seu estudi sobre

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

l'abscisió d'acícules en *Pinus radiata* com l'increment de la mortalitat de fulles coincidia amb les estacions o els anys d'una elevada producció i creixement de fulles noves. Aquest patró era causat segons els autors, per una redistribució dels nutrients des de les fulles velles cap a les fulles noves, seguit d'una mortalitat de les fulles velles empobrides en nutrients. Si aquesta redistribució és l'únic control de la mortalitat de les fulles, caldria esperar un increment de la supervivència, menys mortalitat, a mesura que augmenta la disponibilitat de nutrients del medi. Però, en qualsevol cas, els resultats que hem trobat mostren un increment de la mortalitat amb l'augment de la disponibilitat de nutrients en l'alzinar aclarit. Aquest resultat coincideix amb el que van trobar altres autors en espècies perennes, ja que van detectar una major mortalitat de fulles com a conseqüència de la fertilització amb N (Schmid i Bazzaz, 1994; Lajtha i Whitford, 1989). En *Quercus ilex* Diego *et al.* (1996), van trobar que la fertilització amb N va tenir un efecte important sobre la caiguda total de fulles d'alzina, de manera que en augmentar la disponibilitat de N en el sòl després d'una fertilització, va augmentar la caiguda de virosta. Al contrari que amb la fertilització amb N, Diego *et al.* (1996), van trobar com l'efecte d'una major disponibilitat hídrica a l'alzinar, gràcies a un tractament d'irrigació, feia disminuir significativament la quantitat de fulles senescentos d'alzina. En cap any la irrigació va augmentar la caiguda de fulles d'alzina, tot i que com van demostrar (Sabaté i Gracia, 1994) va augmentar l'índex d'àrea foliar. Aquest resultat, tal com suggerien els autors, podria indicar una menor necessitat de les alzines regades d'ajustar la seua àrea foliar davant l'estrés hídric estival.

Pel que respecta a la producció de fulles, l'aplicació de les aclarides no va comportar un canvi en el patró de creixement de l'alzina. Així, el patró registrat en aquesta experiència és el típic de les espècies mediterrànies, això és, una brotada de primavera i una aturada a l'estiu (Castell, 1993; Trabaud i De Chanterac, 1985). Un segon creixement a la tardor ha estat registrat en alguns estudis, en aquesta experiència el segon flux de la brotada en els peus adults

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

només es va registrar durant la tardor de 1992, encara que el nombre de branquillons que van brotar i la quantitat de fulles que aquests produïen va ser molt més baixa que en la brotada de la primavera, coincidint amb el que va trobar Castell (1993) també en *Quercus ilex*. De fet, en les següents brotades la detecció de branquillons que van ésser capaços de produir fulles a la tardor era anecdòtica.

Pel que respecta a l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la taxa de producció de fulles, els resultats posen de manifest que les capçades d'alzina tenen capacitat de respondre a curt termini a una major disponibilitat de recursos. Després d'una aclarida selectiva l'eliminació parcial de la biomassa aèria comporta una sèrie de canvis tant en les característiques del medi (capítol II), com en l'estructura de les soques (capítol V). Associat a una major disponibilitat d'aigua, de nutrients i de llum, especialment en els nivells inferiors, les soques mantenen pràcticament intacta la seua estructura subterrània (i per tant la seua capacitat d'absorció), de manera que la relació entre la biomassa subterrània i l'aèria experimenta un fort augment respecte de les soques de l'alzinar control (Djema, 1995). D'acord amb això, el manteniment d'una elevada capacitat d'absorció de recursos mitjançant un sistema radicular molt desenvolupat, i una reducció de la biomassa foliar major, quant més intensa va ésser l'aclarida, va comportar que les capçades mostraren valors de producció de fulles per branquilló significativament més elevades, a mesura que l'aclarida va ésser més forta. Coincidint amb aquest resultat, Djema (1995), en un estudi fet a les mateixes parcel·les, va atribuir les diferències de biomassa subterrània entre les soques control i de l'aclarida màxima als dos anys de l'aclarida, a l'efecte de la mobilització de reserves emmagatzemades bé a la rabassa, bé a les arrels entre 1-5 cm de diàmetre.

La importància de la disponibilitat de recursos, en especial d'aigua, en la plasticitat dels elements de la capçada d'un alzinar de les mateixes

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

característiques que el d'aquest estudi ha estat demostrada amb anterioritat. En concret, unes experiències de ferti-irrigació en la mateixa zona d'estudi van posar de manifest l'augment de la producció de les capçades d'alzina com a conseqüència d'una major disponibilitat d'aigua i N (Sabaté i Gracia 1994).

També s'han trobat evidències de l'increment en la producció de fulles com a conseqüència d'un augment de la disponibilitat de recursos en altres espècies forestals. Així, Linder *et al.* (1987), van trobar un major desenvolupament de la capçada de *Pinus radiata* com a conseqüència d'una fertilització amb N, i associat a això, es va produir un buidat de l'aigua disponible en el sòl major en aquestes parcel·les que en les control (no fertilitzades). Gholz *et al.* (1991) en *Pinus elliottii*, van trobar que després d'un augment de la disponibilitat de nutrients, l'increment de la biomassa de fulles es va deure més a una major producció de fulles noves que a un increment de la retenció de les fulles velles. Wells *et al.* (1975) en Vose i Allen (1991), van atribuir un augment del nombre de fascicles de *Pinus tadea* que tenien més de tres acícules a l'efecte d'una major disponibilitat de nutrients després de fertilitzar. També en coníferes Valinger (1993) va trobar, després d'aplicar una aclarida a rodals de *Pinus sylvestris*, que la producció de fulles es va veure afectada pel tractament, de manera que l'increment anual de biomassa de fulles en les capçades aclarides va augmentar en comparació amb la de les capçades del bosc control.

L'evolució d'una població, creixement o decreixement, depèn tant de la mortalitat com de la producció de fulles. Per tant, controlant aquestes dues variables es pot definir si la població ha presentat un balanç positiu, que condueix cap a un procés de creixement (això és, una producció superior a la mortalitat), es manté estable, o pel contrari, es posa de manifest un procés de defoliació de les capçades com a conseqüència d'una major mortalitat que producció de fulles.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Durant l'any que va seguir a l'aplicació de les aclarides, el balanç entre la mortalitat i la producció de fulles per branquilló va ésser positiu en els quatre tractaments, això és, de mitjana els branquillons van produir més fulles de les que es van morir (figura 4.5). Encara que en les capçades de l'alzinar control també es va detectar un balanç positiu, aquest va ésser més petit que el que van experimentar les capçades de la resta de tractaments. D'altra banda, la comparació entre els tres tractaments en els que es va eliminar part de l'àrea basal (aclarida mínima, intermèdia i màxima), va mostrar que a mesura que l'aclarida va ésser més intensa, el balanç va tendir a fer-se més positiu, ja que mentre que les diferències en la taxa de mortalitat no van ésser significatives entre les tres intensitats, la taxa de producció de fulles per branquilló sí va augmentar significativament amb la intensitat d'aclarida ($p < 0.001$) (figura 4.5).

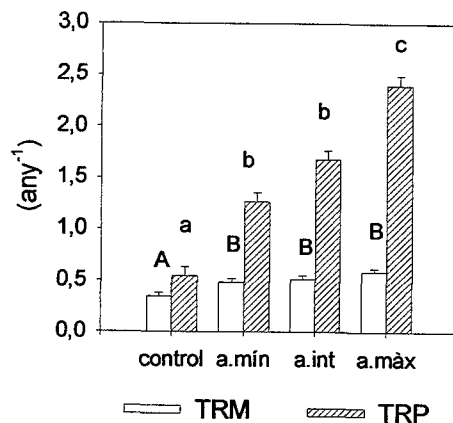


Figura 4.5 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló per a cadascuna de les intensitats d'aclarida entre juliol 1992 i juliol 1993. Apareixen representades les mitjanes ($\pm EE$), $n=60$. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida, per a TRM i TRP, respectivament, a un nivell de significació de $p < 0.05$.

Els resultats de l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre el balanç de fulles dels branquillons mostren que, a mesura que l'aclarida va ésser més intensa,

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

aquests van experimentar una acumulació de fulles superior. Ateses les modificacions que van provocar les diverses intensitats d'aclarida en les capçades, això és, una major reducció de l'índex foliar i l'aparició de clarianes més grans a mesura que la intensitat d'aclarida va ésser major, calia esperar aquest patró d'acumulació de fulles. Valinger (1993), va trobar, 5 anys després de l'aplicació d'una aclarida en rodals de *Pinus sylvestris*, un major increment de la biomassa anual de fulles per peu en les parcel·les aclarides que en les control. Així, segons l'autor, l'acceleració del creixement dels branquillons era conseqüència tant de l'augment de les possibilitats de les capçades d'eixamplar-se, com d'un increment de la disponibilitat de nitrogen, que va possibilitar un augment del creixement de les acícules en tota la capçada.

IV.3.6. Estimació de l'evolució de l'índex foliar de les capçades mitjançant un model demogràfic

Amb l'objectiu de descriure l'evolució de l'índex foliar de les capçades de *Quercus ilex* al llarg del temps, es va desenvolupar un model de tipus descriptiu que integrava els resultats demogràfics (mortalitat i producció de fulles) i estructurals (superfície mitjana) de les cohorts de fulles durant el primer any després de l'aplicació de l'aclarida. En la figura 4.6 apareix el diagrama de flux del model desenvolupat per a l'estimació de l'índex foliar de les capçades dels peus remanents. Com que el creixement d'una població de fulles depèn dels paràmetres demogràfics, la relació entre els valors de mortalitat i producció anual de fulles, permet establir l'expansió de la població. Mitjançant la incorporació de la superfície mitjana de les fulles de cada cohort al model, és possible predir l'evolució de l'índex foliar en cadascuna de les intensitats d'aclarida. Així, mitjançant aquest model es van estimar, any a any, els valors d'índex foliar en cadascuna de les 3 intensitats d'aclarida en les que aquest es va reduir com a conseqüència dels tractaments silvícol·tals aplicats al bosc.

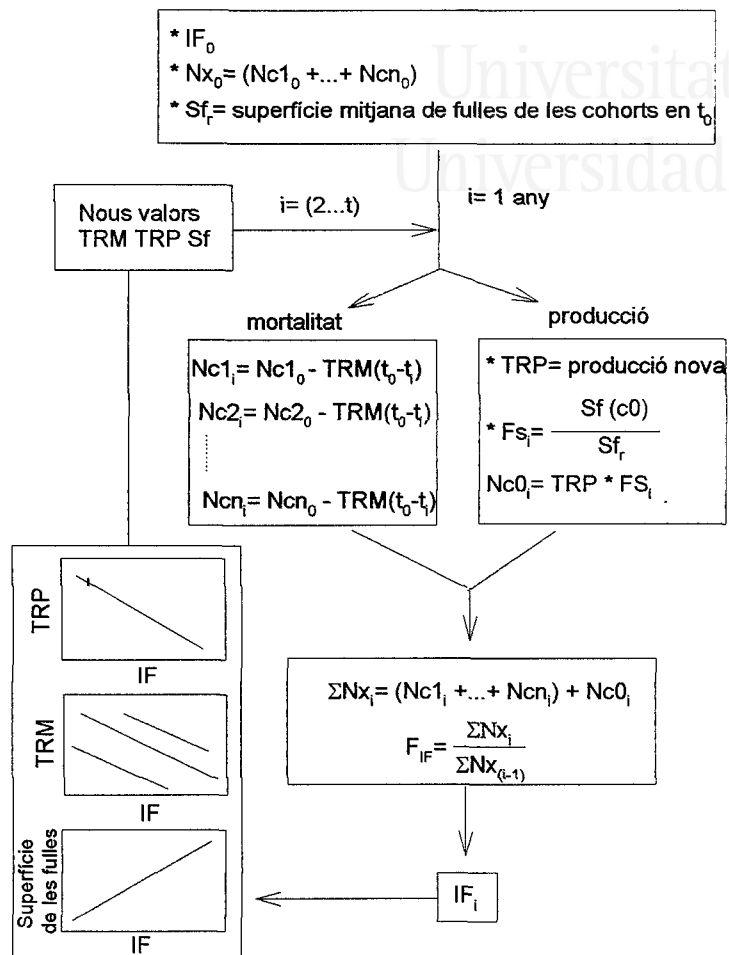
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.6 Diagrama de flux del model demogràfic desenvolupat a partir de les dades de camp de demografia i superfície mitjana de les fulles de les diverses cohorts. Les abreviacions del model representen: IF: índex foliar; Nc1: nombre de fulles de la cohort 1; Ncn: nombre de fulles de la cohort n; Nx: nombre de fulles total; TRM($t_0 - t_i$): mortalitat de fulles entre el període indicat; Sfr: superfície mitjana de les fulles en t_0 , calculada com la mitjana ponderada de totes les cohorts que configuren la població de fulles en cada any; Sf(c0): superfície mitjana de les fulles de la nova cohort; TRP: producció de fulles noves (nombre de fulles); Fs: factor de semblança de l'àrea mitjana de les fulles noves en funció de Sfr; Nc0: nombre de fulles de la cohort nova, una vegada corregida la quantitat segons Fs; IF_0 : índex foliar immediatament després de l'aclarida; F_{IF} : factor d'increment de l'índex foliar; IF_i : índex foliar en el temps i.

D'una banda, el model utilitza per a cada cohort les equacions que relacionen la mortalitat de fulles amb l'índex foliar remanent, així com la relació entre aquest i la producció de fulles noves, ambdues relacions estimades a partir de les mesures de camp; i de l'altra la superfície mitjana de les fulles i els valors

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

inicials de l'índex foliar de les capçades obtinguts immediatament després de l'aplicació de les aclarides mitjançant el càlcul de relacions al·lomètriques (capítol II).

Els resultats de l'estimació de l'índex foliar van mostrar en les tres intensitats d'aclarida una clara tendència a recuperar els valors previs a l'aplicació de l'aclarida (figura 4.7). Així, malgrat que entre el primer i el cinquè any la tendència de la recuperació és depenent de la intensitat d'aclarida, sis anys després de l'aplicació dels tractaments la recuperació de l'índex foliar de les capçades en les tres intensitats convergeix cap a l'índex foliar previ a l'aclarida, de manera que es recuperen els valors d'índex foliar de l'alzinar control.

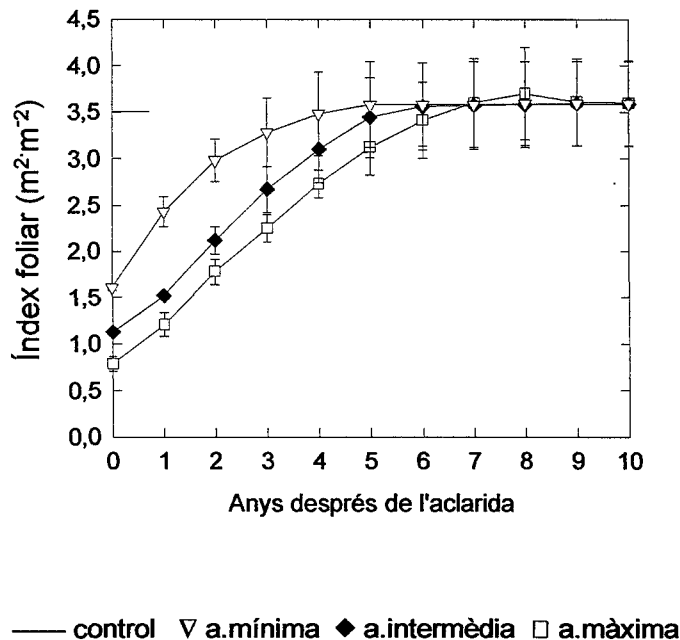


Figura 4.7 Evolució de l'índex foliar de les capçades atenent a les estimacions fetes pel model demogràfic desenvolupat a partir de les dades de camp de demografia foliar (mortalitat i producció) i d'estructura de les fulles (superfície mitjana) obtingudes durant el primer any que va seguir a l'aplicació de les aclarides. Es representen els valors mitjans ($\pm EE$), per a $n=2$.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Aquesta tendència lògicament és el reflex de la dinàmica foliar que van mostrar les capçades durant el primer any que va seguir a l'aplicació de les aclarides, i de fet els resultats de l'evolució de l'índex foliar a partir del model demogràfic suggereixen que la recuperació de l'índex foliar de les capçades depèn de la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar. Ara bé, dos factors no considerats fins el moment van jugar un paper decisiu en la recuperació de l'índex foliar de les capçades dels peus remanents en les diverses intensitats d'aclarida. D'una banda la forta sequera que va afectar la zona d'estudi a partir de la primavera de 1994 (capítol II) i d'altra l'aparició de l'estrat dels rebrots, i el creixement d'aquests (capítols V i VI).

De fet, l'efecte del període de sequera sobre la dinàmica de les fulles de les capçades en cadascuna de les intensitats d'aclarida, i les seues conseqüències en la recuperació de l'índex foliar es tracta en l'apartat següent.

IV.3.7. L'inici de la sequera (juliol 93 – juliol 94): conseqüències sobre la dinàmica foliar de les capçades

La dinàmica foliar de les capçades durant el segon any després de l'aplicació de les aclarides (juliol 93 – juliol 94) va estar marcada per l'absència d'un patró que relacionés les dues variables demogràfiques (mortalitat i producció) amb la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar l'any anterior. Així, a diferència del que va ocórrer durant el primer any que va seguir a l'aplicació de les aclarides (juliol 92 – juliol 93), en aquest segon any no es va establir cap relació significativa entre l'índex foliar que va quedar a les capçades després de l'aplicació de les aclarides i la mortalitat i la producció de fulles noves (figura 4.8).

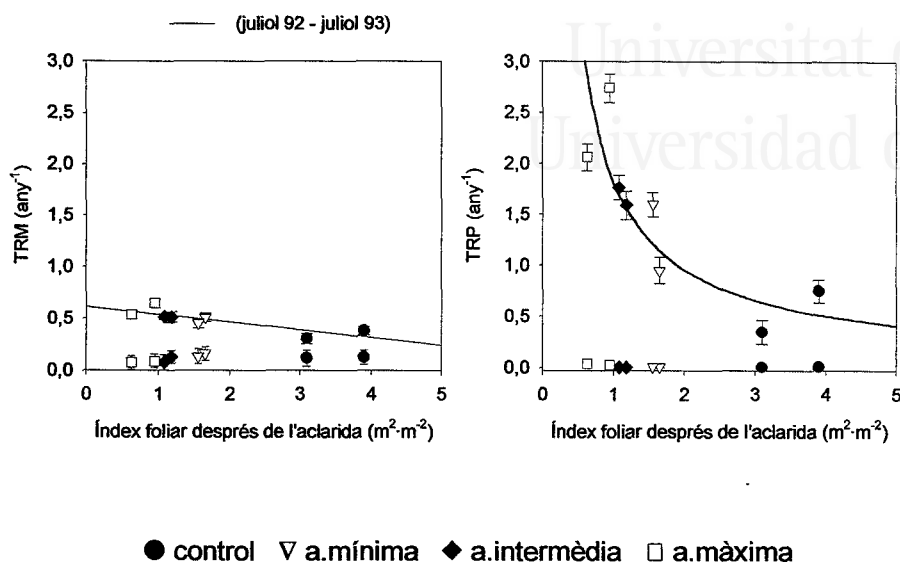
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.8 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida i la taxa relativa de mortalitat (TRM) i producció de fulles noves (TRP) per branquilló, ambdues estimades entre juliol 93 i juliol 94. Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir dels 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

En qualsevol cas, durant aquest primer any de sequera, el valor mitjà per parcel·la de la taxa de mortalitat i de la de producció de fulles noves per branquilló va ésser molt més baix en tots els tractaments, respecte dels valors obtinguts immediatament després de l'aplicació de les aclarides (juliol 92-juliol 93) (figura 4.8). Aquest resultat indica que l'episodi de sequera va provocar inicialment un alentiment de la dinàmica foliar de les capçades, que es va reflectir en una mortalitat i una producció de fulles quasi nul·la.

Atesos els resultats de mortalitat i producció de fulles per branquilló obtinguts entre juliol 93 i juliol 94, període marcat per l'inici de l'episodi de sequera, el balanç de la població de fulles va ésser negatiu en totes les intensitats d'aclarida. Així, la mitjana de la taxa de mortalitat de fulles per branquilló va ésser en tots els casos superior a la mitjana de la taxa de producció (figura 4.9). Malgrat això, cal destacar que els branquillons de l'aclarida màxima van

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

mostrar el balanç menys negatiu, ja que de mitjana la seua taxa de producció de fulles noves va ésser significativament superior a de la resta de tractaments, mentre que no es van detectar diferències significatives en la taxa de mortalitat de fulles.

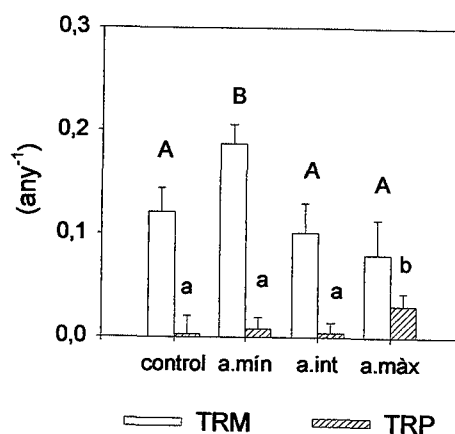


Figura 4.9 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló per a cadascuna de les intensitats d'aclarida entre juliol 1993 i juliol 1994. Apareixen representades les mitjanes (\pm EE), n=60. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament, a un nivell de significació $p < 0.05$.

IV.3.8. La continuació de la sequera (juliol 94 – juliol 95): conseqüències sobre la dinàmica foliar de les capçades

La dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents entre juliol 94 i juliol 95 (al tercer any de l'aplicació de les aclarides), es va relacionar significativament amb l'índex foliar que va quedar immediatament després de l'aplicació de les aclarides, i per tant amb la intensitat d'aclarida que es va aplicar a l'alzinar a l'hivern de 1992. Així, la taxa de mortalitat de fulles per branquilló va augmentar a mesura que l'aclarida que es va aplicar a l'alzinar va ésser menys intensa, de manera que les parcel·les control van mostrar la major

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

mortalitat de fulles (figura 4.10). D'acord amb aquest resultat, la relació entre la intensitat d'aclarida (i.e. índex foliar remanent de les capçades) i la mortalitat de fulles es va invertir respecte dels resultats obtinguts immediatament després de l'aplicació de les aclarides. Així, mentre que immediatament després de l'aplicació dels tractaments (juliol 92 – juliol 93) a mesura que l'aclarida va ésser més intensa la taxa de mortalitat va ésser major, el patró de mortalitat de fulles entre juliol 94 i juliol 95 va ésser justament l'invers (figura 4.10). Aquest resultat indica l'elevada plasticitat de l'alzina davant un canvi de les condicions ambientals, i la utilitat de la dinàmica foliar en la detecció de canvis en el funcionament del bosc.

Pel que respecta a la producció de fulles noves, els resultats obtinguts entre juliol 94 i juliol 95 mostren una relació potencial negativa entre l'índex foliar que va quedar després de les aclarides i la taxa relativa de producció de fulles per branquilló (figura 4.10). Així, tal i com va ocórrer immediatament després de l'aplicació de l'aclarida, quant més intensa va ésser aquesta, i per tant l'índex foliar que va quedar a les capçades va ésser menor, la taxa de producció de fulles noves per branquilló va ésser més gran. Ara bé, encara que el patró de producció de fulles per branquilló entre les diverses intensitats, immediatament després de l'aplicació dels tractaments i dos anys després, va ésser el mateix, els valors durant aquest darrer període van disminuir notablement.

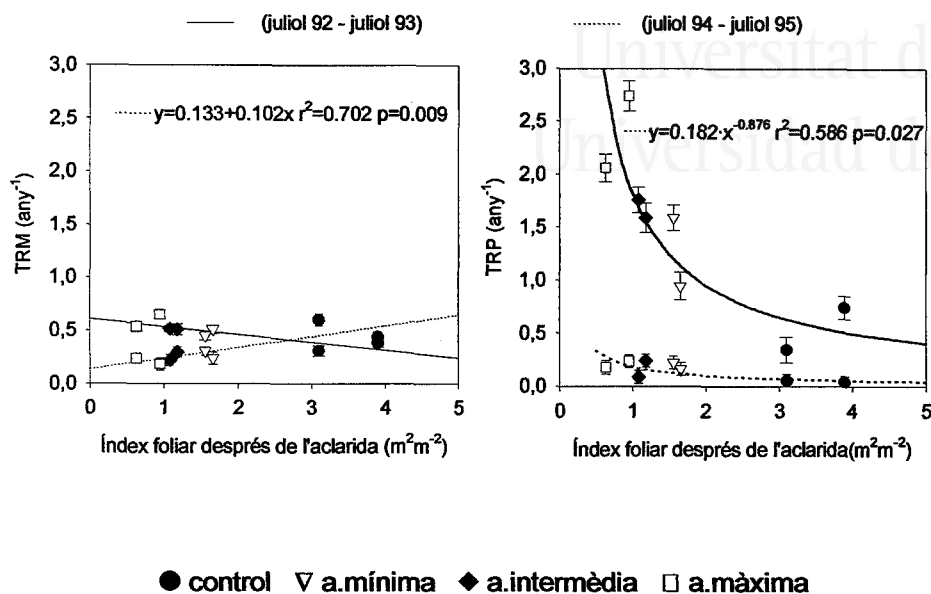
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.10 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida i la taxa relativa de mortalitat (TRM) i producció de fulles noves (TRP) per branquilló, ambdues estimades entre juliol 94 i juliol 95. Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir dels 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

El balanç entre la mortalitat i producció de fulles per branquilló de les capçades dels peus remanents entre juliol 94 i juliol 95 es presenta en la figura 4.11. Coincidint amb els resultats obtinguts durant el període anterior (juliol 93 – juliol 94, en el que es van reflectir els efectes dels primers mesos de la sequera), de nou el balanç de fulles per branquilló va ésser negatiu en tots els tractaments, atès que, de mitjana la mortalitat de fulles per branquilló va ésser major que la producció de fulles noves. En qualsevol cas, els resultats mostren que el balanç de les capçades de l'alzinar control va ésser més negatiu que el de les capçades de l'alzinar aclarit (qualsevol de les intensitats). Així, d'una banda les capçades de l'alzinar control van mostrar una taxa de mortalitat de fulles significativament major a la de la resta de tractaments i de l'altra, la taxa de producció de fulles noves per branquilló de les capçades de l'alzinar control va ésser significativament menor a la que van presentar les capçades de l'alzinar de l'aclarida mínima, intermèdia i màxima (figura 4.11).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

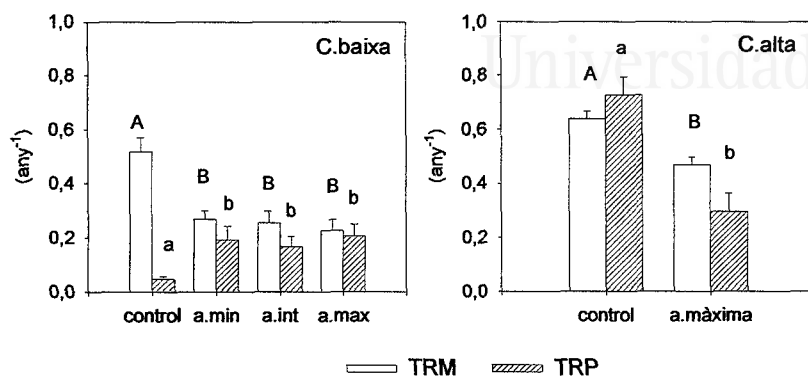


Figura 4.11 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló per a cadascuna de les intensitats d'aclarida i nivells de capçada entre juliol 1994 i juliol 1995. Apareixen representades les mitjanes (\pm EE), $n=60$ i $n=100$ per a la capçada baixa i alta, respectivament. Per a cada nivell de capçada lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament, a un nivell de significació $p<0.05$.

IV.3.9. La continuació de la sequera (juliol 95 – juliol 96): conseqüències sobre la dinàmica foliar de les capçades

Continuant amb el seguiment de la dinàmica foliar de les capçades, durant el període següent (juliol 95 – juliol 96), el patró de mortalitat i producció de fulles noves va ésser molt semblant al registrat durant el període anterior, juliol 94 – juliol 95 (figura 4.12). Així, al quart any de l'aplicació de les aclarides encara es van establir relacions significatives entre l'índex foliar de les capçades a l'hivern de 1992, tot just després de l'aplicació de les aclarides, i la dinàmica foliar (taxa de mortalitat i taxa de producció de fulles noves) (figura 4.12).

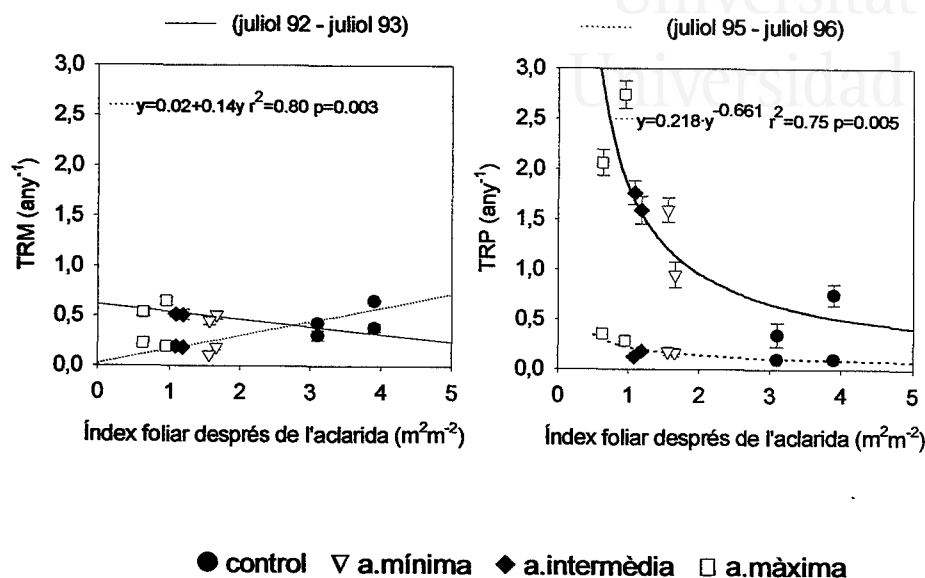
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.12 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida i la taxa relativa de mortalitat (TRM) i producció de fulles noves (TRP) per branquilló, ambdues estimades entre juliol 95 i juliol 96. Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir dels 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

Per tercer any consecutiu les capçades control van experimentar un balanç negatiu entre la mortalitat i la producció de fulles noves, atès que de mitjana la mortalitat de fulles per branquilló va superar la producció de fulles noves per branquilló (figura 4.13). De fet, durant aquest període, i coincidint amb la fi de l'experiència, les capçades de l'alzinar control van presentar la taxa de mortalitat de fulles per branquilló més elevada de tots els períodes, $0.54 (0.05)$ any⁻¹. Per contra, tant les capçades de l'aclarida mínima com les de l'aclarida màxima van recuperar un balanç positiu (més producció que mortalitat), encara que aquest va ésser petit si el comparem amb el que van mostrar immediatament després de l'aplicació de les aclarides.

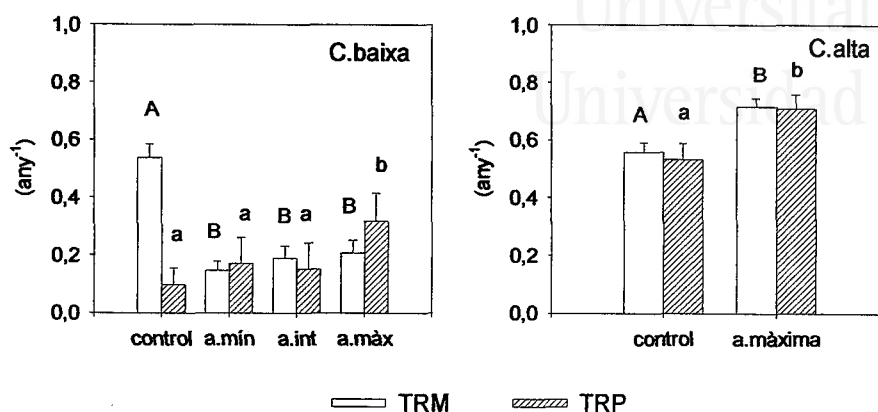
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.13 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló per a cadascuna de les intensitats d'aclarida i en els dos nivells de capçada entre juliol 1995 i juliol 1996. Apareixen representades les mitjanes (\pm EE), $n=60$ i $n=100$ per la capçada baixa i alta, respectivament. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament, a un nivell de significació $p<0.05$.

Pel que fa a l'efecte del nivell de capçada sobre la dinàmica foliar de les capçades de l'alzinar control, de manera general i per a un mateix període, la capçada alta va experimentar sempre una taxa de producció de fulles superior a la capçada baixa. Així per exemple, en la brotada de 1996 la taxa de producció de fulles en la capçada baixa va ésser de 0.09 (0.03) any⁻¹, mentre que en la capçada alta en la mateixa brotada es va arribar a una taxa de 0.55 (0.07) any⁻¹. L'efecte del nivell de capçada ha estat documentat en *Pinus tadea* per Gillespie *et al.* (1994) en termes de biomassa de fulles per branquilló, de manera que segons aquests autors, una disminució de la radiació en els nivells inferiors redueix l'habilitat de les fulles de fixar carboni, i per tant l'acumulació de fulles és menor. També Lowman i Heatwole (1992), van trobar en eucaliptus que els branquillons localitzats a la capçada alta brotaven més activament que els de la capçada baixa. En l'alzina Sala *et al.* (1994), també van detectar l'efecte del nivell de capçada sobre la producció de fulles noves, de manera que a mesura es desplaçaven de la part alta cap a la baixa, els

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

branquillons tenien una proporció de fulles noves respecte de les velles més baixa. De la mateixa manera, la taxa de mortalitat de fulles per branquilló va ésser en tots els casos major en la capçada alta que en la part inferior de les capçades. Aquests resultats indiquen que les fulles de la part alta de la capçada tenen una dinàmica més ràpida que les que es troben en el nivell inferior.

L'efecte que va tenir el nivell de capçada sobre la dinàmica foliar en les capçades de l'aclarida màxima va ésser el mateix que en les capçades control. Així, tant la taxa de mortalitat de fulles com la taxa de producció de fulles noves per branquilló va ésser, per a un mateix període, major en la capçada alta. Aquest efecte va quedar un poc diluït durant la brotada de 1995, ja que la taxa de producció de fulles noves en la capçada baixa i alta va ésser 0.21 (0.04) i 0.30 (0.07) any⁻¹, respectivament. Relacionat amb aquest resultat, Gillespie *et al.* (1994), van trobar que després d'una aclarida en rodals *Pinus tadea* es diluïa l'efecte del nivell de capçada sobre l'acumulació de biomassa de fulles per branquilló. Així en les capçades aclarides es produïa una relativa disminució de la biomassa de fulles en la zona de la capçada més alta, la qual cosa indicava una retranslocació de recursos cap als nivells més baixos de les capçades. D'acord amb això, els autors apuntaven cap a una reducció en el creixement en alçada després de l'aplicació d'una aclarida.

Tal com mostren els resultats, a partir de l'any 1994 el patró de mortalitat de les fulles de les capçades va canviar notablement respecte del que es va registrar immediatament després de l'aplicació de les aclarides. Així, el seguiment de la dinàmica foliar de les capçades ens va permetre detectar de manera immediata l'efecte que va tenir l'episodi de sequera, i per tant unes condicions ambientals marcades per un sever estrés hídric, sobre la dinàmica i l'estructura de les capçades de l'alzinar. De fet, Gholz *et al.* (1991), van utilitzar la caiguda de fulles com una representació de la dinàmica de les cohorts, i

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

proposen la seua utilització com a mesura dels canvis climàtics. Lògicament, la mortalitat i posterior caiguda de les fulles és un procés controlat per la pròpia planta, i per tant, no pot ésser considerat com una pèrdua accidental provocada pel vent, els animals o altres factors (Del Arco *et al.* 1991). Els resultats obtinguts de mortalitat de fulles per branquilló van reflectir molt clarament l'estat de les capçades de l'alzinar en condicions d'una elevada densitat (alzinar control), sota l'agreujament de la disminució de la disponibilitat hídrica com a conseqüència de l'episodi de sequera iniciat a la primavera de 1994. Els primers mesos de sequera van provocar, paradoxalment, una disminució de la mortalitat de fulles en totes les intensitats d'aclarida, amb valors unes taxes de mortalitat que es van apropar a zero. A més, el fet d'haver aclarit o no l'alzinar no va comportar cap patró de mortalitat de fulles, ja que no es va establir cap relació entre la taxa de mortalitat i l'índex foliar remanent de l'alzinar després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida.

Ara bé, després d'aquesta primera resposta, i fins a la fi de l'experiència al 1996, el patró de mortalitat de fulles entre les diverses intensitats d'aclarida es va invertir respecte del trobat immediatament després de l'aplicació de les aclarides, com a conseqüència de la continuació de la sequera. Així, la taxa de mortalitat va augmentar de manera lineal a mesura que l'índex foliar de les capçades era major; de fet les capçades de l'alzinar control van mostrar una mortalitat de fulles major que la de les capçades de l'alzinar aclarit. Relacionat amb aquests resultats Martínez (1999), va registrar a les mateixes parcel·les d'estudi que durant l'any 1994, i especialment durant el període estival, el dèficit hídric era molt més acusat en les capçades de l'alzinar control que en les de l'aclarida màxima. Així, pel que fa als valors de potencial hídric a l'alba de les capçades, les diferències més acusades entre l'alzinar control i el de l'aclarida màxima entre 1994 i 1996 es van registrar al juny de 1994: -2.0 i -0.5 MPa, respectivament. Més encara, durant l'agost de 1994 l'autor va registrar

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

en les capçades control els mínims potencials a l'alba de tot el període d'estudi, per sota de -4.2 Mpa, que de fet era el límit de mesura de la bomba de Scholander utilitzada.

De fet, la relació entre el dèficit hídric i la mortalitat de les fulles ha estat demostrada en diversos estudis. En un bosc mixt de *Quercus ilex* i *Quercus pubescens*, Damesin i Rambal (1995), van detectar una forta senescència, coincidint amb un període de sequera. També en rodals de *Pinus radiata* Linder *et al.*, (1987) van obtenir el mateix resultat. De la mateixa manera Montoya i López (1997), proposen la sequera patida durant l'any 1994 com el factor que va provocar la defoliació observada als diferents ecosistemes forestals arran de l'estat espanyol. Sala *et al.* (1994), van detectar en el mateix bosc de la nostra experiència un increment de la senescència de fulles durant l'estiu d'un any sec. D'acord amb tots aquests resultats, establir una relació entre el patró de mortalitat de les fulles i l'estat hídric del bosc pot explicar l'ajust de l'àrea foliar que es produeix a nivell de rodal com a conseqüència dels canvis en la disponibilitat d'aigua del sòl, de manera que una acceleració en la mortalitat de les fulles és una resposta habitual en condicions d'estrés hídric (Vose i Allen, 1991).

La vulnerabilitat de *Quercus ilex* a la cavitació ja ha estat proposada per Martínez (1997) com el motiu de la defoliació observada en la mateixa zona d'estudi. Segons l'autor, els agents i mecanismes que donen lloc a la cavitació són encara poc coneguts, de tota manera, l'estrés per dèficit hídric, més que el seu efecte directe, pot ésser inductor de processos de cavitació al llarg del sistema vascular de tota la planta. Si, tal com sembla, la reducció en la conducció de l'aigua que causa l'embolisme potser crítica per a la planta, els mecanismes de reparació han de tenir una gran importància. Aquest mecanisme de reparació no està clar en espècies llenyoses, i durant un període d'estrés hídric sever els embolismes semblen ser, sovint, irreversibles.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

De fet, coincidint amb la fi de l'experiència (juliol 95-juliol 96), en les capçades control es van registrar les taxes de mortalitat de fulles per branquilló més elevades de tot el període, malgrat que d'acord amb les dades de potencial hídric obtingudes per Martínez (1999) a les mateixes parcel·les, l'estat hídric de les capçades control durant aquest darrer any va ser considerablement millor que en els dos anys anteriors. Aquest fet suggereix, malgrat la millora de les condicions hídriques, que l'episodi de sequera va tenir, a més de les conseqüències immediates enregistrades durant l'any 1994, d'altres a més llarg termini, i que es van reflectir en la mortalitat de les fulles durant els dos anys següents del seu inici.

L'evolució temporal de la mortalitat de fulles en les capçades de l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, també va estar marcada per l'episodi de sequera, encara que amb unes conseqüències diferents als que va tenir en les capçades control. Coincidint amb l'inici de la sequera, les capçades de les tres intensitats van experimentar una disminució molt acusada de la mortalitat de fulles, respecte dels valors obtinguts immediatament després de l'aclarida. De fet, durant el període que va estar afectat pels primers mesos de la sequera es van registrar les taxes de mortalitat de fulles més baixes de tot el període d'estudi. Encara que durant els dos anys següents, es va produir un cert augment de la mortalitat, en cap cas van repetir els valors inicials assolits immediatament després de l'aplicació de les aclarides. Una mortalitat menor de fulles, coincidint amb la baixa disponibilitat hídrica provocada per la sequera, es pot explicar si d'una banda, tenim en compte que en les capçades aclarides, a diferència de les control, no va ésser tan necessari l'ajust de l'índex foliar, tot i que Martínez (1999), va trobar que durant l'agost de 1995, l'estat hídric de les capçades de l'aclarida màxima era pitjor que el de les control. D'altra banda, associat a un període de sequera sever, i per tant d'esgotament de l'aigua disponible al sòl, pot disminuir la disponibilitat de nutrients per a la vegetació. D'acord amb això, a més de l'aigua, possiblement els nutrients també van

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

ésser limitants, de manera que les fulles tornarien a ser requerides com a magatzem de nutrients per a la retranslocació cap a la nova producció, que va conduir a la recuperació d'una dinàmica foliar més conservadora.

En la capçada alta el seguiment de la mortalitat de fulles es va iniciar a l'estiu de 1994 de manera que, tots els resultats obtinguts a partir d'aquest moment van ser el fruit de la combinació de l'efecte de l'aclarida i de la sequera. Tal com va ocórrer en la capçada baixa, en la part alta també es va registrar entre juliol 94 i juliol 95 una mortalitat de fulles significativament major en les capçades control que en les de l'aclarida màxima, associat al major dèficit hídric detectat per Martínez (1999), en l'alzinar control. Ara bé, aquest patró es va invertir durant el període següent (juliol 95-juliol 96), de manera que les capçades de l'aclarida màxima van mostrar una taxa de mortalitat de fulles significativament major a la de les capçades control. Aquest resultat encaixa amb el fet que Martínez (1999) va trobar, a les mateixes parcel·les d'estudi, un dèficit hídric major en les capçades de l'aclarida màxima durant l'agost de 1995. L'autor suggereix que aquesta inversió en l'estat hídric és deguda únicament al procés de defoliació esdevingut durant l'any 1994 en les capçades control. Però, d'acord amb els resultats de dinàmica foliar obtinguts a la capçada alta, la major caiguda de fulles en les capçades de l'aclarida màxima, respecte de les capçades control entre juliol 95 i juliol 96, és va deure més a un agreujament de les condicions hídriques en les capçades de l'aclarida màxima, que a una millora de l'estat de les capçades control. Així, mentre que en les capçades control la caiguda durant aquest darrer període (juliol 95-juliol 96) no va disminuir de manera significativa respecte del període anterior, sí es va produir un augment significatiu de la mortalitat de fulles en les capçades de l'aclarida màxima respecte dels valors aconseguits durant el període anterior (juliol 94 – juliol 95).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Aquest resultat mostra que l'episodi de sequera, lluny de no afectar la dinàmica de les capçades de l'aclarida màxima, també va contribuir a una major mortalitat de fulles en els branquillons de la capçada alta, encara que amb un cert retard. Més encara, la taxa de caiguda de les capçades de l'aclarida màxima entre juliol 95 i juliol 96 va ésser, fins i tot, superior al màxim de mortalitat registrat en les capçades control. De fet, Martínez (1999) a les mateixes parcel·les d'estudi va trobar en les capçades de l'aclarida màxima un potencial hídric a l'alba durant l'agost de 1994 de -3.8 MPa, i durant l'agost de 1995 de -3.5 MPa, per sota del valor de les capçades control, -2.8 MPa. En relació a això, Linder *et al.* (1987) en parcel·les de *Pinus radiata*, van demostrar com l'efecte combinat d'una fertilització amb nitrogen i una disponibilitat elevada d'aigua, que va resultar en un desenvolupament de les capçades major que en el bosc control (no fertilitzat), va conduir amb la irrupció l'any següent d'un forta sequera, a una major mortalitat de fulles en les parcel·les fertilitzades, ja que en aquestes s'havia produït un buidat major de l'aigua disponible en el sòl. A més, els autors van trobar que la resposta a la sequera no va ésser suficientment ràpida com per a prevenir danys en les capçades que van conduir a uns nivells considerables de mortalitat.

Una mostra més dels efectes negatius de la sequera sobre les capçades d'ambdós tractaments (control i aclarida màxima), es va reflectir en la mortalitat de fulles per cohorts. Així, mentre que la mortalitat de fulles de la cohort del 94 durant el seu primer any d'existència va ésser major en les capçades control, la taxa de mortalitat de les fulles de la cohort del 95 durant el seu primer any va ésser major en les capçades de l'aclarida màxima. Tant en un cas com en l'altre, la mortalitat d'aquestes cohorts noves va ésser tan forta com la de les fulles més velles, de manera que la sequera va contribuir a que bona part de la caiguda foliar, es degués a la mortalitat de les fulles més joves. Contràriament a aquest resultat Linder *et al.* (1987), van trobar en *Pinus radiata* que quan les condicions d'estrés hídric coincidien amb el període d'aparició de les noves

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

acícules, la caiguda afectava més a les acícules velles que a les noves. De manera que, malgrat la irrupció de la sequera la caiguda de les fulles es produïa d'acord amb el model general de supervivència de les poblacions de fulles. Però, en el clima mediterrani quan coincideixen alts nivells de radiació i baixa disponibilitat hídrica es pot arribar a produir danys en l'aparell fotosintètic fins i tot de les espècies típicament mediterrànies (Trabaud i Methy, 1992). Aquests danys van més enllà de la regulació fisiològica pròpia d'aquestes mateixes espècies durant els mesos d'estiu, i poden acabar provocant danys metabòlics, i fins i tot estructurals en les fulles.

En general, els resultats suggereixen que l'efecte de la sequera sobre la caiguda de fulles no es limita tan sols a les conseqüències immediates, que correspondrien a les registrades durant l'any 1994, sinó que els seus efectes es van arrossegar fins l'any 1996, coincidint amb la fi de l'experiència. Montoya i López (1997), sostenen que els efectes de la sequera de 1994 sobre l'estat de les capçades a diversos boscos de l'estat espanyol es van deixar notar fins l'any 1996. De fet, malgrat que no s'hagués produït una mort immediata dels individus, la sequera pot tenir repercussions demogràfiques a llarg termini (Lloret i Siscart, 1995).

D'altra banda, associat a l'inici del període de sequera a la primavera de 1994, es va produir en les capçades de les quatre intensitats d'aclarida una forta disminució de la producció relativa de fulles noves, amb uns valors propers a zero. En diverses espècies ha estat documentada una disminució de la producció de fulles en resposta a la sequera (Linder *et al.*, 1987; Sala *et al.*, 1994; Onillon *et al.*, 1995). En l'alzina, Sala *et al.* (1994) van trobar a la mateixa zona d'estudi una disminució de l'eficiència de la producció de fulles associada a un any especialment sec.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

A diferència del que va passar amb la mortalitat de fulles, en la producció de fulles noves la irrupció de l'episodi de sequera no va invertir les relacions entre les diverses intensitats d'aclarida, de manera que abans, durant i després de l'episodi de sequera, la taxa de producció de fulles noves va ésser major quan més intensa va ésser l'aclarida aplicada a l'alzinar.

L'episodi de sequera va provocar una defoliació en les capçades de l'alzinar control (*i.e.* un balanç negatiu provocat perquè la mortalitat de fulles va superar la producció), tant en la part alta com en la baixa. Aquest procés de defoliació va estar provocat per una situació d'estrés hídric mantinguda durant dos anys, en la que les condicions tan adverses van provocar d'una banda l'augment de la taxa de mortalitat, i de l'altra la disminució de la taxa de producció de fulles noves. Diversos estudis han mostrat que tant la producció de fulles (Linder *et al.*, 1987), com la mortalitat de mortalitat (Linder *et al.*, 1987; Vose i Allen, 1991) es veuen afectades per les condicions climàtiques. De manera general, els efectes d'una sequera han estat documentats en termes d'una mortalitat accelerada de les fulles, ja que aquestes es veuen sotmeses a un dèficit hídric sever i, en termes d'una reducció de la producció, que al capdavall condueix a un procés de defoliació de les capçades. La defoliació de la vegetació davant un fort estrés hídric ha estat documentada amb anterioritat per diversos estudis (Linder *et al.*, 1987; Clinton *et al.*, 1993; Lloret i Siscart, 1995). De fet, una forta caiguda de fulles, i per tant una reducció de la superfície de transpiració, ha estat proposada com l'estratègia de moltes espècies per evitar danys irreversibles durant una sequera.

D'acord amb això, el procés de defoliació detectat, especialment en les capçades de l'alzinar control, però també en l'alzinar aclarit, es pot interpretar com una adaptació que permet la reducció de la superfície transpirable, i conseqüentment una reducció de la despesa d'aigua. Aquesta resposta és clau quan la regulació estomàtica no és suficient per tal d'evitar l'assecamament de

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

l'arbre atesa l'escassa disponibilitat d'aigua al sòl, i la forta demanda evaporativa típica dels períodes de sequera de l'àrea mediterrània. D'aquesta manera la pèrdua de les branques perifèriques de la capçada pot evitar danys més importants en el sistema vascular de la planta que podrien arribar a ésser irreversibles, i per tant provocar la mort de l'individu.

Però en ocasions, la defoliació de les capçades no és suficientment ràpida per tal d'evitar danys en el sistema vascular principal de la planta, de manera que poden arribar a un nivell elevat d'embolisme (*i.e.* una proporció important de pèrdua de conductivitat hidràulica), que pot tenir conseqüències catastròfiques per a la planta, ja que aquesta es pot arribar a assecar completament. Així, si el dèficit hídric ha causat un cert grau d'embolisme, i per tant una disminució de la conductivitat hidràulica, però l'àrea foliar, i per tant la transpiració és constant, o com a mínim no disminueix significativament, es pot arribar a un nivell d'embolisme encara major, i així fins a la mort de la branca afectada (Martínez, 1997). De fet, Lloret i Siscart (1995) van trobar com a conseqüència de la sequera de l'any 1994 individus d'alzina completament secs, que sobre substrat d'esquits oscil·lava entre un 8 i 47 % de la població.

Els resultats de la dinàmica foliar demostren que les conseqüències de la sequera es van arribar a manifestar coincidint amb la fi de l'experiència (estiu de 1996), de manera que en les capçades control el procés de defoliació associat a una major mortalitat que producció de fulles no es va limitar a l'any 1994.

D'altra banda, les capçades de l'alzinar aclarit no es van mostrar immunes als efectes de la sequera, encara que els resultats indiquen un retard de l'aparició dels símptomes de la defoliació. Ara bé, encara que les capçades de l'alzinar aclarit van mostrar durant alguns períodes taxes de mortalitat de fulles que superaven les taxes de producció de fulles noves, i per tant mostraven un

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

balanç negatiu en l'acumulació de fulles, les capçades control sempre van mostrar un balanç més negatiu com a conseqüència d'una mortalitat major i d'una producció menor. Aquest fet evidencia la conveniència de l'aplicació d'aclarides selectives en alzinars d'elevada densitat, per tal de prevenir i d'evitar danys que puguen repercutir en la conservació del bosc, especialment durant períodes de sequera tan severa com el que es va produir durant bona part del temps que va durar aquest estudi.

Entre les conseqüències més directes i evidents de la sequera sobre l'estat de la vegetació es cita la seua predisposició a atacs de plagues. Existeixen algunes evidències en *Eucalyptus* que mostren que el fet que l'individu estigués sec el predisposava a un atac més fort dels insectes (Lowman i Heatwole, 1992). Ladsberg (1990a), va trobar que la qualitat dietètica de les fulles d'arbres d'*Eucalyptus blakelyi* afectats per sequera, era generalment superior a la de les fulles d'arbres saludables, i per tant aquestes fulles patien un atac dels insectes més fort. Contràriament als resultats previs, Ladsberg (1990b) en estudis experimentals en plançons d'*Eucalyptus blakelyi* va trobar que els arbres que patien diversos tipus d'estrés: deficiències nutricionals, sequera, salinitat, tenien unes fulles amb una qualitat dietètica inferior a les dels arbres que no havien patit estrés. Al capdavant sembla que moltes d'aquestes causes d'estrés no predisposen els arbres a l'atac d'insectes, però tampoc tenen un efecte invers.

En aquesta experiència no es va observar cap evidència de l'atac de cap tipus d'insecte o fong com a conseqüència de la pèrdua de vigor dels individus d'alzina afectats per la sequera. Contràriament a aquestes observacions, també en un alzinar Clinton *et al.* (1993) van trobar evidències que suggerien que una sequera severa incrementava la susceptibilitat de les espècies de *Quercus* a un atac del fong *Armillaria mellea*, i que segons els autors podia conduir a un canvi significatiu en la composició de les capçades del bosc.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

En qualsevol cas, una sequera severa pot arribar a significar un punt crític en la història d'alguns individus. Sota aquestes circumstàncies l'individu afectat comença a estar predisposat a morir com a conseqüència de la pèrdua d'habilitat per competir pels recursos limitants o per combatre patògens secundaris relacionats amb l'estrés (Clinton *et al.*, 1993).

IV.3.10. Estimació de l'índex foliar a partir d'un model demogràfic, incorporant any a any la mortalitat i la producció de fulles des de 1992 a 1996

L'evolució de l'índex foliar de les capçades dels peus remanents, en les diverses intensitats d'aclarida, apareix en la figura 4.14. El model incorpora la taxa de mortalitat de fulles i de producció de fulles noves any a any, des del primer anys que va seguir a l'aplicació de les aclarides (1992), fins a la fi de l'experiència (1996). Després de l'aplicació de les aclarides els resultats obtinguts evidencien la tendència inicial de les capçades de l'alzinar aclarit a recuperar l'índex foliar previ. Així, en la part baixa de les capçades l'augment va comportar que entre 1992 i 1993 es multiplicara l'índex foliar remanent per 1.8, 2.0 i 2.3 en les parcel·les de l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament.

Aquesta tendència registrada durant el primer any va ésser el fruit d'una dinàmica foliar de les capçades de l'alzinar aclarit caracteritzada per una producció de fulles noves molt superior a la mortalitat de les fulles velles. Però, a partir del segon any, d'una banda es va produir un canvi en la dinàmica foliar de les capçades, de manera que a diferència del que va ocórrer durant el primer any, aquesta es va caracteritzar perquè la mortalitat de fulles velles superava la producció de noves; i de l'altra va registrar una disminució significativa de la superfície mitjana de les fulles de les noves cohorts. Així, l'efecte combinat d'ambdós factors va provocar que entre 1993 i 1994 es produís en la part baixa de les capçades una lleugera disminució de l'índex

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

foliar de l'alzinar aclarit (figura 4.14, capçada baixa). De fet, aquesta tendència de les capçades aclarides a reduir l'índex foliar de les seues capçades va continuar fins l'any 1995.

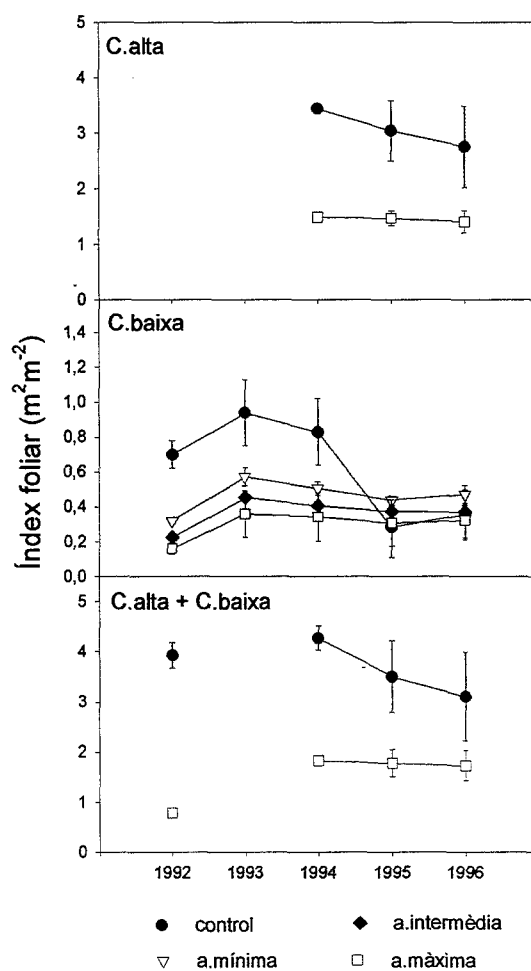


Figura 4.14 Evolució de l'índex foliar de les capçades a partir de les estimacions obtingudes amb el model descriptiu que utilitza els resultats de camp de la demografia de les cohorts de fulles i de la seua superfície mitjana d'aquestes des de 1992 a 1996. Es representen els valors mitjans per parcel·la (\pm EE), per a $n=2$. En la capçada baixa el valor de l'índex foliar de l'alzinar en 1992 ha estat estimat a partir de relacions al·lomètriques, mentre que en la capçada alta el valor de referència de 1994 s'obté de les estimacions realitzades a partir de les dades de camp de transmissivitat i el programa CANOPY (Gracia, 1991). Per determinar l'aportació d'un i d'altre nivell de capçada a l'índex foliar, s'ha aplicat la distribució de l'índex foliar en el perfil vertical de l'alzinar obtinguda per Sala *et al.* (1994).

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Així, entre el màxim valor aconseguït al 1993 i el mínim de 1995 la superfície de fulles de les capçada baixa dels peus remanents es va reduir un 23, 17 i 14 % en les parcel·les de l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament.

D'altra banda, i d'acord amb les estimacions fetes mitjançant el model demogràfic, l'índex foliar de l'alzinar control es va reduir dràsticament com a conseqüència de l'episodi de sequera. Així, l'índex foliar de la part baixa de les capçades al 1994, després dels primers mesos de sequera, va ésser un 12% inferior al valor màxim registrat en 1993 (figura 4.14, capçada baixa). Ara bé, la reducció més forta es va produir entre 1994 i 1995, ja que l'índex foliar del nivell inferior de les capçades control va passar de $0.86 (0.2) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ a $0.28 (0.18) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, la qual cosa va comportar una reducció del 67% de l'àrea foliar de la part baixa d'aquestes capçades. En la part alta de les capçades control el fort estrès hídric provocat per la sequera també es va reflectir en una reducció de l'índex foliar. Així, entre 1994 i 1996 es va reduir en un 20% l'àrea foliar de la part alta de les capçades control (figura 4.14, capçada alta). Encara que les conseqüències del dèficit hídric provocat per la sequera es van manifestar de manera especial en les capçades control, la part superior de les capçades de l'aclarida màxima també va disminuir. Així, l'índex foliar de la part alta de les capçades de l'aclarida màxima, va patir una reducció del 8%.

IV.3.11 Estimació de l'índex foliar de les capçades a partir de les dades de transmissivitat de la llum

L'evolució temporal de l'índex foliar de les capçades, estimat a partir de les dades de transmissivitat de la llum, en cadascun dels tractaments (control, aclarida mínima, intermèdia i màxima) apareix en la figura 4.15. L'índex foliar de les capçades a l'estiu de 1994 en l'aclarida mínima, intermèdia i màxima va ésser 1.42, 1.83 i 2.5 vegades superior a l'obtingut immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats. Aquests resultats evidencien la capacitat

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

de recuperació de l'índex foliar dels peus remanents durant els primers anys després de l'aplicació dels tractaments d'aclarida. Ara bé, els valors aconseguits en 1994 van ésser els màxims registrats al llarg de tot el període d'estudi, de manera que a partir d'aquest any, l'índex foliar de les capçades dels tres tractaments va disminuir.

Aquesta reducció de l'àrea de fulles va estar provocada per la sequera, i va arribar a ésser especialment forta en les capçades l'alzinar control (figura 4.15). D'acord amb les estimacions fetes, l'índex foliar total de les capçades control es va reduir entre 1994 i 1995 en un 47%. En 1995 es va registrar el valor més baix de tot el període d'estudi $2.3 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, encara que l'índex foliar estimat al 1997 ($3.1 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) indica una lleugera recuperació de l'àrea foliar de les capçades control. Encara que la tendència restaria per ésser confirmada, l'evolució apunta cap a una recuperació dels valors previs a l'episodi de sequera. Aquest resultat suggereix que els danys que la sequera va provocar sobre les capçades control van ésser reversibles, i això només és possible si, tal com va ocórrer, la cavitació dels branquillons perifèrics evita la cavitació del sistema vascular principal de l'individu, i per tant la mort irreversible d'aquest.

En l'aclarida màxima l'índex foliar de les capçades va augmentar molt inicialment, la qual cosa es va reflectir en un factor d'increment de 2.5 vegades entre 1992 i 1994. De fet, al llarg de tot el període d'estudi, això és entre 1992 i 1997, aquestes capçades van mostrar la recuperació més forta de l'índex foliar. Tanmateix, la taxa de recuperació més ràpida de totes les intensitats d'aclarida no va ésser suficient, i coincidint amb la fi de l'experiència l'índex foliar de les capçades en l'aclarida màxima va ésser el més baix $1.57 (0.03) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, enfront un $2.07 (0.13)$ i $2.02 (0.09) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ en les capçades de l'aclarida mínima i intermèdia, respectivament.

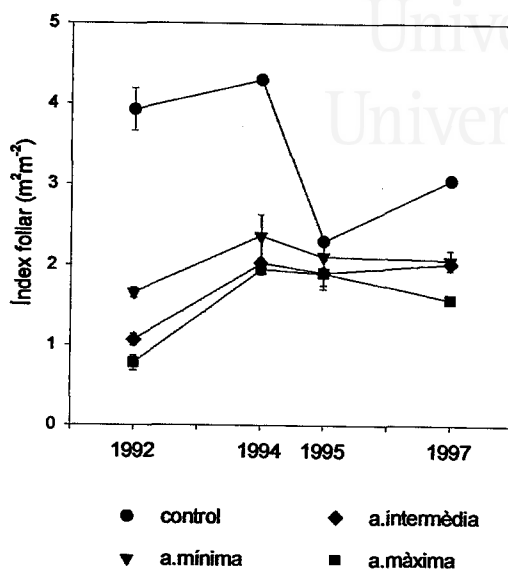
Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Figura 4.15 Evolució de l'índex foliar de les capçades ($m^2 \cdot m^{-2}$) des de juliol 1994 a juliol 1997. Els valors han estat estimats a partir de les mesures de transmissivitat de la llum i la utilització del model CANOPY (Gracia, 1991). L'índex foliar de 1992 es va estimar immediatament després de l'aplicació de les aclarides mitjançant el càlcul de relacions al·lomètriques. Els valors són la mitjana per parcel·la ($\pm EE$), per a $n=3$.

Segons Martens *et al.* (1993), tant la tècnica analítica com l'instrument utilitzat tenen una influència forta en les estimacions de l'índex foliar. Malgrat això, els valors d'índex foliar obtinguts aquí mitjançant un model demogràfic i a través de les dades de transmissivitat de les capçades han estat molt semblants. En qualsevol cas, les estimacions fetes mitjançant les dades de transmissivitat de la llum van oferir en la majoria dels casos uns valors d'índex foliar lleugerament superiors. Això, es pot deure al fet que durant bona part del període de sequera moltes de les fulles, encara que estaven seques i mortes, es van mantenir a l'arbre.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

IV.4. Conclusions

L'aclarida comporta un augment de la disponibilitat de recursos per als peus remanents, així com l'alteració de l'estructura de les capçades, que es pot sintetitzar en una forta disminució de l'índex foliar de l'alzinar (58, 73 i 80% d'eliminació d'àrea foliar per a l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament). Ambdós factors, l'increment relatiu de recursos i l'aparició de clarianes, propicien que les capçades dels peus remanents gaudisquen, en principi, d'unes condicions més favorables per eixamplar-se cap els espais deixats pels peus que han estat eliminats. Així, és previsible que capçades més amples i amb major port augmenten la capacitat d'intercepció de la llum per part del peu seleccionat.

La dinàmica foliar de les capçades (mortalitat i producció de les fulles), s'ha relacionat significativament amb l'índex foliar remanent de l'alzinar, i per tant amb la intensitat d'aclarida aplicada. Així, durant el primer any que va seguir a l'aplicació de les aclarides es registra un increment significatiu, tant de la taxa de mortalitat de fulles com de la taxa de producció de fulles noves, a mesura que l'aclarida va ésser més intensa. Això, es tradueix en una acceleració de la dinàmica de les capçades aclarides, respecte de les control, que posa de manifest l'adopció d'una estratègia menys conservadora per part d'aquestes capçades, característica d'espècies pròpies d'ambients menys limitants.

Malgrat això, el balanç d'acumulació de fulles durant aquest primer any, tot i ésser positiu en les capçades dels quatre tractaments, ho és més a mesura que l'aclarida és més intensa. Així, les capçades de l'aclarida màxima experimenten la major taxa d'acumulació de fulles, que es tradueix en un creixement accelerat d'aquestes capçades, mentre que per contra les capçades de l'alzinar control experimenten el balanç d'acumulació més baix, acord amb la situació d'estancament en la que es troba l'alzinar no aclarit.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

Aquest patró d'acumulació de fulles compensa la tendència que mostren les capçades de produir fulles més petites quant més intensita és l'aclarida; de manera que si bé les capçades aclarides produeixen fulles més petites que les de les control, les primeres acumulen en els seus branquillons moltes més fulles, la qual cosa condueix a un major increment de l'àrea foliar de les capçades dels peus seleccionats.

El model demogràfic presentat, que integra les variables demogràfiques i estructurals de les fulles de les capçades, posa de manifest l'estreta relació que hi ha entre l'estructura de l'alzinar i la dinàmica de les capçades. Així, l'índex foliar es revela com un element que al mateix temps és dependent i controlador de la dinàmica foliar.

La forta sequera iniciada a la primavera de 1994 provoca un canvi radical de la dinàmica foliar de les capçades, de manera que a partir d'aquest moment i durant els dos anys següents la taxa de mortalitat de fulles en qualsevol dels tractaments d'aclarida supera la taxa de producció de fulles noves. Aquesta modificació de la dinàmica foliar es tradueix en una defoliació que, tot i produir-se en les capçades de totes les intensitats d'aclarida, és especialment massiva en les de l'alzinar control.

Com a conseqüència d'això, l'índex foliar de les capçades de l'alzinar control es redueix entre 1994 i 1995 pràcticament a la meitat, mentre que en la resta de tractaments aquest només va patir una lleugera disminució. Aquest fet evidencia la situació límit en la que es troba l'alzinar control per que fa a la disponibilitat d'aigua, i posa de manifest la conveniència de l'aplicació d'aclarides selectives en alzinars d'elevada densitat, per tal d'evitar danys que puguen deteriorar greument l'alzinar i posar en perill la seua conservació.

Capítol IV. Dinàmica foliar de les capçades

En qualsevol cas, malgrat els severos danys que va provocar la sequera sobre les capçades de l'alzinar control no es detecta cap evidència de l'atac de cap tipus d'insecte o fong que aprofite la pèrdua de vigor dels peus afectats.

D'altra banda, coincidint amb la fi de l'experiència es registra un augment de l'índex foliar de les capçades control, que indica la reversibilitat dels danys provocats per la sequera, atès que possiblement la cavitació dels branquillons perifèrics evita la cavitació del sistema vascular principal de l'arbre, i per tant la mort irreversible d'aquest. De fet, en les capçades control molts dels branquillons que estaven secs a la fi de l'estiu de 1994 van brotar de nou en la primavera de 1995 i 1996.

Per últim, en referència a les diferències observades entre les intensitats en les que es va eliminar part de l'àrea basal (aclarida mínima, intermèdia i màxima), les majors taxes de producció de fulles en les capçades de l'aclarida màxima al llarg de tot el període d'estudi, van ésser decisives per a que en aquest tractament es registrara la major taxa de recuperació de l'índex foliar. Ara bé, això no va ésser suficient per superar l'índex foliar dels rodals de l'aclarida mínima i intermèdia 5 anys després de l'aplicació dels tractaments.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol V

La capacitat rebrotadora de 4 espècies: efecte de la intensitat d'aclarida en la densitat i el creixement dels rebrots, conseqüències en la recuperació de l'estructura aèria de la soca

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Capítol V: La capacitat rebrotadora de 4 espècies: efecte de la intensitat d'aclarida en la densitat i el creixement dels rebrots, conseqüències en la recuperació de l'estructura aèria de la soca

V.1. Introducció

Un dels objectius de la gestió dels Ecosistemes Mediterranis es fonamenta habitualment en la supressió dels incendis i en la reducció del combustible, bé mitjançant focs controlats, bé per aclarides en llocs amb especial risc (Lloret i López-Soria, 1993). Davant pertorbacions, ja siguin d'origen natural o antropogènic, la capacitat de rebrotar és una de les estratègies més importants en la regeneració de la vegetació (Espelta *et al.* 1999) i mecanisme clau en el funcionament dels ecosistemes Mediterranis. De fet, com que fonamentalment la regeneració es dona a través de rebrots i no per reproducció sexual, l'aplicació d'aclarides també es planteja com l'eina base pel maneig de moltes zones d'alzinar poc regenerades (Ducrey i Turrel, 1992).

Moltes de les espècies d'alzinar (*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) rebroten de manera molt vigorosa després d'una pertorbació, mitjançant la producció de rebrots que han estat el resultat de l'activació de brots inactius localitzats a la rabassa o en menor mesura a les arrels (Giovannini *et al.*, 1992; Retana *et al.*, 1992). L'aparició de l'estrat de rebrots protagonitza, d'alguna manera, l'estructura i la dinàmica de la majoria dels alzinars de l'oest de la conca Mediterrània, i no és cap excepció l'alzinar de Prades (veure capítol II).

Els estudis sobre els efectes de l'aclarida han tractat aspectes molt diversos per tal de conèixer alguns dels factors que més afecten la capacitat rebrotadora de moltes espècies. Entre els més importants es troben i) les característiques de l'aclarida; tot i no ser els més freqüents, aquestes

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

experiències es fonamenten en la resposta de la planta segons la intensitat aplicada (Tsiouvaras *et al.*, 1986; Tsiouvaras, 1988; Ducrey i Toth, 1992; Tolvaven *et al.*, 1994); segons el moment o data (Ducrey i Turrel, 1992), així com en funció de la tècnica utilitzada (Ducrey i Turrel, 1992); ii) les característiques de la planta i el seu estat fisiològic (Canadell *et al.*, 1991; Lloret i López-Soria, 1993; Castell *et al.*, 1994; Fleck *et al.*, 1996); iii) les condicions ambientals i de disponibilitat de recursos després de l'aclarida (Riba, 1991; Clive, 1995a 1995b).

D'altra banda, pel que fa a les variables analitzades després de l'aplicació d'una aclarida, els esforços generalment s'han dirigit cap a l'anàlisi de l'increment diametral del tronc, l'increment d'alçada i en menor mesura l'expansió de les capçades dels peus remanents (Hamilton, 1981; Baldwin *et al.*, 1989; Cutter *et al.*, 1991; Mayor, 1994). Encara que amb el pas del temps el paper dels rebrots ha anat adquirint importància en els estudis d'ecofisiologia, estructura, dinàmica i regeneració de les espècies i del bosc mediterrani (Riba, 1991; Ducrey i Boisserie, 1992; Castell, 1992; Retana *et al.*, 1992; Sabaté, 1993; Vilà, 1993; Canadell 1995; Obón, 1997), la major part d'aquests estudis han estat realitzats bé en experiències de tallada arreu, bé en experiències en les que es volia analitzar l'efecte del foc. En qualsevol d'ambdós casos el punt de partida de l'experiència era el mateix, ja que les soques es quedaven sense peus remanents, la qual cosa conduïa inevitablement a un estudi exclusiu dels rebrots.

En els boscos caracteritzats perquè cada soca presenta molts peus, les interaccions que apareixen entre aquests i el reservori subterrani són complexes (Wilson, 1995). Aquestes es compliquen més encara quan s'aplica una aclarida selectiva, ja que l'avaluació de la recuperació de la part aèria no dependrà només de l'estudi, bé dels rebrots, bé dels peus adults (Tolvanen *et al.*, 1994). D'acord amb això, la caracterització de la nova dinàmica i de

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

l'estructura del bosc passa inevitablement per l'estudi simultani i complementari dels dos estrats: els rebrots i els peus remanents. De manera que quan es vol dirigir amb èxit l'estructura arbustiva de l'alzinar cap a un port arbori, a més de controlar el creixement dels peus remanents, també cal seguir el creixement dels rebrots (Ducrey i Toth, 1992).

En diversos estudis ha quedat demostrat l'efecte accelerador de les aclarides i tallades sobre la producció del sistema. Ara bé, davant d'una aclarida selectiva, en quina mesura aquesta acceleració de la producció s'inverteix en el creixement dels peus remanents, o per contra es dirigeix cap al creixement dels rebrots?

Una de les particularitats dels ecosistemes Mediterranis és el gran nombre d'espècies amb capacitat de regenerar vegetativament després d'una pertorbació (James, 1984). Això fa que els rebrots de les plantes damnades siguen potencialment molt importants per a la recuperació de l'estructura aèria i el tancament de les capçades del bosc. Les noves condicions creades per l'aclarida (veure capítol II), poden provocar respostes diferents en les diverses espècies, que juntament amb l'alzina, coincideixen com a part de l'estructura del bosc, de manera que en funció de la resposta alguna de les espècies pot traure avantatge davant les altres espècies. De fet, a més de *Quercus ilex*, les espècies analitzades *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*, es donen freqüentment com a part de les capçades dels boscos perennifolis de l'oest del Mediterrani.

L'objectiu d'aquest capítol és comparar a curt termini (5 anys) l'efecte de dues intensitats d'aclarida (55 i 79% d'eliminació de l'àrea basal, aclarida mínima i màxima, respectivament) sobre la capacitat rebrotadora de l'espècie principal (*Quercus ilex*), així com de tres arbusts rebrotadors (*Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) que acompanyen l'alzina. Així es pretén

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

analitzar la influència que té la intensitat d'aclarida a curt termini, i pot tenir a llarg termini, sobre l'estructura de les soques. Això és: i) analitzar l'efecte de la intensitat d'aclarida i les característiques de l'individu en la producció de rebrots de les 4 espècies, ii) determinar la recuperació de l'estructura aèria a les 4 espècies i en el cas de *Quercus ilex* com es distribueix aquesta recuperació entre els rebrots o els peus remanents, en funció de la intensitat d'aclarida aplicada, iii) avaluar l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre els possibles canvis en l'aportació de les diverses espècies a l'estructura de l'alzinar.

V.2. Material i mètodes

V.2.1. L'inventari dels rebrots

L'inventari dels rebrots de les quatre espècies estructuralment més importants de la zona d'estudi -*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*- es va realitzar al desembre de 1996 en els tractaments d'aclarida mínima i màxima 55 (1) i 79 (2)% d'eliminació de l'àrea basal, respectivament. El mostreig es va fer en 4 de les 12 parcel·les de l'experiència és a dir, dues rèpliques per intensitat d'aclarida, i en cadascuna d'aquestes 4 parcel·les de 0.5 ha es va delimitar una subparcel·la circular de 5 m de radi (78.54 m²). En els quatre casos, la subparcel·la va ser representativa de les característiques (densitat i estructura) de la respectiva parcel·la de 0.5 ha. El mostreig a cadascuna de les subparcel·les va consistir primer en l'inventari de totes les soques de les 4 espècies que quedaven dins de la superfície delimitada.

Una vegada inventariades, es va mesurar en les soques d'alzina el D₅₀ (diàmetre mesurat a 50 cm del sòl) del(s) peu(s) remanents (en les altres tres espècies es van eliminar tots els peus de cada soca). Les mesures de D₅₀ dels peus remanents es van realitzar en el mateix punt del tronc que les realitzades

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

a l'inventari inicial de 1992, d'aquesta manera s'assegurava la reproductibilitat de la mesura per tal de calcular el creixement. A continuació, es van inventariar tots els rebrots, anotant el seu d_5 (diàmetre mesurat a 5 cm de la inserció del rebrot en la soca). No es va mesurar el diàmetre basal dels rebrots, just en la inserció d'aquests en la soca, perquè no resultava fàcil en la majoria dels casos. Finalment es va mesurar el diàmetre basal dels peus que van ésser eliminats a l'hivern de 1992, tot i el temps transcorregut des de l'eliminació dels peus, les seccions dels troncs a les soques encara eren clares en totes les espècies. Aquesta mesura es va utilitzar per a calcular l'àrea basal eliminada en cada soca. A nivell de les subparcel·les, el valor d'intensitat d'aclarida va ésser 47 (2) i 79 (1) % d'eliminació de l'àrea basal total, de manera que va ésser representativa de la intensitat obtinguda en les parcel·les de 0.5 ha. En totes les soques inventariades es va considerar cada grup de rebrots que emergien al voltant de la soca com a un sol individu, encara que en alguns casos aquest criteri no assegurava amb certesa l'individu genètic.

V.2.2. Estimació de la biomassa dels rebrots de Quercus ilex, Phillyrea latifolia, Viburnum tinus i Arbutus unedo

L'estimació de la biomassa de rebrots cinc anys després de l'aplicació de les diverses aclarides es va fer a través del càlcul de relacions al·lomètriques. Com que la variable mesurada a l'inventari dels rebrots va ser el D_5 , es va relacionar aquesta amb la biomassa total de rebrots (BT), la biomassa de fulles (Bf) i la biomassa de tiges (Bt). Per a cada intensitat d'aclarida (màxima i mínima) i espècie (*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) es van mostrejar entre 23 i 35 rebrots, els quals van ser triats de manera que quedaren representades totes les grandàries (diàmetres) de la població. Per a cadascuna de les intensitats i de les espècies es van obtenir les relacions específiques per a les dues rèpliques, les quals es van aplicar per estimar les diferents fraccions de la biomassa del rebrot. D'altra banda, la

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

delimitació de l'inventari a una superfície coneguda va permetre determinar l'aportació dels rebrots a l'estructura de l'alzinar en cadascuna de les intensitats d'aclarida (capítol VII).

*V.2.3. Evolució temporal del creixement (diàmetre i alçada) dels rebrots de *Quercus ilex**

L'evolució de l'increment en diàmetre dels rebrots de *Quercus ilex* en dues de les intensitats d'aclarida (mínima i màxima), es va dur a terme entre juliol de 1993 i juliol de 1996 en un total de 40 soques. És a dir, 10 soques per tractament (aclarida mínima i màxima) i rèplica (dues rèpliques). De cadascuna de les soques es va triar un rebrot amb unes característiques de localització en la soca, de diàmetre basal i d'alçada semblants en les dues intensitats d'aclarida. De fet l'anàlisi de la variància que es va fer entre les dues poblacions va mostrar que no hi havia diferències significatives en el diàmetre i en l'alçada inicial (juliol de 1993) entre els rebrots de l'aclarida mínima i màxima.

De la mateixa manera que amb els peus adults, el marcatge al principi de l'estudi del punt exacte de mesura del diàmetre de cadascun dels rebrots va permetre la reproductibilitat de la mesura. El control del creixement en diàmetre dels rebrots es va realitzar a 5 cm de la inserció del rebrot en la soca (d_5), i aquest senyal també va servir com a referència per a mesurar l'alçada.

V.2.4. Tractament estadístic

Els efectes de la intensitat d'aclarida i de l'estrat de l'alzinar (peus remanents i rebrots) sobre les taxes de creixement en diàmetre al llarg de tot el període d'estudi han estat provats amb una anàlisi de la variància utilitzant la mitjana aritmètica de la taxa de creixement en diàmetre de cada parcel·la.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

L'anàlisi de la variància de mesures repetides ha estat el model utilitzat en l'anàlisi de l'evolució del diàmetre i de l'alçada dels rebrots, així incloure el temps com a factor intern té l'avantatge de tenir en compte la correlació existent entre les diverses mesures efectuades sobre un mateix individu al llarg del temps.

A nivell de soca els efectes de la intensitat d'aclarida i de l'espècie sobre l'àrea basal, la biomassa i l'àrea foliar de rebrots ha estat provat amb l'anàlisi de la covariància (ANCOVA), fent servir les dades a nivell individual de cada soca i incorporant al model l'àrea basal inicial de la soca com a covariable.

S'han utilitzat regressions en el càlcul d'equacions al·lomètriques i en les relacions entre variables. El tipus de regressió utilitzada (lineal, potencial o d'altres més específiques) s'indica en cada cas.

V.3. Resultats i discussió

V.3.1. Creixement dels rebrots de *Quercus ilex* a nivell individual

*V.3.1.1. Evolució temporal del diàmetre mitjà i de l'alçada dels rebrots de *Quercus ilex**

El seguiment dels rebrots de *Quercus ilex* entre 1993-1996, va permetre analitzar l'evolució del creixement en diàmetre i alçada en dues de les intensitats d'aclarida (figura 5.1). L'aplicació d'una aclarida més intensa, això és l'eliminació de més àrea basal va conduir, durant els primers anys, a que els rebrots de l'aclarida màxima mostraren un diàmetre mitjà i una alçada significativament superiors als dels rebrots de l'aclarida mínima (figura 5.1). Ducrey i Boisserie (1992), ja durant el primer any després de l'aclarida, van trobar que l'alçada màxima i mitjana dels rebrots estava positivament

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

influenciada per la intensitat d'aquesta, de manera que a mesura que la intensitat era major, l'alçada també ho era.

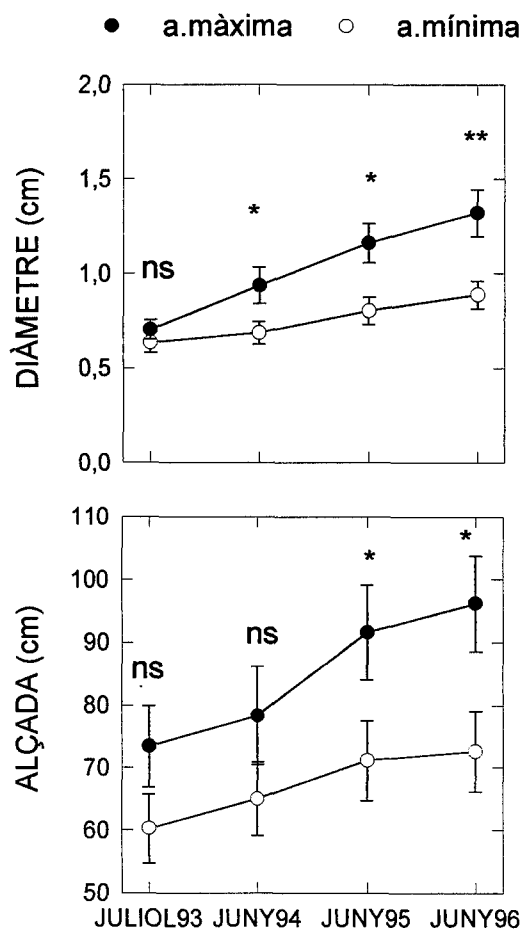


Figura 5.1 Evolució del diàmetre i de l'alçada mitjana individual dels rebrots de *Q.ilex* entre juliol del 93 i juny del 96 en dues de les intensitats d'aclarida (mínima i màxima). El valor representat és la mitjana (\pm EE), n=20. Els asterics indiquen diferències significatives entre intensitats *p<0.05, **p<0.01, mentre que ns indica diferències no significatives.

D'acord amb Retana *et al.* (1992) la mortalitat a nivell de soca d'alguns rebrots durant tot el cicle de l'aclarida es veu clarament compensat pel creixement dels que sobreviuen. Al principi la compensació pot ser mínima, ja que durant el primer any hi ha una mínima mortalitat dels rebrots de *Quercus ilex*, però durant el segon any el percentatge de mortalitat adquireix una notable

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

importància, doncs s'apropa a un 42-56 %. Així es produeix un patró de creixement en el que la biomassa de rebrots per soca incrementa linearmet amb el temps (Espelta *et al.*, 1999).

Pel que fa al creixement en l'alçada, durant els primers anys de la regeneració, aquesta incrementa però, progressivament la taxa relativa de creixement tendeix a disminuir, i per tant el creixement en alçada s'alenteix (Retana *et al.*, 1992).

La taxa d'increment anual del diàmetre mitjà dels rebrots de l'aclarida màxima entre 1993-1996 va ésser en els tres període estudiats superior a la dels rebrots de l'aclarida mínima, amb unes diferències que van ser estadísticament significatives durant el primer any després de l'aplicació de les aclarides (taula 5.1).

Taula 5.1. Increment relatiu (%·any⁻¹) en diàmetre (d_5) per als rebrots de l'aclarida mínima i màxima durant els tres primers anys després de l'aplicació de l'aclarida en l'estrat dels rebrots. Apareixen els valors mitjans (\pm EE), n=20. Els asterics indiquen diferències significatives entre intensitats per a un mateix període *p<0.05, **p<0.01, mentre que ns indica diferències no significatives

	a. mínima		a. màxima
1993 – 1994	8.03 (0.84)	**	33.00 (5.39)
1994 – 1995	16.76(1.02)	ns	23.96 (3.04)
1995 – 1996	10.61(2.01)	ns	13.98 (4.22)

D'acord amb els resultats les majors diferències entre les dues intensitats es van donar durant el primer any. Així, la taxa de creixement diametral dels rebrots apareguts en les soques de l'aclarida màxima va ésser quatre vegades superior a la que presentaven els rebrots de l'aclarida mínima (taula 5.1), tot i que la densitat de rebrots al 1993 era superior en l'aclarida màxima.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Unes taxes de creixement menors dels rebrots de l'aclarida mínima podria relacionar-se amb la menor radiació que rebien aquestes soques. Riba (1991) va trobar en rebrots d'*Erica arborea* una disminució de les taxes de creixement dels rebrots suprimits que atribuïa a la baixa radiació, especialment quan les condicions hídriques eren desfavorables. Relacionat amb això, entre la primavera de 1993 i la de 1994 es van registrar les precipitacions més baixes del període d'estudi, a més durant l'any 1994 la tendència general indica que l'estat hídric dels rebrots de l'aclarida mínima va ésser més desfavorable que el que presentaven els rebrots de l'aclarida màxima (Martínez, 1999). De la mateixa manera, les taxes de transpiració i fotosíntesi van ésser més elevades en els rebrots de l'aclarida màxima.

*V.3.1.2. Creixement absolut dels rebrots de *Quercus ilex* a nivell individual*

Els resultats obtinguts mostren que en les parcel·les de l'aclarida mínima l'increment absolut del diàmetre dels rebrots, durant el període 1993-1996, va ésser de mitjana, $0.84 \text{ mm} \cdot \text{any}^{-1}$, mentre que l'increment absolut dels rebrots de l'aclarida màxima va ésser de $2.06 \text{ mm} \cdot \text{any}^{-1}$, això és un increment de més del doble ($p < 0.01$). Aquest resultat coincideix amb el trobat per Ducrey i Boisserie (1992), ja que també en *Quercus ilex* descriuen taxes de creixement dels rebrots, majors en rodals als quals s'ha aplicat una aclarida intensa en comparació amb d'altres en què s'ha aplicat una aclarida poc intensa.

El seguiment del creixement dels rebrots és un factor tant o més important que el tancament de les capçades quan es vol analitzar l'evolució del creixement dels peus remanents després de l'aplicació d'una aclarida. D'altra banda la relació entre els dos factors (tancament de les capçades i creixement dels rebrots) ha quedat comprovada per alguns estudis (Ducrey i Turrel 1992; Espelta, 1993). Segons aquests estudis, el tancament de les capçades va acompanyat no només per una reducció en el creixement dels peus remanents,

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

tal com demostren Mayor i Rodà (1994), sinó també per una progressiva disminució del creixement dels rebrots. D'altra banda, és possible que la interacció entre el creixement dels rebrots i el tancament de les capçades s'alimente en els dos sentits, segons el grau d'obertura que es crea en les capçades després d'una aclarida. Així, és possible que el creixement dels rebrots estiga limitat pel tancament de les capçades (i al capdavall pel creixement dels peus remanents), però també pot ocórrer que els rebrots determinen aquest tancament mitjançant el control del creixement dels peus remanents.

V.3.1.3 Comparació entre el creixement relatiu del diàmetre dels peus remanents i dels rebrots

El creixement relatiu del diàmetre dels rebrots de *Quercus ilex* entre 1993 i 1996 va ésser significativament major en les parcel·les de l'aclarida màxima, que en les de l'aclarida mínima, 29.3 (0.8) i 13.2 (1.0) %·any⁻¹, respectivament (taula 5.2). D'altra banda, la comparació entre els dos estrats de l'alzinar (peus remanents i rebrots) va mostrar que per a una mateixa intensitat d'aclarida la taxa relativa d'increment mitjà del diàmetre dels rebrots va ésser significativament superior que la dels peus remanents ($p < 0.001$) (taula 5.2).

Així, l'increment relatiu mitjà dels rebrots va ésser 6.2 i 5.4 vegades superior al dels peus remanents, en les parcel·les de l'aclarida mínima i màxima, respectivament.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Taula 5.2 Increment relatiu mitjà del D_{50} i del d_5 (%·any⁻¹) entre 1993 i 1996, en cadascuna de les intensitats d'aclarida. Els valors corresponen a la mitjana (EE), n=3 i n=2 per als peus remanents i els rebrots, respectivament. Lletres minúscules i majúscules diferents indiquen diferències estadísticament significatives entre intensitats d'aclarida i estrats, respectivament ($p < 0.05$)

Intensitat	P.remanents (%·any ⁻¹)	Rebrots (%·any ⁻¹)
Control	0.88 (0.07) ^a	
a.mínima	2.12 (0.10) ^{bA}	13.16 (1.04) ^{aB}
a.intermèdia	3.20 (0.07) ^c	
a.màxima	5.47 (0.56) ^{dA}	29.30 (0.76) ^{bB}

Coincidint amb aquest resultat Castell (1997), en un estudi realitzat en *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* també va trobar que els rebrots tenien taxes de creixement majors que els peus adults. Aquesta diferència entre els dos estrats era el reflex tant d'un millor estat hídric, com d'una major disponibilitat d'assimilats en els rebrots. Així mateix, aquesta major disponibilitat d'assimilats era deguda tant a la mobilització, després de la tala, dels recursos emmagatzemats a la rabassa, com a les taxes fotosintètiques superiors en rebrots que en els peus adults.

V.3.2. La capacitat rebrotadora de les soques de *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*: l'aportació dels rebrots a l'estructura de les soques

V.3.2.1. Densitat i grandària de les soques de les 4 espècies analitzades

El domini de *Quercus ilex* en l'estructura original de l'alzinar es va posar de manifest amb un 80.4% de la densitat total de peus i un 89.5% de l'àrea basal total; malgrat això l'aportació de les altres tres espècies analitzades *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo* a l'estructura de l'alzinar no era menyspreable si tenim en compte que la densitat (peus·ha⁻¹) i l'àrea basal

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) conjunta de les tres espècies va suposar un 19.03 % i un 9.13 % de la total, respectivament (taula 5.3). D'acord amb això, pràcticament la totalitat de l'àrea basal de l'alzinar control (98.65 %) estava formada per les 4 espècies estudiades en aquest treball, la qual cosa assegurava, mitjançant l'anàlisi de les quatre, una estima molt acurada del paper dels rebrots en l'estructura a nivell de rodal (capítol VII). Lògicament, l'aportació de la resta d'espècies inventariades, *Erica arborea*, *Sorbus terminalis*, *Acer sp.* i *Juniperus communis* a l'estructura de l'alzinar va ser molt escassa

Aquesta distribució específica de l'estructura de l'alzinar coincideix amb la descrita per Lledó (1990) a les conques de l'Avic i la Teula, ambdues localitzades també en la serra de Prades. D'acord amb els resultats del seu treball en les dues conques l'aportació conjunta de les 4 espècies (*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) va superar el 94% de la densitat total i el 88% de l'àrea basal total de l'alzinar.

Taula 5.3. Densitat de peus i aportació de les 4 espècies analitzades a l'estructura de l'alzinar control (àrea basal: AB); es presenten els valors absoluts i els relatius (%). Els valors de les quatre primeres columnes són la mitjana (EE), per a $n=3$. A més, en la darrera columna es mostra l'àrea basal mitjana de les soques de les 4 espècies. Els valors corresponen a la mitjana (EE) per a $n=66$, $n=59$, $n=59$ i $n=20$, en *Q.ilex*, *P.latifolia*, *V.tinus* i *A.unedo*. Lletres diferents indiquen diferències significatives entre espècies, a un nivell de significació $p<0.05$.

	densitat (peus·ha ⁻¹)	Densitat (%)	AB (m ² ·ha ⁻¹)	AB (%)	AB·soca ⁻¹ (cm ²)
<i>Q. ilex</i>	10387(335)	80.42(2.69)	33.32(0.86)	89.52(2.30)	275.23 (22.41) ^a
<i>P. latifolia</i>	1278(118)	10.22(1.23)	1.56(0.39)	4.10(0.89)	17.14 (2.01) ^b
<i>V. tinus</i>	641(403)	5.67(3.92)	0.99(0.88)	2.52(2.23)	15.84 (2.92) ^b
<i>A. unedo</i>	368(184)	3.14(1.75)	0.93(0.39)	2.51(0.99)	166.00 (44.73) ^c
Altres	242	0.55	0.42	1.35	-

Les diferències entre les 4 espècies en el grandària mitjana de la seua soca (àrea basal), van ser molt marcades. Així, les soques de *Quercus ilex* van mostrar de mitjana els valors més grans d'àrea basal: 275.2 (22.4) cm², mentre

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

que *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus* es van caracteritzar per tenir unes soques més petites, 17.1 (2.0) i 15.8 (2.9) cm² d'àrea basal, respectivament.

Ateses les grans diferències de grandària en les soques d'unes i d'altres espècies, l'àrea basal de *Quercus ilex* era 16 i 17 vegades més gran que les de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*, respectivament, és previsible que la fracció subterrània d'unes i d'altres també siga diferent. De fet, les diferències entre espècies en el desenvolupament de la rabassa, comporta una gran varietat de grandàries i de formes. Si més no, el diàmetre de la rabassa pot variar entre espècies des de pocs cm fins a 2 m (Jacobs, 1955). D'alguna manera, l'estructura de la rabassa ve determinada genèticament, tot i que també té un component d'expressió fenotípica condicionada pels factors ambientals o d'altres tipus. A més de les particularitats determinades genèticament, si tenim en compte que *Quercus ilex* ha estat històricament l'espècie més estimada en aquest bosc per a la producció de carbó, les repetides tallades poden haver ajudat a augmentar les diferències de grandària respecte de les altres espècies.

Pel que fa a l'estructura subterrània, malgrat que la biomassa aèria no està perfectament correlacionada amb la fondària de les arrels, en principi cal esperar que els arbres tendiran a enviar arrels més profundes que els arbustos, i que les grans soques enviaran arrels més profundes en el perfil del sòl que els individus més petits (Canadell, 1995). Djema (1995), a les mateixes parcel·les d'aquest estudi, va trobar per a *Quercus ilex* unes relacions positives i significatives entre l'àrea basal mesurada a la base de la soca i algunes variables que caracteritzaven la seua estructura subterrània, com el nombre d'arrels, la seua secció basal i el perímetre de la rabassa. D'acord amb això, les dades d'àrea basal de *Quercus ilex* es poden interpretar com una caracterització de la grandària de les soques, tant de la part aèria com de la subterrània (rabassa i arrels).

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

D'altra banda, els resultats van mostrar que per a cadascuna de les espècies no hi havia diferències significatives entre l'àrea basal de les soques localitzades en les parcel·les de l'aclarida màxima i mínima ($p=0.0726$).

V.3.2.2. Percentatge de soques que van rebrotar

Les 4 espècies van respondre a l'eliminació de la seua biomassa aèria amb la producció de nous rebrots. El percentatge de soques que van rebrotar després de l'aplicació de les aclarides va ser molt elevat així, als 5 anys de l'aplicació de les aclarides, en el cas de *Quercus ilex* el 93 % de les soques que es van aclarir van presentar rebrots i, el 100% de les soques de *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo* tenien rebrots. Les dades obtingudes en l'alzina coincideixen amb les proposades en altres estudis, de fet tan sols són lleugerament inferiors al 95-97% trobat per Retana *et al.*, (1992) després d'una aclarida selectiva. En concret, el percentatge de soques de *Quercus ilex* que van rebrotar en les parcel·les de l'aclarida mínima i màxima va ésser d'un 87 i 100 %, respectivament.

Dues característiques de l'estructura subterrània de les espècies rebrotadores juguen un paper decisiu en l'èxit de l'individu després d'una pertorbació; d'una banda la possessió d'una rabassa ben desenvolupada, i de l'altra el manteniment d'un sistema radicular amb prou fondària (Canadell, 1995). Diversos estudis han proporcionat dades de mortalitat de soques de *Quercus ilex* després de l'aplicació de pertorbacions com el foc, la tallada arreu, l'herbivorisme o la sequera (López Soria i Castell, 1992; Retana *et al.*, 1992; Ducrey i Boisserie, 1992; Lloret i Siscart, 1995). En general, la capacitat de rebrotar de molts arbres i arbusts mediterranis després de patir una tallada o aclarida, no és infal·lible, almenys per a algunes espècies. Tanmateix, en el pitjor dels casos possibles, això és després d'un foc, Lloret i Siscart (1995) van registrar una supervivència en *Quercus ilex* superior el 85 %.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

La mortalitat tendeix a augmentar en soques menudes, probablement perquè sofreixen més dany, a més tenen un banc de gemmes petit i una quantitat menor de nutrients a la rúbassa (Trabaud, 1987; Canadell i Rodà, 1991; Obón, 1997). Malgrat això, en aquest treball s'ha trobat que el 60 % de les soques de *Quercus ilex* que no van presentar rebrots superaven la grandària mitjana (275.13 cm² d'àrea basal). Això pot apuntar, malgrat les poques investigacions fetes fins el moment, que una altra causa de mortalitat pot esdevenir per un envelliment de l'estructura subterrània de les soques. Tanmateix, cal tenir en compte que a banda de les característiques de la soca (grandària, envelliment...) les condicions ambientals, com ara la radiació que rep la soca, poden afectar la seua capacitat de rebrotar. Aquest fet, podria explicar les diferències trobades entre les dues intensitats d'aclarida en el percentatge de soques que van ésser capaces de rebrotar. Així, la major disponibilitat de llum de les soques de l'aclarida màxima, respecte de les de l'aclarida mínima (capítol II) podria explicar que el 100 % de les soques d'alzina localitzades en les parcel·les de l'aclarida màxima brotaren, mentre que en les parcel·les de l'aclarida mínima ho van fer el 87 % de les soques.

V.3.2.3. Distribució de les poblacions de rebrots en classes diamètriques

En les dues intensitats d'aclarida la característica principal de la distribució en classes diamètriques de les poblacions de rebrots de *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*, és la forma de J invertida. Aquesta es caracteritza perquè hi ha molts individus petits i pocs grossos, i és típica d'una població de regeneració, com la que formen els rebrots d'una soca durant els primers anys després d'aclarir-la (Retana *et al.*, 1992) (figura 5.2). Castell (1993) va trobar la mateixa distribució en les poblacions de rebrots de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* al primer any després d'una aclarida.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

El breu desfasament de temps (dies/setmanes) en l'eclosió de les gemmes és suficient perquè s'estableixi ràpidament una jerarquització dels rebrots segons el grau de radiació que reben. De fet, el gradient de radiació que s'estableix en la soca fa que es puguin donar clarament dues categories de rebrots: dominants i suprimits, segons rebin o no radiació directa (Castell, 1997). D'acord amb això, és possible que el gradient més diferenciat de radiació que rebien les soques de l'aclarida màxima conduís a l'aparició d'un procés competitiu molt fort entre els rebrots d'aquestes soques, que es va traduir en un potenciament dels rebrots dominants a costa dels suprimits. Aquest fet pot explicar les diferències trobades entre les dues intensitats en la distribució de les classes diamètriques, que es poden resumir en una major abundància de diàmetres petits en l'aclarida mínima (figura 5.2).

Tot i que el rang de variació del diàmetre és semblant en les quatre espècies (0.1-2.7cm), la població d'*Arbutus unedo* presenta una distribució prou diferenciada de la resta d'espècies. En aquesta espècie l'efecte combinat de la forta competència que s'estableix entre els rebrots de la soca amb les condicions d'aclarida màxima pot haver afavorit el creixement dels rebrots dominants, provocant una progressiva mortalitat dels rebrots més suprimits.

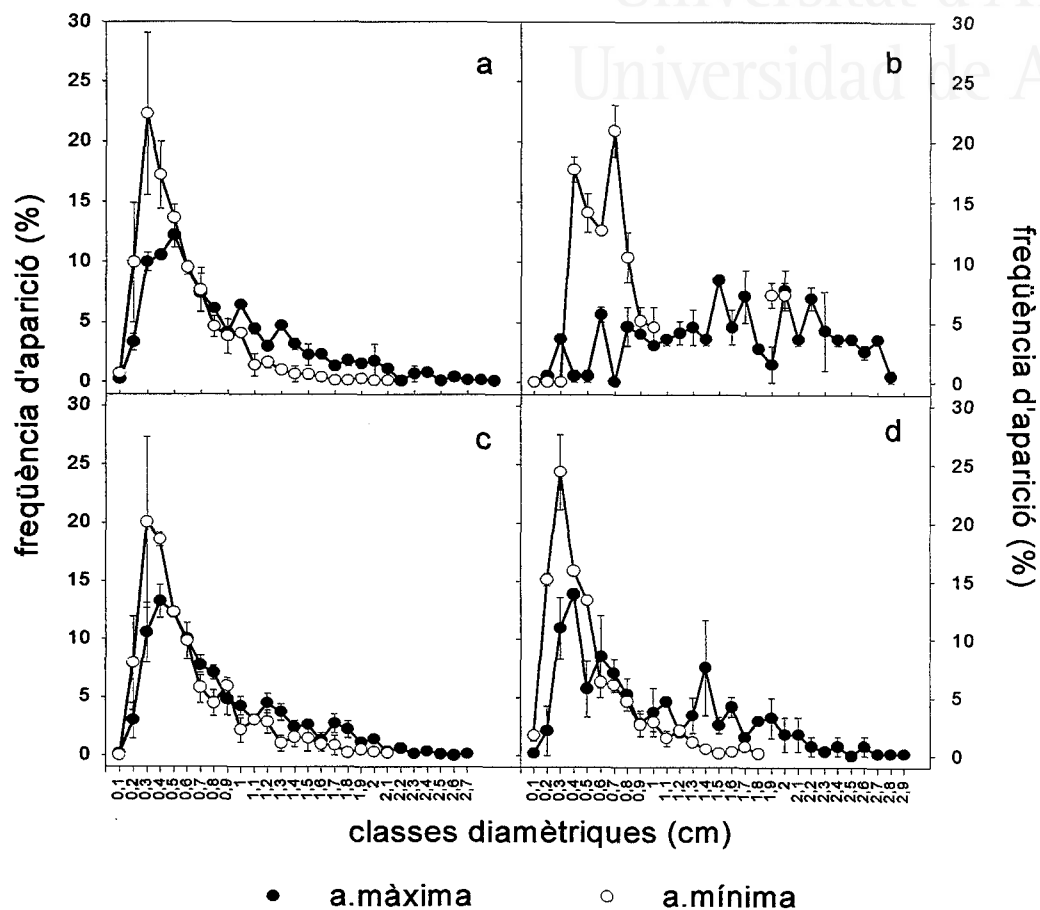
Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Figura 5.2 Distribució de les poblacions de rebrots per classes diamètriques al desembre de 1996 (5 anys després de l'aplicació dels tractaments) en l'aclarida mínima i màxima, a) *Q. ilex*, b) *A. unedo*, c) *V. tinus*, d) *P. latifolia*. Es representa la mitjana (\pm EE), per a $n=2$.

Castell (1993) va trobar a l'any de l'aclarida taxes de fixació de C i de creixement significativament superiors en els rebrots dominants d'*Arbutus unedo* respecte dels suprimits, fet que comportava que les diferències s'accentuaren encara més, fins a l'extrem de registrar pràcticament un 100 % de mortalitat de rebrots suprimits durant el segon estiu. Per contra, les condicions més homogènies de radiació (menor gradient) en les que es

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

desenvolupaven les soques de l'aclarida mínima va reduir les diferències entre els rebrots dominats i els suprimits, la qual cosa va provocar una distribució més propera al tipus J invertida.

V.3.2.4. Caracterització estructural dels rebrots

En la figura 5.3 ve representada per a les quatre espècies i per a les dues intensitats d'aclarida la relació entre la biomassa total per rebrot i el d_5 (diàmetre mesurat a 5 cm de la inserció del rebrot en la soca). Per a totes les equacions de regressió la correlació ha estat estadísticament significativa (taula 5.4)

En diversos estudis (Retana *et al.*, 1992; Williams i McClenahan, 1984) les prediccions de la biomassa s'han ajustat molt bé utilitzant un tipus d'equació en la que la biomassa es relacionava amb el diàmetre i l'alçada: $\log BT = a \cdot \log (D^2 \cdot H) + b$, on D és el diàmetre basal (mm) i H l'alçada (cm) del rebrot. Ara bé, l'ajust utilitzat a aquest treball: $\ln BT = a \cdot \ln D_5 + b$, va ser bo i significatiu en tots el casos, de manera que amb la utilització del diàmetre del rebrot es va optimitzar el mostreig, ja que el treball de camp es va reduir a la mesura d'una variable.

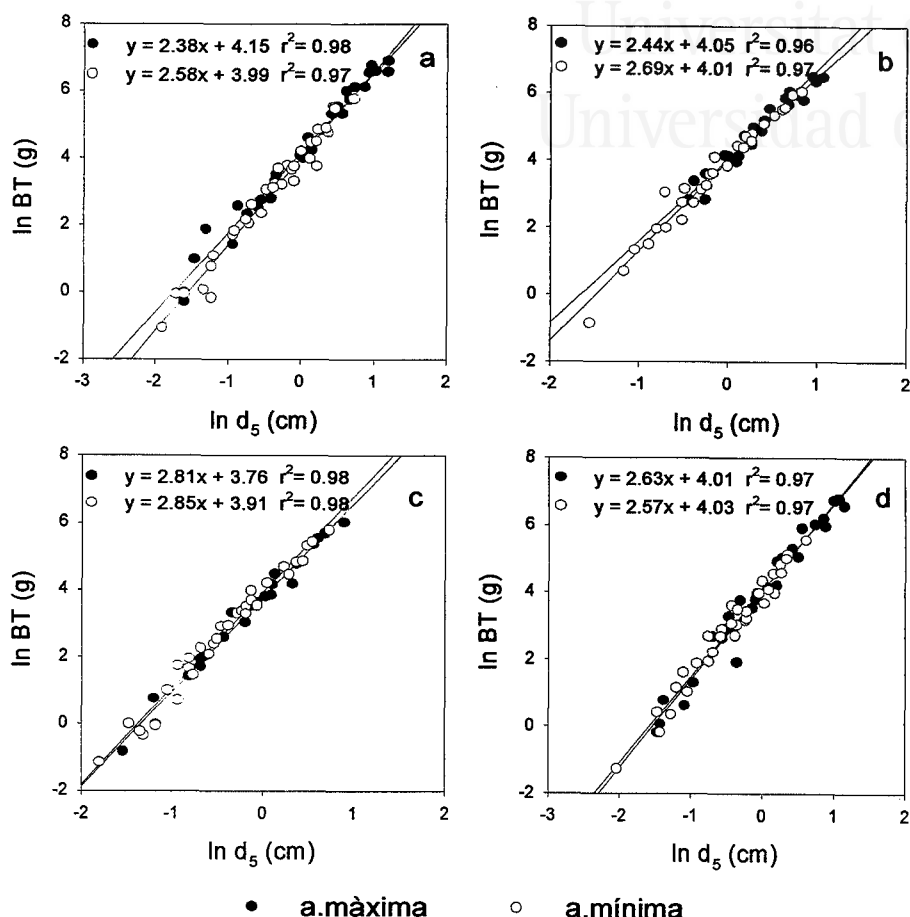
Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Figura 5.3 Relació entre el diàmetre mesurat a 5 cm de la inserció del rebrot en la soca (d_5) i la biomassa total per rebrot (BT) per a les quatre espècies estructuralment més importants: a) *Q.ilex*, b) *A.unedo*, c) *V.tinus* i d) *P.latifolia* en cadascuna de les intensitats d'aclarida.

De la mateixa manera, cal afegir que les estimacions de les diferents fraccions de la biomassa dels rebrots (biomassa de fulles: Bf i biomassa de tiges: Bt) també es van obtenir mitjançant el mateix tipus d'equacions al·lomètriques, amb ajusts comparables als trobats per a la biomassa total, BT. D'altra banda, i d'acord amb el test de comparació de rectes, la intensitat d'aclarida no va tenir cap efecte en l'al·lometria dels rebrots de les 4 espècies, per a cap de les fraccions considerades.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Taula 5.4 Coeficients de determinació i significació de les equacions al·lomètriques per a cada espècie i intensitat d'aclarida, d'acord amb l'equació $\ln BT = a \cdot \ln D_5 + b$, on BT és la biomassa total (g) i d_5 és el diàmetre a 5 cm de la base.

	Intensitat	n	r^2	F-test	P
<i>Q. ilex</i>	a.màxima	29	0.98	1058.24	0.001
	a.mínima	35	0.97	1069.27	0.001
<i>P. latifolia</i>	a.màxima	29	0.97	764.01	0.001
	a.mínima	32	0.97	876.87	0.001
<i>V. tinus</i>	a.màxima	23	0.98	1113.61	0.001
	a.mínima	32	0.98	1296.84	0.001
<i>A. unedo</i>	a.màxima	23	0.96	449.51	0.001
	a.mínima	29	0.97	851.15	0.001

V.3.2.5. Caracterització del rebrot tipus: diàmetre, biomassa total i àrea foliar

Per a les tres variables analitzades (diàmetre, àrea foliar i biomassa total per rebrot) el factor espècie va tenir un efecte significatiu ($p < 0.001$). Així, el rebrot tipus d'*Arbutus unedo* va presentar uns valors mitjans de les tres variables significativament superiors als de les altres tres espècies. Per contra, la comparació entre les altres tres espècies no va mostrar diferències significatives, a excepció de l'àrea foliar per rebrot (figura 5.4). En relació a això, l'àrea foliar mitjana per rebrot de *Quercus ilex* va duplicar a la que presentaven els rebrots de *Viburnum tinus*, 0.21 i 0.11 m², respectivament.

De manera general, espècies diferents poden mostrar canvis en la relació entre l'àrea foliar de la capçada i l'eficiència de l'àrea foliar (i.e. l'increment del tronc per unitat d'àrea foliar), ja que d'alguna manera l'estructura de la capçada pot afectar l'eficiència de l'àrea foliar. Això, pot explicar que no s'hagen trobat diferències en el diàmetre mitjà del rebrots tipus entre les espècies, mentre que entre aquestes mateixes espècies sí es van trobar diferències significatives en l'àrea foliar del rebrot tipus (figura 5.4).

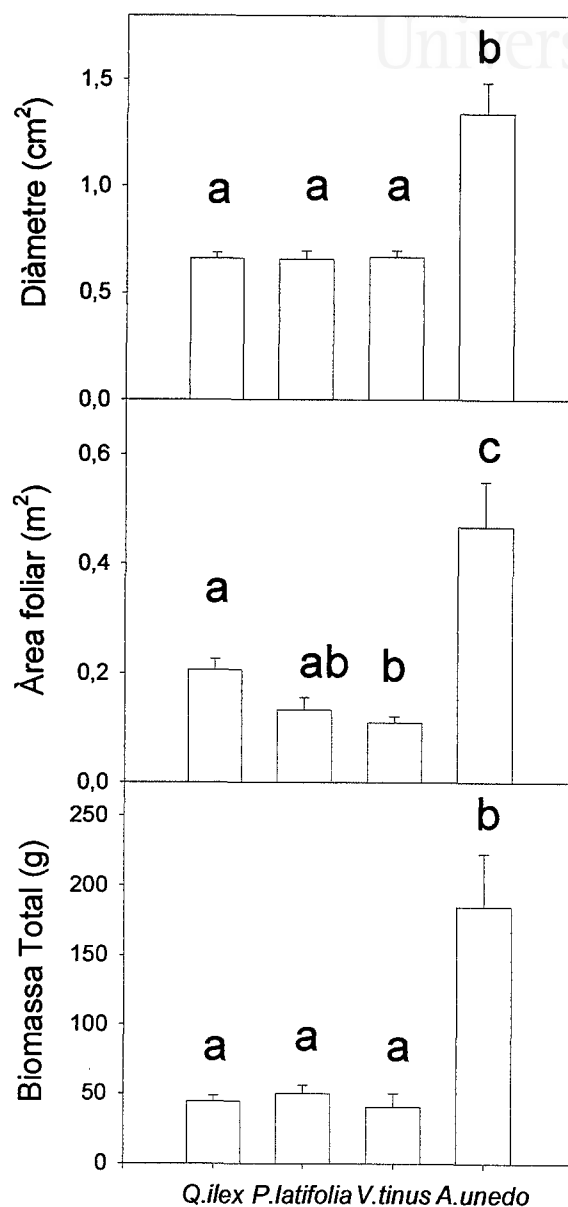
Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Figura 5.4 Caracterització estructural (diàmetre, àrea foliar i biomassa total) del rebrot tipus de *Q.ilex*, *P.latifolia*, *V.tinus* i *A.unedo* al desembre de 1996, als 5 anys de l'aplicació de les aclarides. Els valors corresponen a la mitjana (\pm EE), lletres diferents indiquen diferències significatives entre espècies, a un nivell de significació $p < 0.05$

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

D'altra banda, la intensitat d'aclarida va tenir, cinc anys després de la seua aplicació un efecte significatiu sobre l'estructura del rebrot tipus, ($p < 0.001$) per a les tres variables analitzades. De manera general, per a cadascuna de les espècies, els valors mitjans de diàmetre, biomassa total i àrea foliar dels rebrots de l'aclarida màxima van ser significativament superiors als que presentaven de mitjana els rebrots de l'aclarida mínima (figura 5.5). Aquest resultat concorda amb els resultats de Ducrey i Boisserie (1992), que van trobar que en *Quercus ilex* la biomassa total mitjana per rebrot després d'una aclarida molt intensa (78 % d'eliminació de l'àrea basal) era el doble que la dels rebrots que apareixien després d'una aclarida suau (26 % d'eliminació de l'àrea basal). Tan sols en aquests dos casos: l'àrea foliar en *Viburnum tinus* ($p = 0.061$) i l'àrea foliar en *Phillyrea latifolia* ($p = 0.055$), la intensitat d'aclarida no va tenir un efecte significatiu, tot i que els rebrots de l'aclarida màxima seguien mostrant valors superiors als de l'aclarida mínima.

Les dades aportades fins ara mostren clarament l'efecte que va tenir la intensitat d'aclarida i l'espècie sobre la grandària mitjana del rebrot tipus. Un tercer aspecte a tenir en compte és la interacció entre els dos factors anteriors. Això és, les diferències entre les espècies es van modificar en funció de la intensitat d'aclarida? L'anàlisi de la variància va mostrar una interacció significativa entre l'espècie i la intensitat d'aclarida

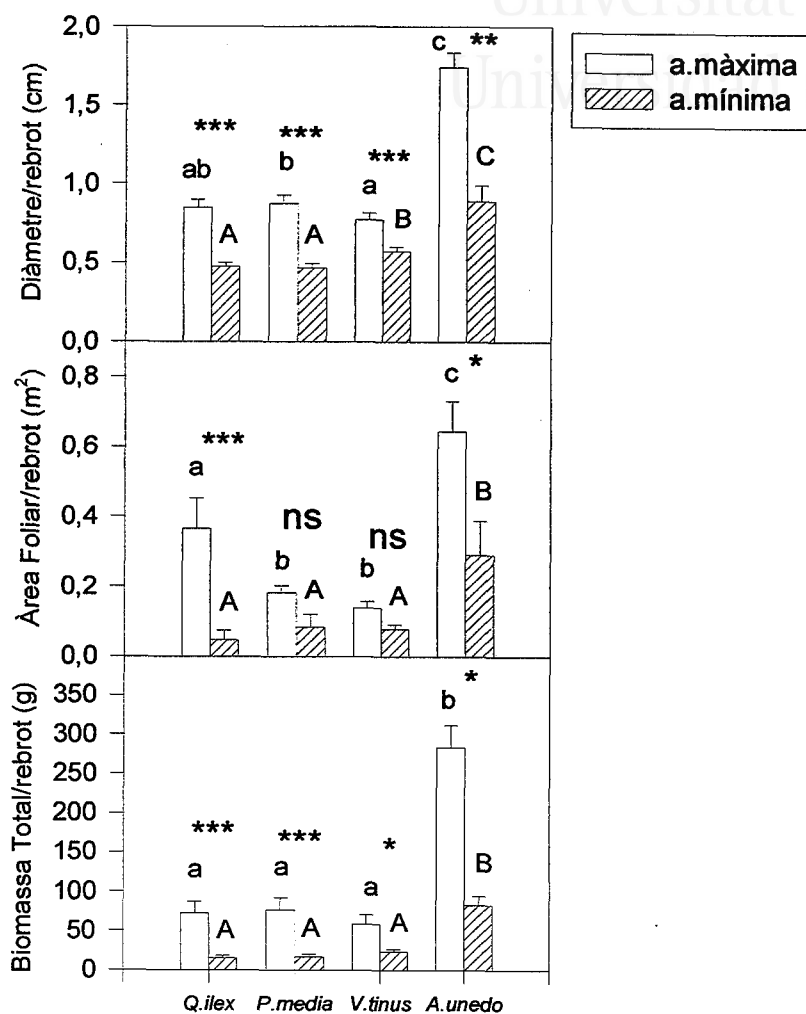
Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Figura 5.5. Efecte de la intensitat d'aclarida en la caracterització estructural (diàmetre, àrea foliar i biomassa total) del rebrot tipus de *Q.ilex*, *P.latifolia*, *V.tinus* i *A.unedo* al desembre de 1996, als 5 anys de l'aplicació de l'aclarida. Els valors corresponen a la mitjana (±EE). Els asteriscs indiquen per a cada espècie diferències significatives entre intensitats d'aclarida (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001), ns: diferències no significatives. Lletres minúscules i majúscules diferents sobre l'aclarida màxima i mínima respectivament, indiquen per a cada intensitat d'aclarida, diferències entre espècies, a un nivell de significació p<0.05.

(p=0.005) per a l'àrea foliar. Aquest resultat podria explicar com en condicions d'aclarida mínima l'àrea foliar mitjana per rebrot en *Quercus ilex* és menor que la de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus* (diferències no significatives), mentre

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

que en condicions d'aclarida màxima el rebrot tipus de *Quercus ilex* té de mitjana més àrea foliar que els de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus* ($p < 0.05$). Aquest resultat suggereix que l'aplicació d'una o d'altra intensitat d'aclarida repercuteix de manera diferent en l'afavoriment de les espècies, com a mínim en l'àrea mitjana de fulles per rebrot.

V.3.2.6. La densitat de rebrots nous per soca

El nombre de rebrots per soca que resten vius després d'una aclarida o tallada ha estat una de les variables més analitzades per tal d'estudiar la regeneració d'un gran nombre d'espècies de *Quercus*, Retana *et al.* (1992), Ducrey i Turrel (1992), Espelta *et al.* (1998) en *Q.ilex*; Ross *et al.* (1986) en *Q.prinus*, *Q.coccinea* i *Q.velutina*, Lowell *et al.* (1987) en *Q.alba*, *Q.stellata* i *Q.falcata*; així com en d'altres gèneres Canadell (1995) en *Arbutus unedo* i *Erica arborea*; Vilà i Terrades (1995), en *Erica multiflora*; Kauppi i Kiviniitty (1988) en *Betula pubescens*. Al cinquè any de l'aplicació de l'aclarida el nombre de rebrots nous que restaven vius per soca (acumulats des de la primavera de 1992 fins a l'hivern de 1996) en cadascuna de les 4 espècies analitzades va oscil·lar entre un màxim de 29 (3) i un mínim d'11 (1) rebrots per soca, en *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia*, respectivament (taula 5.5).

Taula 5.5 Nombre de rebrots nous per soca als 5 anys de l'aplicació de les aclarides per a cadascuna de les espècies. Els valors són la mitjana (EE). Lletres diferents indiquen diferències estadísticament significatives entre espècies a un nivell de significació $p < 0.05$.

	rebrot nous/soca
<i>Quercus ilex</i>	29 (3) ^a
<i>Phillyrea latifolia</i>	11 (1) ^b
<i>Viburnum tinus</i>	26 (3) ^a
<i>Arbutus unedo</i>	22 (6) ^a

De fet, la mitjana del nombre de rebrots per soca en *Phyllirea latifolia* va ésser significativament inferior a la de les altres tres espècies ($p < 0.05$). Així, les

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

soques d'aquesta espècie van mostrar de mitjana la meitat de rebrots per soca que la resta d'espècies.

El valor obtingut en les soques de *Quercus ilex* coincideix amb els resultats aportats per Ducrey i Boisserie (1992), 4 anys després de l'aplicació d'aclarides selectives en l'alzinar de Puechabon. Aquests autors van trobar uns valors que oscil·laven entre 22 i 27 rebrots per soca. Per contra, Retana *et al.* (1992) a una aclarida selectiva de *Quercus ilex* al Montseny, van estimar al cinquè any de l'aplicació, un total de 78 rebrots per soca (tres vegades més que els obtinguts en les soques de Prades). Les característiques de l'aclarida aplicada en el Montseny, 67 (5) % d'eliminació de l'àrea basal, són molt semblants a les d'aquesta experiència. Atesa la semblança de les intensitats aplicades, és més possible que les diferències entre el nombre de rebrots per soca es puguin deure a les característiques estructurals de partida d'un i d'altre alzinar, (la densitat en el Montseny és de 3043 peus·ha⁻¹, mentre que en el de Prades és de 12916 peus·ha⁻¹), més que a una gran mortalitat de rebrots en les soques de l'alzinar de Prades. En concret, el nombre de rebrots per soca estimat per León (com. pers.) en 1993, 1 any després de l'aplicació de les aclarides, en les mateixes parcel·les és de 30 i 43 rebrots per soca en l'aclarida mínima i màxima respectivament, una densitat molt inferior als 127 estimats per Retana *et al.* (1992) a l'any d'aplicar l'aclarida en l'alzinar del Montseny.

D'altra banda, la comparació dels dos moments en que es va fer el recompte del nombre de rebrots per soca (1993 i 1996), comporta una mortalitat mitja de rebrots d'un 3 % en l'aclarida mínima, enfront un 33 % en l'aclarida màxima. Aquestes diferències en la mortalitat de rebrots entre les dues intensitats d'aclarida, s'ajustarien a les diferències trobades entre ambdues intensitats en la grandària mitjana dels rebrot tipus, que mostraven un major diàmetre i una major biomassa total per rebrot en l'aclarida màxima. La mortalitat dels rebrots

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

durant la regeneració s'ha interpretat com una conseqüència de la competència que s'estableix entre aquests (Ferm i Kauppi, 1990), entre els rebrots i el reservori subterrani (Wilson, 1995) i amb el peu remanent en el cas de la regeneració després d'una aclarida selectiva (Tolvanen *et al.*, 1994).

Pel que fa a l'efecte de la intensitat d'aclarida (mínima i màxima), l'anàlisi va provar que aquesta no va tenir un efecte significatiu sobre la mitjana del nombre de rebrots per soca en cap de les 4 espècies estudiades (taula 5.6).

Taula 5.6. Nombre de rebrots per soca als 5 anys de l'aplicació de les aclarides en cadascuna de les espècies i intensitats d'aclarida. El valor és la mitjana (EE), ns indica diferències no significatives entre intensitats per a cadascuna de les espècies, ($p < 0.05$).

	a.màxima	a.mínima	p-valor
<i>Quercus ilex</i>	29 (3)	29 (5)	0.661 ^{ns}
<i>Phillyrea latifolia</i>	12 (2)	11 (2)	0.243 ^{ns}
<i>Viburnum tinus</i>	24 (3)	28 (4)	0.497 ^{ns}
<i>Arbutus unedo</i>	19 (1)	25 (7)	0.245 ^{ns}

Per contra, Ducrey i Boisserie (1992) van trobar quatre anys després de l'aplicació d'unes aclarides en rodals de *Quercus ilex* que el nombre de rebrots per soca era significativament major després d'aplicar una aclarida molt intensa (78 % d'eliminació de l'àrea basal) que després d'aplicar una aclarida que comportava l'eliminació del 58 % de l'àrea basal.

La repercussió de l'aparició i desenvolupament dels rebrots sobre la nova estructura de l'alzinar a nivell de rodal s'analitza en el capítol VII. Ara, només indicar que les estimacions de densitat de rebrots (rebrots·ha⁻¹), considerant conjuntament les 4 espècies, la densitat de soques de cadascuna i el nombre de rebrots per soca mostren unes densitats de 130762 (31779) i 123090 (6983) rebrots nous·ha⁻¹ en l'aclarida màxima i mínima respectivament.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides**V.3.3. Relacions entre la producció de rebrots i les característiques de la soca i l'àrea basal extreta****V.3.3.1. Abundància de rebrots**

Diversos estudis han posat de manifest la importància de l'àrea basal que s'extreu a la soca en el moment de l'aclarida (Tsiouvaras, 1987), així com de la grandària d'aquesta (Canadell, 1992, 1995; Retana *et al.*, 1992, Lloret i López-Soria, 1993) en la recuperació de la seua estructura aèria. Per contra, són pocs els resultats directes que revelen la importància de la competència que s'estableix entre les soques d'un rodal, de manera que fins ara tan sols s'han proporcionat alguns indicis que comencen a posar de manifest la rellevància de l'efecte de l'àrea basal extreta a nivell de rodal sobre el desenvolupament i el creixement dels rebrots (Espelta *et al.*, 1999).

De moment, pel que respecta a la resposta a nivell de soca o individu, els resultats obtinguts mostren que cinc anys després de l'aplicació de les aclarides, en les 4 espècies el nombre de rebrots es va relacionar de manera positiva i en la majoria dels casos significativament amb l'àrea basal extreta per soca (Ab_e) (figura 5.6 i taula 5.7).

Taula 5.7 Equacions de regressió entre l'àrea basal extreta per soca (Ab_e) i el nombre de rebrots nous per soca (nr) als 5 anys de l'aplicació de les aclarides en cadascuna de les espècies. Es presenta el coeficient de determinació (r^2), i el nivell de significació: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, (ns) diferències no significatives ($p > 0.05$).

	Aclarida màxima		aclarida mínima	
	e. de regressió	r^2	e. de regressió	r^2
<i>Q.ilex</i>	$nr=0.07 AB_e + 12.08$	0.48***	$nr=0.21AB_e + 3.79$	0.72***
<i>A.unedo</i>	$nr=0.15 AB_e + 0.27$	0.88**	$nr=-0.01 AB_e + 15.47$	0.14ns
<i>V.tinus</i>	$nr=0.32 AB_e + 18.84$	0.10ns	$nr=0.54 AB_e + 17.22$	0.47***
<i>P.latifolia</i>	$nr=0.20 AB_e + 8.33$	0.19*	$nr=0.45 AB_e + 7.16$	0.36**

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Aquest resultat demostra, per a les 4 espècies, que la intensitat d'aclarida aplicada a la soca va afectar la producció de nous rebrots, de manera que a mesura que la quantitat d'àrea basal eliminada per soca va ésser major, també ho va ser el nombre de rebrots que tenia la soca cinc anys després de l'aclarida.

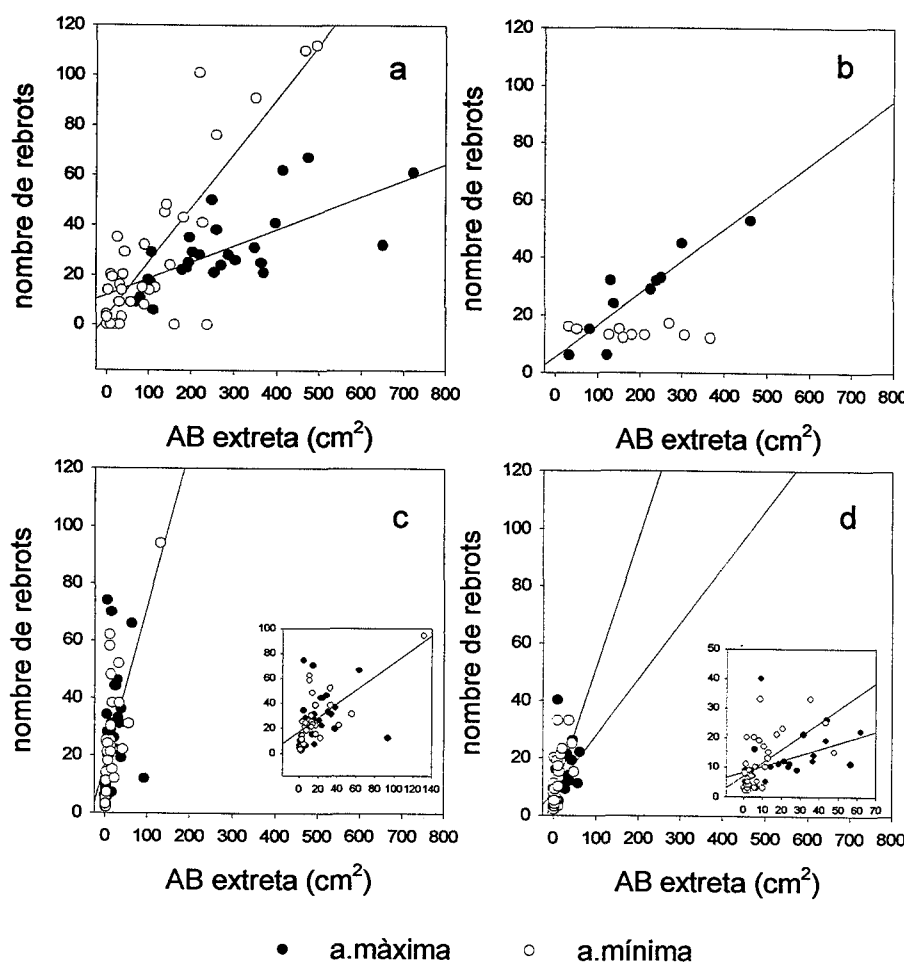


Figura 5.6. Relació entre l'àrea basal extreta per soca (cm^2) i el nombre de rebrots nous per soca al desembre de 1996, per a cadascuna de les 4 espècies estructuralment més importants: a) *Q. ilex*, b) *A. unedo*, c) *V. tinus* i d) *P. latifolia* en les dues intensitats d'aclarida analitzades.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Una vegada demostrat l'efecte de la quantitat d'àrea basal eliminada per soca, es va fer una anàlisi de la covariància per veure si la intensitat d'aclarida a nivell de rodal (55 i 79 % d'eliminació de l'àrea basal del rodal) tenia un efecte significatiu sobre el nombre de rebrots per soca, incloent l'àrea basal inicial de cada individu (AB_i) com a covariable. Cal aclarir que en *Quercus ilex* l'àrea basal inicial (AB_i) era proporcional a l'àrea basal extreta (AB_e), mentre que per a les altres tres espècies, independentment de la intensitat d'aclarida, com que es va eliminar tota la fracció aèria l' AB_i de les soques era la mateixa de l' AB_e . En totes les espècies l' AB_i de la soca, això és la seua grandària, va tenir un efecte significatiu sobre el nombre mitjà de rebrots que tenien les soques 5 anys després de l'aplicació de les aclarides (taula 5.8). Per contra, la intensitat d'aclarida (*i.e.* el percentatge d'àrea basal eliminada en el rodal) no va tenir un efecte significatiu sobre el nombre de rebrots per soca en cap de les 4 espècies (taula 5.8). Tot i això, en el cas de *Quercus ilex*, malgrat no mostrar diferències significatives entre la intensitat d'aclarida, per a un mateix valor d'àrea basal extreta, les soques de l'aclarida mínima van tendir a mostrar més rebrots (figura 5.6).

Taula 5.8 Resultats de l'anàlisi de la covariància ANCOVA realitzat per al nombre de rebrots per soca en cadascuna de les espècies, considerant l'àrea basal prèvia a l'aclarida (àrea basal inicial, AB_i) com a covariable, i com a factors principals la intensitat d'aclarida (mínima i màxima) i el bloc.

	<i>Quercus ilex</i>			<i>Phillyrea latifolia</i>			<i>Viburnum tinus</i>			<i>Arbutus unedo</i>		
	df	F	p	df	F	p	Df	F	P	Df	F	P
Intensitat	1	3.65	0.061	1	1.39	0.243	1	0.47	0.497	1	1.66	0.244
Bloc	1	4.00	0.050	1	1.33	0.254	1	2.21	0.143	1	0.26	0.628
AB_i	1	65.14	0.000	1	19.22	0.000	1	22.54	0.000	1	7.58	0.033
Residu	55			55			55			18		

Aquest resultat revela que l'àrea basal extreta a nivell de rodal no repercuteix de manera significativa en el nombre de rebrots nous que acumulen les soques d'alzina.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

V.3.3.2. *L'estructura de les soques: Àrea basal, biomassa total i àrea foliar de rebrots*

De la mateixa manera que ha quedat demostrat amb el nombre de rebrots per soca, en les 4 espècies l'àrea basal de rebrots nous per soca també es va relacionar de manera positiva i significativa amb l'àrea basal extreta per soca, a excepció de les soques d'*Arbutus unedo* que es trobaven en condicions d'aclarida mínima (figura 5.7 i taula 5.9). D'acord amb això, a mesura que l'àrea basal extreta per soca va ser més gran, l'àrea basal de rebrots nous acumulada en la soca també va ésser major. Els resultats obtinguts mostren que l'àrea basal extreta per soca va afectar de la mateixa manera en el nombre de rebrots i en l'àrea basal d'aquests. Ara bé, com calia esperar, en la majoria dels casos l'ajust de les equacions va millorar quan l'àrea basal extreta es va relaciona amb l'àrea basal de rebrots nous. D'alguna manera, aquest resultat suggereix que al cap i a la fi, allò més important en la recuperació de l'estructura de les soques és la quantitat d'àrea o superfície de circulació que és funcional per al transport d'aigua i nutrients, i no ho és tant de quina manera es distribueix aquesta (nombre de rebrots).

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

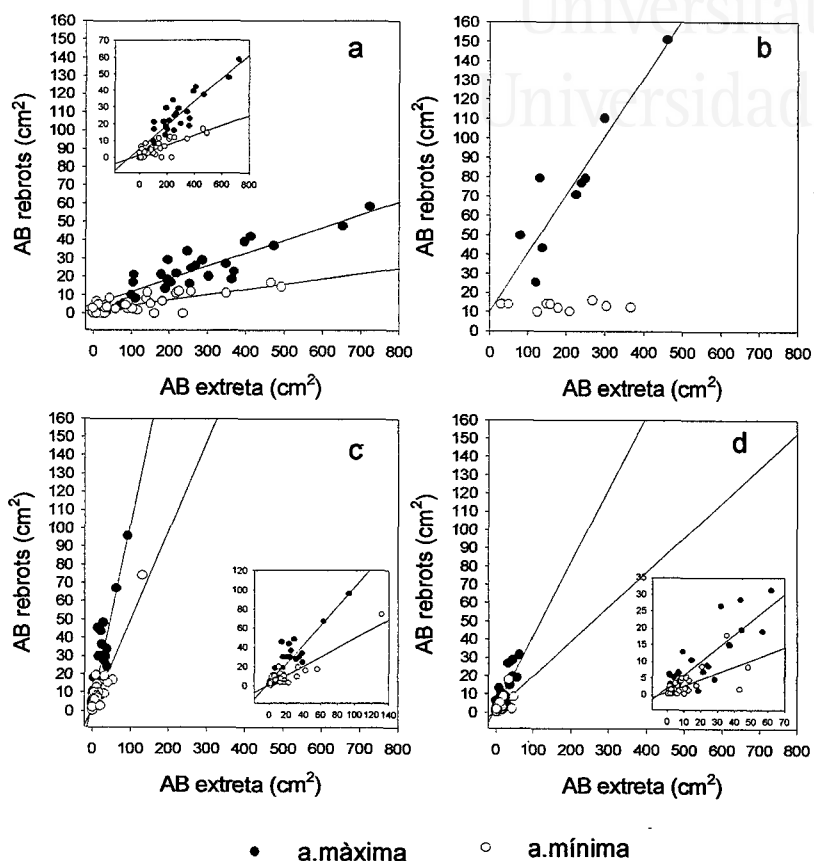


Figura 5.7. Relació entre l'àrea basal extreta per soca (cm^2) i l'àrea basal de rebrots per soca (cm^2) acumulada fins el desembre de 1996 per a cadascuna de les 4 espècies estructuralment més importants: a) *Q. ilex*, b) *A. unedo*, c) *V. tinus* i d) *P. latifolia* en les dues intensitats d'aclarida aplicades a l'alzinar.

Taula 5.9. Equacions de regressió entre l'àrea basal extreta per soca (AB_e) i l'àrea basal de rebrots nous per soca (AB_r) als 5 anys de l'aplicació de les aclarides en a cadascuna de les espècies i intensitats d'aclarida. Apareix el coeficient de determinació (r^2) i nivell de significació: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, (ns) diferències no significatives ($p > 0.05$).

	aclarida màxima		Aclarida mínima	
	e. de regressió	r^2	e. de regressió	r^2
<i>Q. ilex</i>	$AB_r = 0.07 AB_e + 5.02$	0.78***	$AB_r = 0.03 AB_e + 1.50$	0.61***
<i>A. unedo</i>	$AB_r = 0.29 AB_e + 10.91$	0.85**	$AB_r = -0.001^a AB_e + 12.47$	0.45ns
<i>V. tinus</i>	$AB_r = 0.93 AB_e + 4.45$	0.82***	$AB_r = 0.49 AB_e + 1.29$	0.84***
<i>P. latifolia</i>	$AB_r = 0.40 AB_e + 2.10$	0.70***	$AB_r = 0.19 AB_e + 0.88$	0.42***

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

L'efecte de la intensitat d'aclarida (55 i 79% d'eliminació de l'àrea basal del rodal) i de la grandària de l'individu, és a dir de l'àrea basal que tenia abans de l'aplicació de l'aclarida (covariable) sobre l'acumulació d'estructura de rebrots per soca (àrea basal, biomassa total i àrea foliar) als 5 anys de l'aplicació de les aclarides es va analitzar mitjançant una anàlisi de la covariància, ANCOVA (taula 5.10). De nou, tal i com va ocórrer quan es va analitzar el nombre de rebrots per soca, l'efecte de la covariable (àrea basal de l'individu abans de l'aclarida) va tenir un efecte significatiu sobre l'àrea basal, la biomassa total i l'àrea foliar de rebrots acumulats per soca de totes les espècies, a excepció feta de l'àrea foliar de *Quercus ilex* i de la biomassa total d'*Arbutus unedo*.

Encara que la intensitat d'aclarida (mínima i màxima), no va tenir un efecte significatiu sobre el nombre de rebrots per soca (taula 5.8), l'efecte de l'àrea basal eliminada en el rodal sí va ésser significativa en la majoria dels casos, sobre l'acumulació d'àrea basal, de biomassa total i d'àrea foliar de rebrots per soca (taula 5.10). Així, per a una mateixa AB_i les soques localitzades en les parcel·les de l'aclarida màxima van presentar de mitjana uns valors majors d'àrea basal, de biomassa total i d'àrea foliar de rebrots per soca que les que es trobaven en condicions d'aclarida mínima. Aquest resultat posa de manifest que l'àrea basal eliminada a nivell de rodal ($m^2 \cdot ha^{-1}$) sí té un efecte significatiu sobre la recuperació de la part aèria de les soques, de manera que l'aportació dels rebrots a la recuperació de l'estructura de la soca ve condicionada pel tractament silvícola aplicat. De manera excepcional, l'efecte de la intensitat d'aclarida no va ésser significatiu en l'àrea foliar de rebrots acumulada en les soques de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Taula 5.10. Resultats de l'anàlisi de la covariància ANCOVA per a l'àrea basal, biomassa total i àrea foliar de rebrots per soca en cadascuna de les espècies, considerant l'àrea basal prèvia a l'aclarida (àrea basal inicial, Ab_i) com a covariable i la intensitat d'aclarida i el bloc com factors principals.

<i>Quercus ilex</i>									
	Àrea Basal/soca			Biomassa Total/soca			Àrea foliar/soca		
	Df	F	p	df	F	P	Df	F	P
Intensitat aclarida	1	88.92	0.000	1	30.87	0.000	1	4.66	0.035
Bloc	1	0.23	0.637	1	0.48	0.494	1	0.48	0.491
Ab_i	1	70.38	0.000	1	22.23	0.000	1	1.88	0.178
Residu	55			55			55		
<i>Phillyrea latifolia</i>									
	Àrea Basal/soca			Biomassa Total/soca			Àrea foliar/soca		
	Df	F	p	df	F	P	Df	F	p
Intensitat aclarida	1	11.77	0.001	1	12.51	0.001	1	3.09	0.085
Bloc	1	0.18	0.672	1	0.69	0.409	1	0.00	0.952
Ab_i	1	80.18	0.000	1	25.28	0.000	1	6.64	0.012
Residu	55			55			55		
<i>Viburnum tinus</i>									
	Àrea Basal/soca			Biomassa Total/soca			Àrea foliar/soca		
	Df	F	p	df	F	P	Df	F	p
Intensitat aclarida	1	20.66	0.000	1	4.69	0.034	1	2.72	0.105
Bloc	1	0.49	0.484	1	2.59	0.113	1	4.49	0.038
Ab_i	1	154.3	0.000	1	73.44	0.000	1	62.85	0.000
Residu	55			55			55		
<i>Arbutus unedo</i>									
	Àrea Basal/soca			Biomassa Total/soca			Àrea foliar/soca		
	Df	F	p	df	F	P	Df	F	p
Intensitat aclarida	1	6.73	0.041	1	8.79	0.040	1	8.64	0.046
Bloc	1	0.54	0.491	1	0.03	0.876	1	9.44	0.037
Ab_i	1	6.14	0.051	1	0.15	0.718	1	38.1	0.004
Residu	18			18			18		

En relació a la grandària de l'individu, Djema (1995) va trobar en *Quercus ilex* que el perímetre de la rabassa sí estava correlacionat amb el sistema radicular, tant amb el nombre d'arrels de diàmetre major d'1 cm, com amb

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

secció basal d'arrels. De la mateixa manera, també va trobar una bona relació entre la secció basal d'arrels i l'àrea basal aèria. Atenent a això, és previsible que els individus més grans (majors rabasses i un sistema radicular més desenvolupat) presenten, tal i com hem trobat aquí una major àrea basal i biomassa de rebrots, com a conseqüència d'un sistema subterrani (rabassa i arrels) més desenvolupat, i per tant en condicions millors d'obtenir més recursos per a la producció de rebrots. Això suggereix, malgrat que la biomassa aèria no està perfectament correlacionada amb la fondària de les arrels, que els grans individus tendeixen a enviar arrels més profundes en el perfil del sòl que els individus menuts. Si tenim en compte que probablement en condicions de disponibilitat hídrica normals, la major disponibilitat i per tant la major obtenció d'aigua s'aconsegueix en els primers 30-40 cm del sòl aquesta capacitat o avantatge dels individus grans pot semblar poc aprofitable. Ara bé, en condicions d'estrés hídric sever, com són molts dels estius del clima mediterrani, que a més es poden allargar en episodis de sequera sever, com el de l'any 1994 (capítol II), la possibilitat d'accedir a les capes profundes del perfil del sòl, així com disposar d'una rabassa gran, pot resultar vital per a la supervivència de l'individu. A més, la densitat d'aquest bosc, aproximadament 2100 soques-ha¹ pot afectar a l'extensió horitzontal i vertical del sistema radicular, de manera que segons Berben (1968) en Djema (1995), a mesura que la densitat és més elevada el desenvolupament horitzontal es dificultaria, la qual cosa suposaria una reorientació vertical de les arrels.

Coincidint amb els resultats de Canadell (1995) quan analitzava la resposta de les soques d'*Arbutus unedo* a una pertorbació, els resultats obtinguts mostren que per aquesta espècie la grandària inicial de la rabassa no afecta a la biomassa total de rebrots acumulats en la soca després de l'aclarida. Tal i com suggereix Canadell, aquest resultat qüestionaria tot el raonament anterior, de manera que els individus més grans no tenen perquè tenir més accés que els més petits a la fondària, i això es pot relacionar amb el fet que les plantes més

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

grans no tenen perquè tenir arrels més profundes. Ara bé, és possible que aquesta interpretació no siga del tot completa si tenim en compte que, com ha quedat demostrat en aquest treball, el cas d'absència de correlació entre les característiques de l'individu (àrea basal inicial, AB_i) l'àrea basal de rebrots, AB_r , en les soques d'*Arbutus unedo* només es donen en les condicions d'aclarida mínima. Atès que, en les condicions de l'aclarida màxima les característiques de l'individu prèvies a l'aclarida (AB_i) sí es van correlacionar significativament amb l'àrea basal de rebrots (AB_r) que tenia la soca, potser cal tenir en compte un altre tipus d'interpretació. Els resultats obtinguts suggereixen que la resposta pot estar més relacionada amb el règim de llum que reben les soques d'*Arbutus unedo* sota les capçades de l'aclarida mínima, ja que l'escassa llum que reben que podria limitar la recuperació de l'estructura aèria de la soca, independentment del desenvolupament de les estructures subterrànies (rabassa i arrels).

Djema (1995) va trobar en les mateixes parcel·les d'estudi, que la disminució de les reserves de la fracció subterrània en *Quercus ilex* als dos anys de l'aclarida va ser major en els individus que tenien una àrea basal gran, mentre que va ser inapreciable en els individus petits, els tenien una àrea basal menor. D'acord amb això, i atès que l'acumulació d'àrea basal, i biomassa de rebrots en *Quercus ilex* es va correlacionar amb el grandària de la soca, quedaria demostrada la relació entre la mobilització de reserves des de la biomassa subterrània i l'acumulació de rebrots després de l'eliminació de part de l'estructura aèria de la soca. Això és, es produeix una certa mobilització de biomassa subterrània que s'accentua en els individus més grans, i que s'inverteix en la reconstrucció de l'estructura aèria de l'individu, bé mitjançant el creixement de rebrots, bé mitjançant el creixement dels peus remanents. De fet, pel que fa a la mineralomassa Djema (1995) va trobar, dos anys després de l'aplicació de les aclarides, que l'àrea basal inicial de l'individu afectava significativament a la mineralomassa de tots els elements de la rabassa.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

V.3.4. Les característiques de les soques

V.3.4.1. L'àrea basal, la biomassa total i l'àrea foliar de rebrots per soca

Les diferències entre les espècies en la biomassa, l'àrea basal i l'àrea foliar de rebrots per soca van seguir un patró molt semblant al que es va obtenir en la caracterització estructural del *rebot tipus*. Això és, com que el nombre de rebrots per soca és molt semblant entre les espècies, la quantitat de biomassa total, d'àrea basal i d'àrea foliar de rebrots per soca va estar controlada fonamentalment per la grandària del *rebot tipus*. Així, les soques de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* van mostrar valors mitjans de biomassa total, àrea basal i àrea foliar de rebrots significativament majors als que van presentar les soques de *Viburnum tinus* i *Phillyrea latifolia* (figura 5.8).

Ara bé, aquest patró no es va acomplir en les soques de *Phillyrea latifolia*, ja que en aquesta espècie els valors tan baixos de biomassa de rebrots per soca van estar provocats pel baix nombre de rebrots per soca, estadísticament menor que en les altres espècies, i no per la grandària del seu rebrot tipus que era estadísticament igual al de *Quercus ilex*.

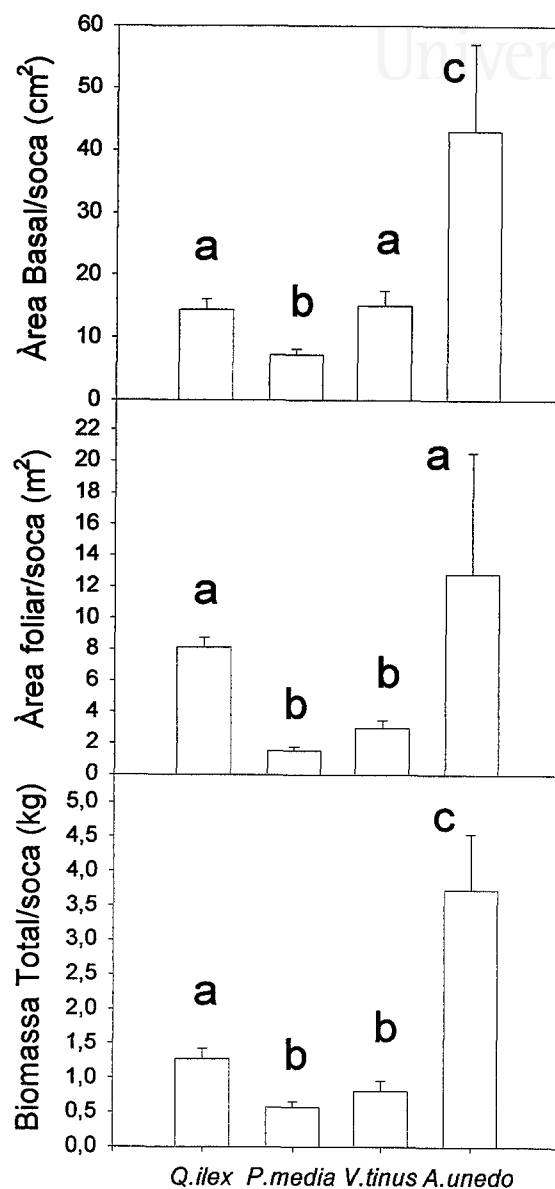
Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Figura 5.8. Àrea basal, àrea foliar i biomassa total de rebrots per soca al desembre de 1996 en cadascuna de les 4 espècies. Apareix representada la mitjana (\pm EE), lletres diferents indiquen diferències significatives entre espècies, ($p < 0.05$).

Als 5 anys de l'aplicació de les aclarides, l'àrea basal, la biomassa total i l'àrea foliar de rebrots per soca en les 4 espècies es va veure afectada

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

significativament per la intensitat d'aclarida aplicada, encara que no de manera significativa en tots els casos (figura 5.9).

En les 4 espècies, les soques de l'aclarida màxima van mostrar una biomassa, una àrea foliar i una àrea basal de rebrots major que la de les soques de l'aclarida mínima, encara que en alguns casos les diferències no van ésser significatives. En les soques de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* els valors mitjans de les tres variables analitzades (àrea basal, biomassa total i àrea foliar de rebrots) en l'aclarida màxima van ser significativament superiors als de l'aclarida mínima. Així, les soques de *Quercus ilex* de l'aclarida màxima tenien una biomassa total de rebrots tres vegades major que la de les soques de l'aclarida mínima (figura 5.9). Aquest efecte tan clar de la intensitat d'aclarida no es va registrar en les altres dues espècies. Així, la intensitat d'aclarida no va tenir un efecte significatiu sobre l'àrea foliar de rebrots acumulada en les soques de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

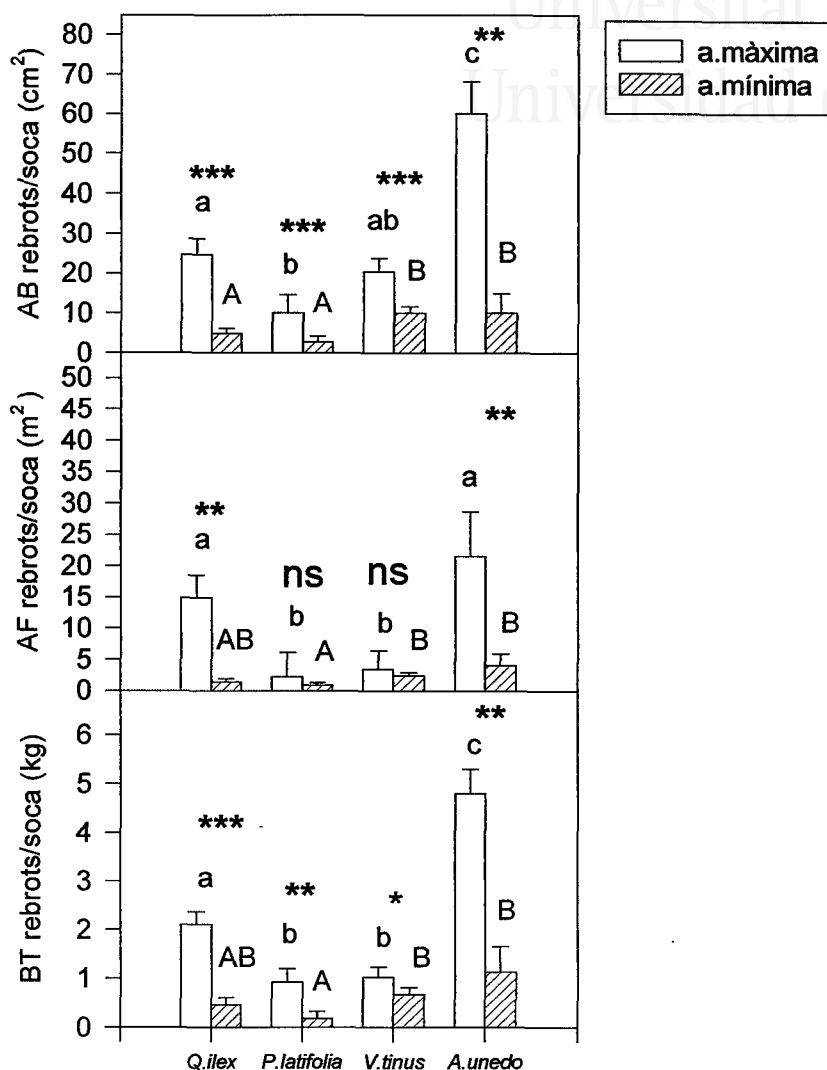


Figura 5.9 Àrea basal, àrea foliar i biomassa total de rebrots per soca en *Q.ilex*, *P.latifolia*, *V.tinus* i *A.unedo* al desembre de 1996, en cadascuna de les dues intensitats d'aclarida analitzades (mínima i màxima). Els asteriscs indiquen per a cada espècie diferències significatives entre intensitats d'aclarida (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$), ns indica diferències no significatives. Lletres minúscules i majúscules diferents sobre l'aclarida màxima i mínima respectivament, indiquen per a cada intensitat d'aclarida diferències entre espècies ($p < 0.05$).

Malgrat que darrerament s'han realitzat algunes experiències, el paper que juga la fracció subterrània davant pertorbacions en ecosistemes mediterranis ha estat tradicionalment un tema poc analitzat, atesa la seua dificultat. Malgrat

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

això, estudis recents en aquest camp aporten informació valuosa per tal d'explicar el procés de la rebrotada. En *Quercus ilex*, Djema (1995) a la mateixes parcel·les d'estudi va explicar les diferències de biomassa subterrània entre les soques control i les de l'aclarida màxima d'una mateixa grandària inicial, per l'efecte de la mobilització de reserves emmagatzemades a les estructures subterrànies, bé a les rabasses, bé a les arrels entre 1-5 cm de diàmetre. D'alguna manera aquest resultat suggereix que la major producció de rebrots en les soques de l'aclarida màxima, respecte de les soques de l'aclarida mínima, aniria associada a una major mobilització de reserves en les primeres, ja que d'alguna manera la quantitat d'elements minerals que té en la planta estan controlades en part per la demanda dels diferents teixits.

A més, la grandària del sistema radicular de l'alzina, principalment de la seua rabassa, suggereix que aquestes estructures poden actuar com una font de carboni i d'altres nutrients (Djema, 1995), de manera que l'individu pot utilitzar aquestes reserves durant el procés de la rebrotada. De fet els resultats trobats per Djema mostren que la biomassa radicular total de l'alzinar (sense tenir en compte les arrels fines) és de $127 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, i en concret la rabassa aporta un 57% a la biomassa radicular, és a dir $77 \text{ Mg}\cdot\text{h}^{-1}$.

Pel que fa a la funció de reserva de carboni que puga tenir la rabassa, i de manera general el sistema radicular, el mateix autor va trobar que en les soques de *Quercus ilex* el carboni constitueix més del 95% del pes sec de la fracció subterrània (rabassa i arrels).

De manera general, la pressió selectiva a la que van estar sotmeses històricament les soques d'aquest bosc (capítol II), va fer que augmentés el nombre de gemmes al voltant del peu, la qual cosa va conduir inevitablement a l'engrossiment del diàmetre basal de la soca. Ara bé, no es tracta només d'un

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

augment indiscriminat de la biomassa, ja que per tal d'assegurar una rebrotada vigorosa, simultàniament amb l'increment de gemmes es fa imprescindible un emmagatzematge de reserves a la rabassa. Canadell (1995) va demostrar que una de les causes que explicava l'avantatge rebrotador de *Arbutus unedo* davant *Erica arborea*, després d'una pertorbació, era la major capacitat de la primera en la mobilització de recursos des de la rabassa (aigua, nutrients, midó).

Tot i ésser fonamental el paper de la rabassa en el subministrament de nutrients i midó, l'obtenció d'aigua i de nutrients a través de les arrels no és menys important. Canadell (1995) va trobar en *Arbutus unedo* i *Erica arborea* que no hi havia una correlació entre l'àrea de la rabassa i el nombre i la biomassa total de rebrots en els individus que havien patit la tallada dels seu sistema radicular. De fet, en aquests individus la concentració de N foliar va baixar, encara que això no va impedir que la producció fóra un 70% de la de les plantes control, justificant d'aquesta manera la importància de les dues fraccions, la rabassa i les arrels.

En relació al paper que pot haver jugat el sistema radicular en la recuperació de l'estructura aèria de les soques en l'una i l'altra intensitat d'aclarida, en ambdues intensitats la fracció subterrània de les soques va restar intacta després de l'aplicació de l'aclarida. Ara bé, la major acumulació de rebrots en les soques de l'aclarida màxima es pot relacionar amb les dades de producció i creixement d'arrels fines enregistrades a les mateixes parcel·les. En aquesta línia, López *et al.*, (1998) van trobar que la longitud de les arrels fines i la taxa neta d'increment en longitud en els individus de l'aclarida màxima durant 1994 i 1995 van ser significativament majors a les trobades en els individus control. Així mateix, també van trobar que en condicions d'aclarida, en general la densitat d'arrels era significativament major que en condicions control. Aquest patró suggereix una major facilitació en l'obtenció d'aigua i nutrients per als

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

individus de l'aclarida màxima gràcies a la major proliferació d'arrels fines a mesura que les condicions del sòl (humitat, temperatura) ho afavoreixen.

En espècies rebrotadores, l'aparició ràpida dels rebrots després d'una aclarida comporta que la fracció de llum que no ha estat interceptada per les capçades pugui ésser aprofitada pels rebrots. Els canvis en l'estructura de les capçades (reducció de l'índex foliar i per tant l'aparició de clarianes) van ésser depenents de la intensitat d'aclarida (capítols II i IV). D'acord amb això, la fracció de llum que arribava a les soques després de travessar les capçades era major en les parcel·les de l'aclarida màxima que en les de l'aclarida mínima: 25 i 47% de transmissivitat de la llum en l'aclarida mínima i màxima, respectivament. El major accés a la llum que tenien les soques de l'aclarida màxima, respecte de les soques de l'aclarida mínima, ha estat un factor decisiu per al major desenvolupament dels rebrots en l'alzinar de l'aclarida màxima. De fet, diversos treballs han demostrat que la radiació és un factor determinant en l'aparició i creixement de l'estrat dels rebrots. Canadell (1995) va detectar que quan havia clarianes la intensitat de llum era, de lluny, el factor més limitant per a la capacitat rebrotadora de les soques d'*Arbutus unedo* i *Erica arborea*; tant pel que fa a la iniciació de les gemmes, com al creixement dels brots. Això, tal i com suggereix l'autor pot restar valor a la competència deguda als recursos subterranis. De la mateixa manera, Castell (1997) també va trobar que el gradient de llum que arribava a les soques de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* després d'aplicar una aclarida, condicionava clarament l'aparició de dues categories de rebrots: dominants i suprimits, segons rebien o no radiació directa.

D'altra banda, pel que fa a l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre cadascuna de les 4 espècies analitzades, els resultats obtinguts mostren que l'aplicació d'una aclarida més intensa no va augmentar de la mateixa manera la capacitat de rebrotar de les quatre espècies. En tots els casos les soques de l'aclarida

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

màxima van mostrar una major àrea basal, biomassa total i àrea foliar de rebrots que les soques de l'aclarida mínima; però mentre que en *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* l'aplicació de l'aclarida màxima va propiciar que l'àrea foliar de rebrots per soca es multipliqués per un factor de 7 i 6, respecte dels valors de les soques de l'aclarida mínima, en *Viburnum tinus* i *Phillyrea latifolia* el fet d'aplicar l'aclarida màxima no va comportar un augment tan gran, de manera que les soques de l'aclarida màxima no van arribar a duplicar la quantitat d'àrea foliar de rebrots que tenien les soques de l'aclarida mínima (figura 5.9). Així, la superfície de fulles de rebrots acumula en les soques de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo*, ambdues espècies amb un comportament heliòfil, es va veure afavorit significativament pel tractament de l'aclarida màxima. Per contra, les soques de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus* l'aclarida màxima no va comportar un augment significatiu de l'àrea foliar de rebrots, respecte dels valors obtinguts en l'aclarida mínima, malgrat que sí va comportar un augment significatiu de l'àrea basal i de la biomassa total de rebrots per soca (figura 5.9).

La resposta trobada en les soques de *Viburnum tinus* i *Phillyrea latifolia* de no augmentar de manera significativa l'àrea foliar de rebrots quan s'aplica una aclarida molt intensa (aclarida màxima), respecte d'altra menys intensa (aclarida mínima) es pot deure's a que tal i com va proposar Hart (1985), de manera general les espècies més tolerants a l'ombra mostren una resposta molt petita davant un augment de la radiació, i per contra les espècies que són menys tolerants a l'ombra són les que mostren una major resposta en el creixement davant canvis de radiació en l'ambient. D'altra banda, d'acord amb Woods i Turner (1971), en Canadell 1995, les espècies més tolerants a l'ombra mostraven sovint una major resposta, en termes d'una major conductivitat estomàtica, com a conseqüència de lleugers augments, o durant poc temps, de la disponibilitat de radiació, de manera que aquesta estratègia tal i com planteja Canadell (1995) pot afectar en detriment de l'espècie en

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

termes de pèrdua d'aigua, més encara en un sistema en el que la disponibilitat d'aigua és, com a mínim durant una bona part del període de creixement, el factor més limitant.

V.3.4.2. La biomassa funcional i estructural dels rebrots

El quocient entre la biomassa funcional (fulles) i estructural (branquillons i tija) dels rebrots en cadascuna de les espècies i en les dues intensitats d'aclarida apareix en la figura 5.10. Els rebrots de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* van presentar un quocient (biomassa funcional/biomassa estructural) significativament major en l'aclarida mínima que en l'aclarida màxima la qual cosa indica que els rebrots de l'aclarida màxima van invertir més en biomassa estructural que funcional. Aquest resultat suggereix que en l'aclarida màxima els rebrots tindrien un paper important en l'ocupació de l'espai (0.63 i 0.58, per a *Quercus ilex* i *Arbutus unedo*, respectivament). En canvi, en els rebrots de l'aclarida mínima aquestes dues espècies, van invertir més en biomassa funcional que en biomassa estructural (1.06 i 1.09, respectivament).

Per contra, els rebrots de *Viburnum tinus* i *Phillyrea latifolia* van invertir en l'aclarida mínima més en material estructural que funcional, mentre que en condicions de l'aclarida màxima van invertir més en biomassa estructural o de suport que en biomassa funcional, encara que les diferències entre intensitats d'aclarida per a cadascuna d'aquestes dues espècies no van ésser significatives (figura 5.10).

De fet, L'anàlisi de la variància va evidenciar l'efecte significatiu de la intensitat d'aclarida i de l'espècie sobre aquest quocient. A més, es va detectar una interacció significativa entre la intensitat d'aclarida i l'espècie (taula 5.11).

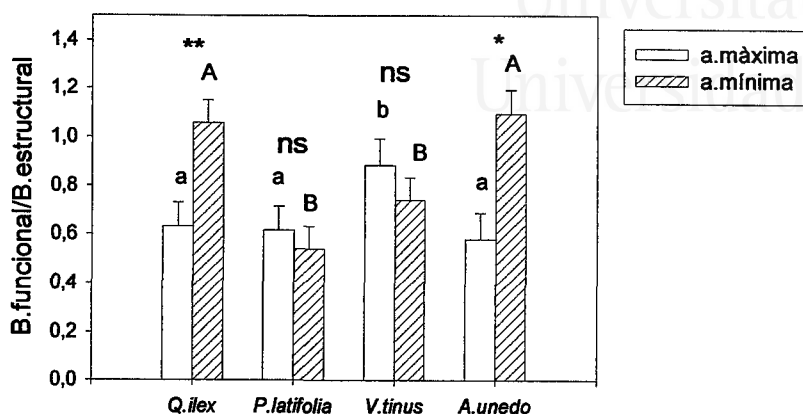
Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Figura 5.10 Quocient entre la biomassa funcional (fulles, g) i la biomassa estructural (branquillons i tija, g) en cadascuna de les espècies i intensitat d'aclarida. Els valors són la mitjana per rebrot (\pm EE), $n=30$. Els asteriscs indiquen per a cada espècie diferències significatives entre intensitats d'aclarida: * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ i ns= diferències no significatives. Lletres minúscules i majúscules sobre l'aclarida màxima i mínima respectivament, indiquen per a cada intensitat d'aclarida diferències entre espècies.

Taula 5.11 Resultats de l'anàlisi de la variància dels efectes de la intensitat d'aclarida, la espècie i el bloc sobre el quocient entre la biomassa funcional (fulles) i la biomassa estructural (branquillons i tija) dels rebrots. Es mostren les interaccions positives

Font de variació	g.l	Suma de quadrats	Valor F	Valor p
Intensitat	1	1.836	6.68	0.0104
Espècie	3	2.913	3.53	0.0157
Bloc	1	0.553	2.01	0.1574
Inten x Espècie	3	4.805	5.82	0.0008
Residu	220	59.66		

Aquests resultats de distribució de l'estructura dels rebrots en biomassa funcional i estructural, posen de manifest que la major disponibilitat de radiació que tenien les soques de l'aclarida màxima respecte de les soques de l'aclarida mínima, fruit de les clarianes més grans que es van crear en les capçades, va provocar canvis significatius en l'assignació de biomassa estructural i funcional dels rebrots. Així, l'aplicació d'una aclarida molt intensa (aclarida màxima) va afavorir que els rebrots de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo*,

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

tingueren un paper molt més important en l'ocupació de l'espai que quan es va aplicar una aclarida menys intensa (aclarida mínima). Això, és especialment rellevant perquè posa de manifest que l'aplicació d'una o d'altra pot ésser determinant en el control de l'ocupació de les clarianes que apareixen en el bosc després d'aquestes pràctiques silvícoles.

V.3.4.3. Estructura aèria de la soca: recuperació de l'àrea basal extreta

En els ecosistemes mediterranis, una de les conseqüències immediates d'una pertorbació com l'aclarida, el foc o la sequera és el desequilibri que es genera entre la fracció subterrània i l'aèria. Lògicament, fruit de l'eliminació de part de la fracció aèria en les dues intensitats d'aclarida, la relació entre la biomassa aèria i subterrània de les soques va quedar descompensada respecte de les soques de l'alzinar control. Immediatament després de l'aclarida el quocient entre les dues fraccions, subterrània i aèria, en les soques de *Quercus ilex* va passar d'ésser 1.26 (0.59) en condicions control (Djema, 1995) a 1.45 i 3.75 en l'aclarida mínima i màxima respectivament (d'acord amb els valors mitjans de biomassa total aèria per individu estimats al 1992 per a cadascuna de les intensitats d'aclarida i el valor mitjà de biomassa total subterrània per individu estimat per Djema en 1994 en el bosc control). En les altres tres espècies, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo* el canvi en la distribució de la biomassa total dels individus després de l'aclarida va ser encara més extrem com a conseqüència de l'eliminació de tota la fracció aèria.

Malgrat que la soca pot, en principi, tornar progressivament a la distribució de l'estructura prèvia a l'aclarida, algunes espècies que rebroten des de la rabassa poden disminuir, bé la seua supervivència (per tant deixaran de rebrotar), bé el seu vigor (produiran menys rebrots) després de l'aclarida. Pel que fa a la supervivència, el 100% de les soques de *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo* van mostrar rebrots als 5 anys de l'aclarida,

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

mentre que només el 7 % de les soques de *Quercus ilex* no van presentar rebrots nous.

Els efectes negatius dels veïns en la competència per l'obtenció dels recursos en espècies rebrotadores mediterrànies han estat analitzats en diversos estudis (Vilà i Terradas, 1992; Vilà, *et al.*, 1994). En síntesi, després d'una perturbació algunes espècies poden convertir-se en millors competidors que altres perquè tenen una rebrotada més ràpida i una cobertura més gran.

La recuperació de l'àrea basal de la soca als 5 anys de l'aplicació de les aclarides (calculada com el quocient entre l'increment de l'àrea basal acumulada fins al 1996 i l'àrea basal extreta al 1992, i expressat com un percentatge) pot ser un bon indicador per comprovar si alguna de les espècies va obtenir avantatge davant les altres. Les dues espècies que presentaven valors absoluts d'acumulació d'àrea basal de rebrots per soca més baixes (*Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*) van mostrar, per contra, els majors percentatges de recuperació d'àrea basal (taula 5.12). Així, cal destacar que al cinquè any de l'aplicació de l'aclarida, les soques de *Viburnum tinus* ja havien recuperat de mitjana tota l'àrea basal extreta (115 %), i les soques de *Phillyrea latifolia* havien recuperat el 80 % de l'àrea basal extreta. Per contra, les soques d'*Arbutus unedo* i de *Quercus ilex*, ambdues espècies amb valors absoluts d'àrea basal i biomassa de rebrots per soca significativament superiors als de les espècies anteriors, van presentar percentatges de recuperació de l'àrea basal significativament més baixos que les soques de *Viburnum tinus* i *Phillyrea latifolia*, de fet tan sols van recuperar un 33 i 26 % respectivament, de l'àrea basal que van perdre en l'aclarida.

D'acord amb aquests resultats, en termes absoluts les soques d'*Arbutus unedo* i *Quercus ilex* van presentar una biomassa de rebrots major, però en termes relatius, els resultats de recuperació de l'àrea basal per soca en funció de

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

l'extreta en l'aclarida (d'aquesta manera s'elimina el factor de la grandària inicial de la soca), mostren que en l'alzinar aclarit *Viburnum tinus* i *Phillyrea latifolia* van traure avantatge davant les altres dues espècies en la recuperació de l'estructura aèria de les soques.

Taula 5.12 Percentatge de recuperació de l'àrea basal de la soca fins al desembre de 1996 (acumulació de rebrots més creixement dels peus remanents). Es presenta la mitjana (EE). Lletres diferents indiquen diferències estadísticament significatives ($p < 0.05$) entre espècies.

	Recuperació AB total (%)
<i>Quercus ilex</i>	26.43 (2.84) ^a
<i>Phillyrea latifolia</i>	79.99 (8.40) ^b
<i>Viburnum tinus</i>	115.48 (12.34) ^c
<i>Arbutus unedo</i>	32.65 (6.24) ^a

Aquests resultats indiquen un avantatge competitiu de dues espècies arbustives (*Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*) respecte de *Quercus ilex*. De fet, alguns estudis realitzats a la mateixa zona d'estudi durant l'episodi de sequera de 1994, han demostrat l'avantatge de *Phillyrea latifolia* davant *Quercus ilex* en el sentit de patir menys les conseqüències de l'estrés hídric. Així, Martínez (1997) va trobar quan comparava la vulnerabilitat a l'embolisme d'aquestes dues espècies, que l'alzina es mostrava més vulnerable a l'embolisme que l'aladern de fulla ampla. D'altra banda, Lloret i Siscart (1995) van detectar també a la mateixa zona d'estudi com la sequera de 1994 va provocar una menor mortalitat d'individus de *Phillyrea latifolia* que de *Quercus ilex*. Els resultats d'ambdós treballs, suggereixen que la major immunitat de les espècies arbustives a la sequera, com a mínim de *Phillyrea latifolia*, respecte de *Quercus ilex*, es va traduir en una menor mortalitat d'individus de la primera. A més, els resultats aportats aquí mostren com l'avantatge de les espècies arbustives davant *Quercus ilex* també es va manifestar en la capacitat de recuperació de l'estructura aèria de la soca. D'acord amb els treballs de Lloret i

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Siscart, (1995) i Martínez (1997), i les dades obtingudes existeix la possibilitat d'un increment de les formacions arbustives en àrees dominades per l'alzina davant la irrupció d'episodis de sequera, tant en el bosc control del bosc en el que la diferència ve marcada per la mortalitat, com en el bosc aclarit, en el que tal i com ha quedat demostrat, l'avantatge d'algunes espècies arbustives respecte de l'alzina estaria determinada per la major capacitat que tenen les primeres en la recuperació de l'estructura aèria de les soques.

En *Quercus ilex*, a diferència de les altres 3 espècies, la recuperació de l'estructura aèria de les soques no es va fer únicament mitjançant la producció i creixement de nous rebrots. Com que es van deixar peus remanents en les soques d'aquesta espècie, no es tractava només de quantificar la recuperació de la fracció aèria, sinó també de determinar de quina manera es feia aquesta recuperació. Això és, de terminar en quina mesura la producció de nous rebrots i el creixement dels peus remanents participaven en la recuperació de l'estructura aèria de les soques d'alzina. Els resultats obtinguts entre 1992 i 1996 mostren que de l'àrea basal total recuperada en les soques de *Quercus ilex*, un 35 % de l'àrea basal es va recuperar a través del creixement dels rebrots, mentre que el 65 % restant es va recuperar mitjançant el creixement del tronc dels peus remanents.

D'altra banda, la intensitat d'aclarida (mínima i màxima) també va tenir un efecte significatiu sobre el percentatge de recuperació d'àrea basal total per soca ($p=0.032$). Així, el percentatge d'àrea basal total recuperada en *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo* va ser significativament superior en les soques de l'aclarida màxima que en les de l'aclarida mínima, $p=0.004$, $p=0.003$ i $p=0.011$ respectivament (taula 5.13). De fet, en aquestes espècies el percentatge d'àrea basal recuperada per les soques de l'aclarida màxima va arribar a duplicar l'àrea basal recuperada en les soques de l'aclarida mínima.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Taula 5.13 Recuperació de l'àrea basal extreta, en percentatge, per a cadascuna de les espècies i intensitats d'aclarida. Per a *Q.ilex* es detalla l'aportació, també en percentatge, dels rebrots i dels peus remanents a la recuperació de l'àrea basal de la soca. Es representa la mitjana (EE). Per a cada espècie apareixen les diferències entre les dues intensitats: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$, ns: diferències no significatives.

	Recuperació de l'àrea basal de les soques (%)			
	a. mínima		a. màxima	
	Rebrots	Peus remanents	Rebrots	Peus remanents
<i>Q.ilex</i> ^{ns}	31.27 (4.63)		21.60 (1.87)	
	25.11	74.89	47.53	52.47
<i>P.latifolia</i> **	43.76 (6.70)		97.73 (15.86)	
<i>V.tinus</i> **	84.21 (12.58)		152.37 (18.36)	
<i>A.unedo</i> *	20.65 (8.21)		42.88 (5.54)	

En relació a això, l'estudi de competència fet per Vilà i Terrades (1995) en *Erica multiflora*, va mostrar que els efectes que provoca un veí (com ara les soques de *Quercus ilex*) en el comportament d'un individu (soques de *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) mostra un patró temporal que varia proporcionalment a la grandària relativa d'ambdós individus. Les diferències en el criteri d'eliminació de peus en l'aclarida mínima i màxima van afectar especialment a la disponibilitat de llum que arribava al sòl (capítol II), de manera que tal com suggereixen els resultats de recuperació de l'àrea basal de les soques, el menor ombrejat que provocaven les capçades de *Quercus ilex* en l'aclarida màxima, va resultar clau en la recuperació de l'estructura aèria dels individus de *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*.

En *Quercus ilex* el percentatge d'àrea basal total recuperada (rebrots més peus remanents) va ser superior en les soques de l'aclarida mínima 31%, respecte d'un 22% en les soques de l'aclarida màxima, encara que les diferències entre les dues intensitats d'aclarida no van ser significatives $p=0.115$.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

La rapidesa en la recuperació de l'àrea basal és molt important, però un altre aspecte tant o més important és la manera en la que aquesta es recupera. Això és, en quina mesura la recuperació de l'estructura aèria de la soca es deu al creixement del tronc dels peus remanents o al creixement dels nous rebrots. En *Quercus ilex*, l'única de les quatre espècies analitzades en la que es van deixar peus remanents en les soques, l'aportació dels rebrots i dels peus remanents a la recuperació de l'àrea basal total per soca va ésser molt diferent en cadascuna de les intensitats d'aclarida. Així, en les soques de l'aclarida mínima tan sols un 25 % de l'àrea basal total recuperada per soca es va deure al creixement dels rebrots, mentre que en l'aclarida màxima els rebrots van aportar de mitjana un 48 % a la recuperació de l'àrea basal total de la soca (taula 5.13). Aquests resultats suggereixen una major adequació del tractament d'aclarida mínima, respecte del tractament de l'aclarida màxima, quan l'objectiu és millorar l'estructura de l'alzinar dirigint-la cap a un port arbori. Així, quan es va aplicar l'aclarida mínima es va produir un major redreçament de la producció aèria cap als peus remanents que cap als rebrots, 75 i 25 %, respectivament. Per contra, en les soques de l'aclarida màxima els rebrots i els peus remanents es van repartir a parts iguals l'àrea basal recuperada per la soca entre 1992 i 1996 (taula 5.13).

V.3.5. Distribució de l'estructura aèria de les soques de *Quercus ilex* 5 anys després de l'aclarida

Un aspecte molt important de l'estructura del bosc, quan l'objectiu de l'aplicació de les aclarides és dirigir les soques cap a un port arbori, és l'anàlisi de la seua distribució entre els peus remanents i els rebrots. L'aportació d'un i d'altre estrat a l'estructura de les soques de *Quercus ilex* al desembre de 1996 ha estat descrita mitjançant l'anàlisi de la distribució de l'àrea basal.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Cinc anys després de l'aplicació dels tractaments, en les soques de l'aclarida mínima, l'àrea basal dels rebrots va comportar un 3% de l'àrea basal total, mentre que en l'aclarida màxima l'aportació dels rebrots a l'àrea basal de la soca va arribar a un 23% (figura 5.11). D'acord amb aquests resultats, la intensitat d'aclarida va jugar un paper decisiu en la distribució de l'estructura de les soques a mitjà termini (5 anys després de l'aplicació de les aclarides).

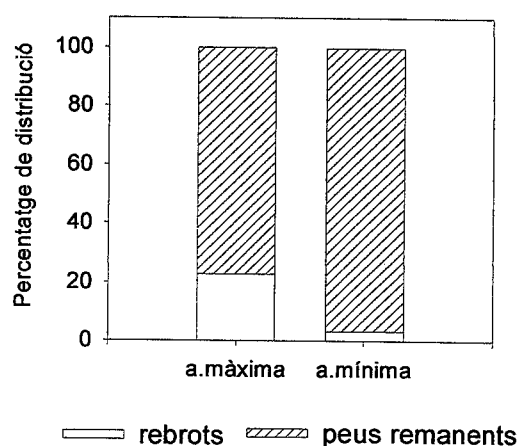


Figura 5.11 Distribució de l'àrea basal de la soca entre les dues fraccions aèries (rebrots i peus remanents) en les dues intensitats d'aclarida al desembre de 1996. Els valors representen el valor mitjà per soca.

V.4. Conclusions

L'alzina (*Quercus ilex*) és l'espècie majoritària que domina l'estructura de l'alzinar, però malgrat això l'abundància d'altres espècies arbustives rebrotadores que l'acompanyen (*Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) no és menyspreable, de manera que l'estudi de la capacitat rebrotadora de les quatre espècies és important quan l'objectiu és dirigir l'estructura del bosc cap a un port arbori.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

En les quatre espècies analitzades l'elevat percentatge de soques que van ésser capaces de produir rebrots nous després de l'aclarida, evidencien que la capacitat de rebrotar és una de les estratègies més importants en la regeneració de la vegetació davant perturbacions, ja siguin d'origen natural o antropogènic, i mecanisme clau en el funcionament dels boscos mediterranis.

La grandària de la soca, així com l'àrea basal dels peus extrets a aquesta durant l'aclarida són factors que determinen la seua capacitat de rebrotar. Així, el nombre i l'àrea basal de rebrots per soca augmenta a mesura que ho fa la grandària inicial, i la quantitat d'àrea basal que va perdre la soca com a conseqüència del tractament d'aclarida. Ara bé, existeixen d'altres factors a més de la grandària de la rabassa i de la fondària de les arrels, que condicionen la producció i creixement dels rebrots en la soca. Així, la intensitat d'aclarida (això és la quantitat d'àrea basal eliminada a nivell de rodal) va tenir un efecte significatiu sobre la biomassa i l'àrea basal de rebrots per soca. Això, posa de manifest que el tractament aplicat al rodal determina la recuperació de l'estructura aèria de les soques que es fa a través del creixement dels rebrots. Així, com a conseqüència del major accés a la llum, les soques de l'aclarida màxima tenen de mitjana un àrea basal i una biomassa de rebrots molt superior a la de les soques de l'aclarida mínima.

D'altra banda, l'aplicació d'una aclarida més intensa (major eliminació de l'àrea basal del rodal) no va augmentar de la mateixa manera la capacitat de rebrotar de les quatre espècies. L'aplicació de l'aclarida màxima va conduir a que les soques de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo*, mostraren un augment significatiu de l'àrea basal, de la biomassa total i de l'àrea foliar de rebrots, respecte dels valors obtinguts en les soques de l'aclarida mínima. Per contra, les soques de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus* no van experimentar un augment significatiu

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

de l'àrea foliar de rebrots com a conseqüència de l'aplicació d'una aclarida més intensa.

De la mateixa manera, el major accés a la llum de les soques de l'aclarida màxima, respecte de les de l'aclarida mínima, va provocar canvis significatius en l'assignació de biomassa estructural i funcional dels rebrots. En concret, l'aplicació de l'aclarida màxima va afavorir que els rebrots de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo* tingueren un paper important en l'ocupació de l'espai, ja que van invertir més en biomassa estructural o de suport que en biomassa funcional.

L'aclarida genera un desequilibri entre la fracció aèria i subterrània de la soca, i el ritme de recuperació de l'estructura aèria prèvia a l'aclarida varia en funció de les espècies, i segons la intensitat d'aclarida aplicada. En aquest sentit, les soques de *Phillyrea latifolia*, i en especial les de *Viburnum tinus* van traure avantatge de les condicions creades per les aclarides, ja que cinc anys després de l'aplicació d'aquestes el percentatge d'àrea basal recuperada era superior al de les soques de *Quercus ilex* i *Arbutus unedo*. Aquest resultat indica un avantatge competitiu de dues espècies arbustives respecte de l'alzina després de l'aplicació d'aclarides, i suggereix la possibilitat d'un increment de les formacions arbustives en àrees dominades per l'alzina quan es combinen els efectes d'una aclarida i d'un episodi sever de sequera.

La intensitat d'aclarida també va tenir un paper decisiu en l'aportació dels rebrots a la recuperació de l'estructura aèria de la soques aclarides de manera que, associat a una major intensitat d'aclarida el percentatge d'àrea basal recuperada per soca en algunes espècies va duplicar al valor obtingut en les soques de l'aclarida mínima.

Capítol V. El paper dels rebrots en l'estructura de les soques aclarides

Les soques de *Quercus ilex* van presentar el percentatge de recuperació de l'estructura aèria més baix de totes les espècies. Tanmateix, a banda del ritme de recuperació de l'estructura aèria, de quina manera es recupera aquesta és un aspecte tant o més important. En les soques de *Quercus ilex* la recuperació es va fer mitjançant el creixement del peu remanent i dels nous rebrots, i l'aportació d'un i d'altre estrat a la recuperació de l'àrea basal de la soca va ésser diferent en funció de la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar. Les majors taxes d'increment en diàmetre dels rebrots de l'aclarida màxima, respecte dels de l'aclarida mínima, van comportar que en les soques de l'aclarida màxima els rebrots aportaren la meitat de l'àrea basal recuperada, mentre que en condicions de l'aclarida mínima els rebrots tan sols van aportar la quarta part de l'àrea basal recuperada per la soca.

Això, sens dubte es tradueix en la distribució de l'àrea basal de les soques en una i altra intensitat d'aclarida, de manera que als cinc anys de l'aplicació de les aclarides l'àrea basal de rebrots a les soques de l'aclarida mínima és del 3%, mentre que en les soques de l'aclarida màxima els rebrots aporten de mitjana un 23% de l'àrea basal total de la soca.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol VI

**Dinàmica foliar dels rebrots de *Quercus ilex*:
l'aportació dels rebrots a la recuperació de l'índex
foliar de l'alzinar**

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Capítol VI: Dinàmica foliar dels rebrots de *Quercus ilex*: l'aportació dels rebrots a la recuperació de l'índex foliar de l'alzinar

VI.1. Introducció

En les espècies rebrotadores després de l'aplicació d'una aclarida la soca mobilitza carboni per a reconstruir la seua estructura aèria. En aquestes espècies la reconstrucció de la part aèria es pot fer de manera simultània a través del creixement del peu remanent i dels rebrots. D'acord amb això, és previsible que amb el pas del temps es produeixi la reconstrucció de les capçades que, atesa la capacitat rebrotadora de l'alzina, pot dirigir-se d'una banda cap al tancament de les clarianes mitjançant l'expansió de les capçades dels peus remanents (capítol IV), i d'altra cap al desenvolupament dels rebrots.

D'altra banda, les diverses intensitats d'aclarida van provocar canvis importants, tant en l'estructura del bosc, com en la disponibilitat de recursos per a les soques (capítol I). Atenent a això, és previsible que la formació de rebrots estiga condicionada per la intensitat d'aclarida que es va aplicar a l'alzinar. Si és així, conèixer les relacions entre la intensitat d'aclarida i la capacitat de creixement del rebrot és un aspecte fonamental quan es vol dirigir l'estructura de les soques cap a un port arbori, ja que d'alguna manera això ens dóna una pauta de control de la gestió del bosc.

La fulla és la fracció més dinàmica de l'arbre, per tant conèixer la dinàmica de les fulles dels rebrots apareguts en les diverses intensitats d'aclarida, així com comparar-la amb la dinàmica de les fulles de les capçades dels peus remanents pot ser una eina útil capaç de reflectir de manera molt ràpida els canvis que provoquen les diverses intensitats d'aclarida en el funcionament i el balanç de C dels dos estrats (rebrots i peus remanents), i per tant determinar

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

l'aportació d'un estrat i de l'altre en la reconstrucció de les capçades i en la recuperació de l'índex foliar.

Encara que en alzinars hi ha diversos estudis que aporten informació de diversos aspectes de la dinàmica de les capçades: la renovació de la biomassa de fulles (Lledó, 1990; Leonardi i Rapp, 1980), la caiguda de virosta (Diego, 1996), i la producció davant canvis en la disponibilitat de recursos (Sala et al., 1994; Sabaté, 1993), són molt escassos els treballs que aborden l'anàlisi conjunt de la dinàmica de les capçades i la dels rebrots des d'una perspectiva demogràfica.

VI.2. Metodologia

VI.2.1. Marcatge i seguiment de les fulles: variables analitzades

Per tal d'analitzar l'efecte de la intensitat d'aclarida (mínima i màxima) sobre la dinàmica foliar dels nous rebrots es va iniciar al juliol de 1993 el marcatge de les poblacions de fulles. En cadascuna de les quatre parcel·les (dues de l'aclarida mínima i dues de l'aclarida màxima) es van seleccionar 10 rebrots. En cadascun d'aquests es van marcar tots els branquillons, i després es van marcar i classificar per cohorts d'edat totes les fulles. Els cens de seguiment es van dur a terme al novembre 93, febrer 94, juliol 94, novembre 94, juliol 95 i juliol 96.

En els diversos cens de seguiment es quantificava per a cada branquilló, tant el nombre de fulles noves com el nombre de fulles mortes de cadascuna de les cohorts. De la mateixa manera que amb les poblacions de fulles de les capçades dels peus remanents (capítol IV), les variables que es van analitzar van ésser la taxa relativa de mortalitat de fulles per branquilló i període (TRM,

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

any⁻¹) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló i període (TRP, any⁻¹).

VI.2.2. Superfície de fulles

Per tal d'analitzar l'efecte que va tenir la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar (mínima i màxima, 55 i 79 % d'eliminació de l'àrea basal, respectivament) sobre la superfície mitjana de les fulles dels rebrots apareguts amb posterioritat a l'aplicació de les aclarides, es van agafar al desembre de 1995 mostres en cadascuna de les dues intensitats. Això, ens va permetre analitzar les fulles produïdes pels rebrots en els anys 1993, 1994 i 1995.

El protocol que es va seguir des de que es van agafar les fulles en el camp, fins a la determinació de la superfície de cada fulla va ésser el mateix que en el mostreig de les fulles de les capçades dels peus remanents (capítol IV).

VI.2.3. Obtenció de les dades de transmissivitat de la llum dels rebrots

Les dades de transmissivitat de l'estrat dels rebrots es van obtenir mitjançant la utilització d'un ceptòmetre (Sunfleck Ceptometer SF-40, Delta-T Devices LTD), i estimant la fracció de radiació PAR que era capaç de travessar aquest estrat. El mostreig de transmissivitat de la llum dels rebrots es va fer al juliol de 1997, i el procediment consistia en la realització de transectes de 300 punts en cadascuna de les 9 parcel·les (3 per intensitat d'aclarida: mínima, intermèdia i màxima). En cada punt es mesurava la radiació que arribava al bosc després de travessar les capçades dels peus remanents (Q_c), així com la radiació que arribava al sòl després de travessar l'estrat dels rebrots (Q_r).

A partir dels transectes es va calcular per a cada punt de mesura (300 en cada parcel·la) la transmissivitat com el quocient entre Q_r i Q_c . Aquest valor indica

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

per a cada punt, quin percentatge de la radiació que reben els rebrots arriba al sòl del bosc després de travessar l'estrat dels rebrots. Amb tots els punts es va calcular la transmissivitat mitjana de cadascuna de les parcel·les.

VI.2.4. Estimació de l'índex foliar dels rebrots a partir de la transmissivitat de la radiació i la utilització del programa CANOPY

La metodologia que es va seguir per a l'obtenció de l'índex foliar de l'estrat dels rebrots a partir de les dades de transmissivitat va ésser la mateixa que es va utilitzar per a l'estimació de l'índex foliar de les capçades dels peus remanents (capítol IV).

VI.2.5. Tractament estadístic

L'anàlisi del temps de vida foliar o de la longevitat de les fulles tracta d'explicar si la vida d'una fulla de la població 1 és més llarga que la d'una fulla de la població 2. A diferència de l'anàlisi de la mortalitat que analitza si existeix una proporció d'individus de la població que de la població 2 que arriben a una edat determinada, en l'estudi de la supervivència i longevitat de les fulles d'una cohort sí és important l'anàlisi de la forma de la seua corba de supervivència (Pyke i Thompson, 1986). Atenent a això, l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la supervivència i la longevitat de les diverses cohorts de fulles es va analitzar mitjançant el log-rank tests (Peto i Peto, 1972; Peto i Pike, 1973). Es tracta d'un test no paramètric, que en l'anàlisi de les cohorts pot determinar si cohorts de fulles diferents (que es desenvolupen en els rebrots apareguts després d'aplicar diferents intensitats d'aclarida) tenen durant un mateix període de temps una supervivència diferent. Per tal de provar l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la supervivència de les cohorts de fulles es va considerar una única població de fulles en cada intensitat d'aclarida i nivell de capçada, que va resultar de la integració de les poblacions de les dues

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

rèpliques. Això va ésser possible perquè prèviament es va comprovar que la supervivència de les poblacions de les dues rèpliques d'una mateixa intensitat d'aclarida no era estadísticament diferent.

En les relacions entre les variables estructurals (índex foliar remanent, $m^2 \cdot m^{-2}$) i les variables demogràfiques (mortalitat i producció de fulles per branquilló) s'han utilitzat regressions. El tipus de regressió utilitzada (lineal, potencial o exponencial) s'indica en cada cas. Les relacions entre ambdós tipus de variables han estat establertes a nivell de parcel·la, de manera que els valors de mortalitat i producció corresponen a la mitjana de tots els branquillons de cadascuna de les parcel·les.

L'efecte del tractament aplicat a l'alzinar, la posició dins el perfil vertical del bosc i l'any de brotada sobre la superfície mitjana de les fulles s'ha analitzat mitjançant una anàlisi de la variància (ANOVA), considerant com a factors principals la intensitat d'aclarida, el nivell del perfil vertical del bosc i la cohort. Les diferències entre els diversos nivells dels factors es van particularitzar mitjançant el test de Tukeys a un nivell de significació $p=0.05$. Les anàlisis estadístiques s'han fet amb el paquet estadístic Statgraphics Plus for Windows 2.1 (Statistical Graphics Corp., 1996). L'error estàndard és la mesura de variabilitat utilitzada i s'indica com (*EE*).

VI.3. Resultats i discussió

VI.3.1. La grandària de les fulles dels rebrots

Efecte de la intensitat d'aclarida

En l'estrat dels rebrots, la intensitat d'aclarida que es va aplicar a l'alzinar (a.mínima i a.màxima) va afectar significativament la superfície mitjana de les

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

fulles en dues de les tres cohorts analitzades: 93 i 95 (figura 6.1). Així, si bé inicialment (cohort de l'any 1993) les fulles dels rebrots de l'aclarida mínima van ésser significativament més grans a les dels rebrots de l'aclarida màxima, durant la cohort següent (any 1994) les diferències van desaparèixer, i finalment (cohort de l'any 1995) les fulles dels rebrots de l'aclarida mínima eren significativament inferiors a les de l'aclarida màxima (figura 6.1).

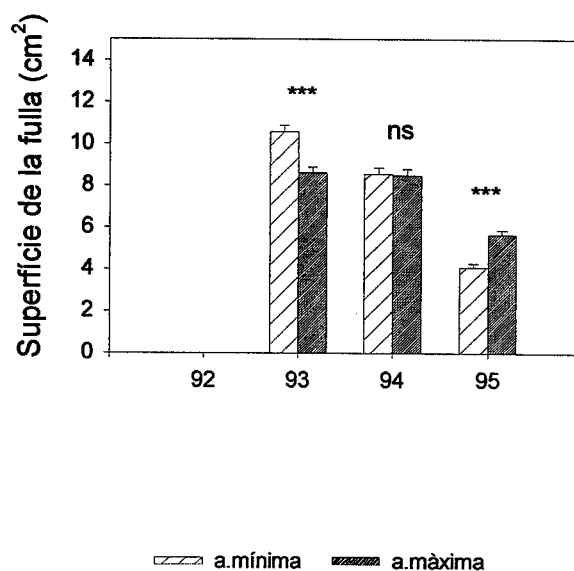


Figura 6.1 Superfície mitjana de les fulles de les diverses cohorts analitzades en els rebrots de l'aclarida mínima i màxima. Es mostren les diferències entre intensitats d'aclarida per a cada cohort. Els valors són la mitjana (\pm EE), per a $n=100$. Els nivells de significació són: * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$ i ns: diferències no significatives.

Efecte de l'episodi de sequera

Pel que fa a l'evolució temporal de la grandària de les fulles en l'estrat dels rebrots, els resultats mostren una disminució gradual de la superfície mitjana de les fulles des de la cohort del 93 fins a la cohort del 95 (taula 6.1). Tanmateix, en el cas de l'aclarida màxima les fulles de la cohort 94 no van

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

ésser significativament inferiors a la de la cohort 93 (8.5 i 8.6 cm², respectivament). Ambdós resultats indiquen que, a diferència del que va ocórrer en les capçades dels peus remanents la sequera iniciada a la primavera de 1994 no va comportar una forta reducció de la superfície mitjana de les fulles dels rebrots produïdes durant la brotada de la cohort del 94.

Malgrat que en els rebrots de l'aclarida mínima les fulles de la cohort del 94 van ser significativament més petites que les de la cohort del 93 ($p < 0.05$), el fet que no es registrés un augment de la superfície mitjana de les fulles durant la brotada de 1995 (cohort 95), coincidint amb una certa millora de la disponibilitat hídrica (taula 6.1), cosa que sí va ocórrer en les cohorts de fulles dels peus remanents, suggereix que el patró de canvis en la superfície mitjana de les fulles dels rebrots podria anar associat més als canvis tan ràpids que es produeixen en la pròpia estructura dels rebrots (creixement i acumulació d'àrea foliar), que als efectes de l'episodi de sequera.

Taula 6.1 Variació de la superfície mitjana de les fulles de les diverses cohorts (cm²) en els rebrots de l'aclarida mínima i màxima. El valor és la mitjana (EE), per a $n=100$. Lletres diferents indiquen diferències significatives entre brotades per a una mateixa intensitat d'aclarida, $p < 0.05$.

	a.mínima	a.màxima
93	12.6 (0.3) ^a	8.6 (0.3) ^a
94	8.5 (0.3) ^b	8.5 (0.3) ^a
95	5.7 (0.2) ^c	4.1 (0.2) ^b

Efecte del nivell de capçada

En els tractaments control, i d'aclarida mínima i màxima es va analitzar per a cada cohort l'efecte del nivell de capçada sobre la superfície mitjana de les fulles. En els tres casos el nivell de capçada (capçada alta, capçada baixa i rebrots) va tenir un efecte significatiu sobre la superfície mitjana de les fulles ($p < 0.001$, per als tres tractaments d'aclarida) (figura 6.2). En les capçades de

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

l'alzinar control l'efecte del nivell de capçada sobre la grandària de les fulles es va traduir, tal i com calia esperar, en una reducció de la superfície mitjana de les fulles del nivell superior de la capçada. Aquest resultat es va produir per a qualsevol de les cohorts analitzades, i les diferències entre l'un i l'altre nivell es van mantenir constants al llarg de les diverses brotades (figura 6.2).

Tanmateix, les diferències en grandària entre les fulles de la capçada alta i baixa també van ésser significatives en les capçades de l'aclarida màxima. Així, contràriament al que esperàvem en les capçades de l'aclarida màxima també es va posar de manifest l'efecte del nivell de capçada, de manera que les fulles localitzades en el nivell més alt de la capçada van mostrar una superfície mitjana significativament menor a la de les fulles localitzades en el nivell baix de la capçada. Ara bé, aquestes diferències entre les fulles dels dos nivells tan sols es van donar en les primeres cohorts, de manera que l'efecte del nivell de capçada va anar reduint-se, fins a desaparèixer en les fulles de la cohort del 94 (figura 6.2).

D'altra banda, els rebrots van mostrar de mitjana les fulles més grans, de manera que en algunes brotades van arribar a duplicar la superfície mitjana de les fulles dels peus remanents. Així, en l'aclarida mínima la superfície mitjana de les fulles dels rebrots de la cohort 94 va ésser de 12.6 (0.3) cm², davant els 5.7 (0.2) cm² de les fulles de la capçada baixa, ($p < 0.05$). De fet, tant en l'aclarida mínima com en l'aclarida màxima la superfície mitjana de les fulles dels rebrots de totes les cohorts va ésser significativament major a la de les fulles de les capçades dels peus remanents.

Les diferències en la grandària de les fulles entre els rebrots i els peus remanents van ésser molt grans en les cohorts que van seguir a l'aplicació de les aclarides, però amb el pas dels anys aquestes diferències van minvar com a conseqüència d'una disminució progressiva de la superfície mitjana de les

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

fulles dels rebrots. Així, en l'aclarida mínima inicialment (cohort del 93) les fulles dels rebrots van arribar a ésser el doble de grans que les de les capçades 10.6 (0.3) i 5.7 (0.2) cm², respectivament; mentre que coincidint amb la fi de l'experiència (cohort 95) els valors respectius van ésser 5.7 (0.2) i 3.9 (0.2) cm² (figura 6.2). Malgrat aquesta reducció de les diferències, cal destacar que tant en l'aclarida màxima com en la mínima les fulles dels rebrots van ésser en totes les cohorts significativament més grans que les fulles de les capçades dels peus remanents.

Els valors de superfície mitjana de les fulles dels rebrots d'alzina trobats en aquest estudi 9.1 cm² són molt superiors als 2-2.4 cm² trobats per Sardans (1993) en rebrots de 5, 6 i 7 anys d'edat apareguts després d'un foc; i també són considerablement superiors als trobats per Mayor (1994) en arbrissons de 9 anys que es trobaven colonitzant un camp abandonat (4.5 cm²).

En els rebrots, la intensitat d'aclarida (mínima i màxima) va afectar significativament la grandària de les fulles, encara que de manera diferent en les tres cohorts analitzades. Així, els rebrots de l'aclarida màxima van produir inicialment unes fulles més petites que les dels rebrots de l'aclarida mínima (cohort 93), tal com calia esperar atesa la major exposició a la llum de les soques de l'aclarida màxima. Però dos anys després (cohort 95), va ocórrer justament el contrari.

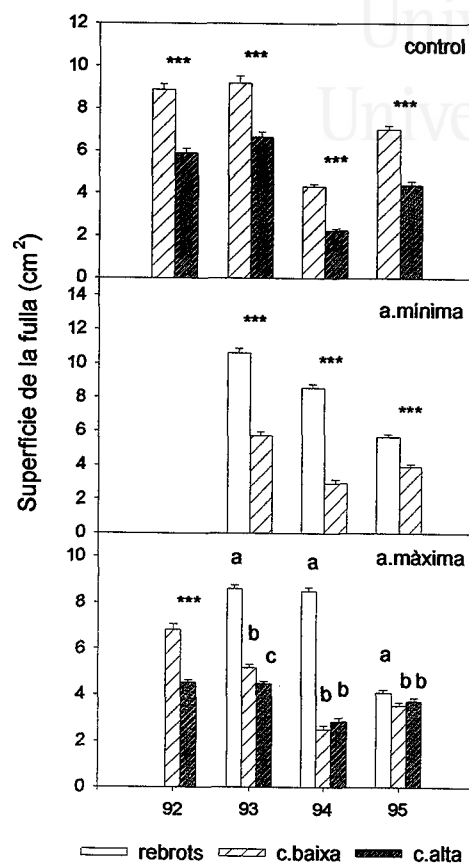
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Figura 6.2 Superfície mitjana de les fulles de les diverses cohorts analitzades en cadascun dels nivells de capçada i intensitats d'aclarida analitzades. Es mostren les diferències entre els nivells de capçada per a cada cohort i intensitat d'aclarida. Els valors són la mitjana (\pm EE), per a n=100. Els nivells de significació són: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 i ns: diferències no significatives. En el cas de l'aclarida màxima, lletres diferents indiquen diferències significatives entre nivells de capçada, a un nivell de significació p<0.05.

Aquest darrer resultat podria anar associat a una disminució amb el temps, de la disponibilitat de llum que tenien els rebrots de l'aclarida màxima, com a conseqüència de la recuperació de les capçades dels peus remanents i el conseqüent tancament de les clarianes. Ara bé, l'evolució de la transmissivitat de la llum de les capçades de l'aclarida màxima al llarg del temps, així com els valors d'índex foliar (capítol IV), indiquen que no es va produir el tancament d'aquestes clarianes.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Per tant, tenint en compte això i les dades de producció de rebrots (capítol V), que mostren una gran acumulació de fulles en els rebrots de l'aclarida màxima, la superfície mitjana de fulles dels rebrots de l'aclarida màxima al quart any de l'aplicació va ésser significativament major que la dels rebrots de l'aclarida mínima, com a conseqüència del propi efecte d'ombregat dels rebrots de l'aclarida màxima.

Sens dubte, a banda de la llum, un altre nivell de regulació de la morfometria de les fulles té a veure amb la disponibilitat de recursos (nutrients i aigua) que té la planta en el període previ a la brotada. Encara que diversos estudis han descrit canvis en algunes variables de les fulles d'alzina (pes mitjà, gruix, àrea) com a conseqüència d'un augment de la disponibilitat d'aigua i nutrients (Sabaté, 1993; Mayor, 1994; Sardans, 1993), i per tant evidencien la plasticitat de l'alzina, el fet que alguns resultats discrepen dels altres no aclareix amb certesa quins recursos i en quines situacions actuen com a factors reguladors.

El patró obtingut en aquest treball en les fulles dels rebrots mostra una disminució progressiva de la grandària de les fulles a partir de les primeres cohorts, aquest coincideix amb els resultats obtinguts per diversos autors quan analitzaven les fulles dels rebrots de *Quercus ilex* i *Quercus coccifera* que apareixien després d'una aclarida o d'un foc (Rapp *et al.*, 1992; Sala *et al.*, 1987; Sabaté, 1993). Així, els rebrots mostraven fulles més grans en les primeres etapes de la regeneració, i a mesura que transcorrien les brotades la superfície mitjana de les fulles anava disminuint.

Aquest patró caracteritzat per la disminució progressiva de la superfície mitjana de les fulles al llarg de les diverses cohorts es va mantenir a pesar de la irrupció de l'episodi de sequera a la primavera de 1994. Així, tant en els rebrots de l'aclarida mínima com en els de la màxima les fulles de la cohort del

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

94, l'any més sec de tot el període d'estudi, no van ésser de mitjana les més petites. Per contra, en les capçades dels peus remanents les fulles de la cohort del 94 van ésser de mitjana les més petites de totes les cohorts analitzades, atès el fort estrès hídric que va condicionar la brotada i el desenvolupament de les fulles d'aquesta cohort en les capçades dels peus remanents (capítol IV).

D'altra banda, arran dels resultats obtinguts en els diversos nivells de capçada, la superfície mitjana de fulles en la capçada alta, baixa i els rebrots va ésser 4.2, 5.1 i 9.1 cm², respectivament), la diferent posició dins el perfil vertical de l'alzinar va ésser un factor decisiu en la grandària de les fulles. Així, el patró de grandària de les fulles en el perfil vertical de l'alzinar va respondre clarament a l'efecte d'exposició a la llum dels diversos nivells. Tal com suggereix Mayor (1994), aquest factor de regulació (posició dins la capçada) es podria simplificar sota els termes de fulles de sol i fulles d'ombra.

Segons Givnish (1979) en (Niinemets i Kull, 1994), unes fulles més grans poden resultar beneficioses en termes de suport de les fulles, ja que per a una mateixa àrea de fulles es necessita menys quantitat de branquillons i branques per suportar-les, i per tant una major part del carboni fixat pot invertir-se en el creixement del tronc. D'altra banda, per a un mateix nombre de fulles, tenir les fulles més grans comporta una major superfície fotosintètica. Així, el fet que les fulles dels rebrots foren significativament més grans que les fulles de les capçades, associat a la taxa de fixació de carboni major en els rebrots que en la capçada baixa dels peus remanents (Martínez, 1999), posa de manifest l'avantatge de l'estrat dels rebrots respecte la part inferior de les capçades dels peus remanents en la capacitat d'assimilació de carboni.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots**IV.3.2. Les corbes de supervivència de les cohorts de fulles dels rebrots: el cicle de caiguda**

Els resultats de supervivència de fulles en els rebrots durant els tres primers anys que van seguir a l'aplicació de l'aclarida mostren un patró caracteritzat per una caiguda gradual al llarg de tot l'any (figura 6.3).

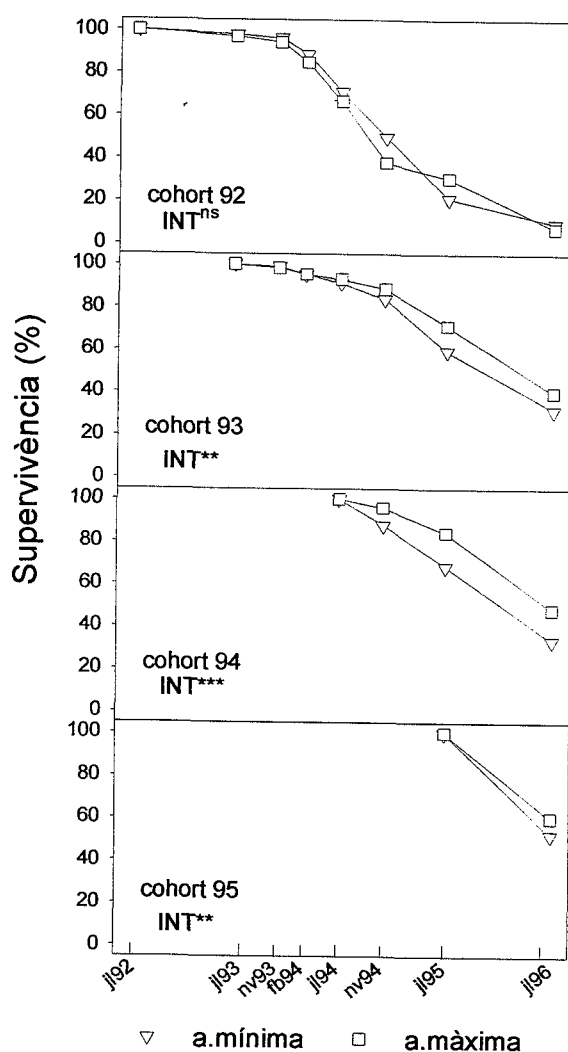


Figura 6.3 Corbes de supervivència de les cohorts de fulles dels rebrots de l'aclarida mínima i màxima. Les dades corresponen al valor poblacional que és el resultat d'integrar totes les fulles dels branquillons en un únic valor. Els asteriscs indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ i *** $p < 0.001$, mentre que ns indica diferències no significatives, d'acord amb el Log-rank Test.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

D'acord amb això, desapareix qualsevol indicatiu del cicle de caiguda de fulles, que de manera general mostren els peus adults d'alzina, que ve caracteritzat per un màxim de caiguda de fulles entre la primavera i l'estiu, i l'aturada durant la tardor i l'hivern.

VI.3.3. La longevitat de les fulles (LF_{50} , mesos) dels rebrots: efecte de la intensitat d'aclarida

La intensitat d'aclarida (mínima i màxima) va tenir un efecte significatiu sobre la supervivència de les fulles dels nous rebrots apareguts després de l'aplicació dels tractaments silvícoles. Així en totes les cohorts analitzades, a excepció de la primera cohort (cohort 92), les fulles dels rebrots de l'aclarida màxima van presentar una supervivència significativament superior a la de les fulles de l'aclarida mínima (figura 6.3).

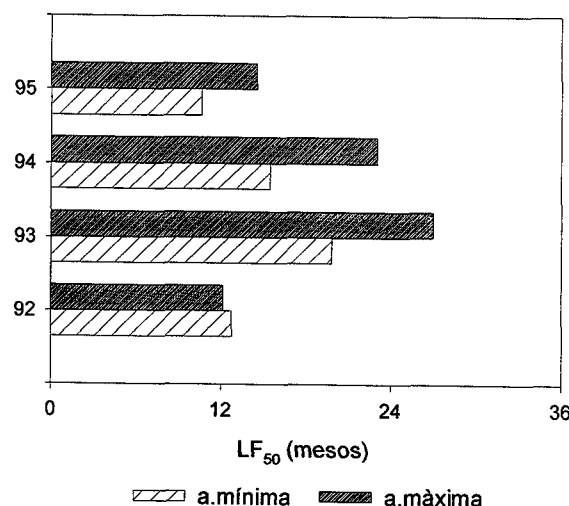


Figura 6.4 Representació de la longevitat mitja de les fulles LF_{50} (mesos) de les diverses cohorts dels rebrots apareguts en cadascuna de les dues intensitats d'aclarida analitzades. Cada valor ha estat obtingut a partir de la seua respectiva corba de supervivència, per tant és la longevitat mitja calculada a partir de tota la població de fulles d'una cohort això és, considerant la suma de les fulles de tots els branquillons marcats.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Lògicament, la major supervivència de les fulles dels rebrots de l'aclarida màxima es va traduir en una longevitat major d'aquestes (figura 6.4), de manera que en aquest tractament el temps transcorregut abans de que el 50% de les fulles de la cohort del 94 moriren va ésser de 23 mesos, mentre que en els rebrots de l'aclarida mínima tan sols van ésser necessaris 15 mesos per a que la població de fulles es reduís a la meitat.

Contràriament a aquest resultat, Kikuzawa (1989) va trobar que el fet d'obrir clarianes en les capçades va provocar que l'arbust *Daphniphyllum macropodum var. humile* passés de mantenir les fulles durant 4 anys (sota l'efecte de l'ombra de les capçades del bosc), a 2 anys quan els individus es trobaven sota una clariana. Segons el mateix autor Kikuzawa (1995), aquesta resposta era deguda a una estratègia per tal d'optimitzar el guany de carboni. Com que en les fulles que es trobaven en les clarianes (que presentaven taxes de fotosíntesi més altes), es produïa una disminució ràpida de la taxa de fotosíntesi en les fulles de més d'un any, la resposta més eficient era reduir el temps de vida d'aquestes fulles. Per contra, en les fulles ombrejades (no es trobaven sota una aclarida) no es produïa una disminució ràpida de la taxa de fotosíntesi, la qual cosa no provocava l'escurçament de la longevitat d'aquestes fulles.

En relació als resultats obtinguts en aquest treball, Martínez (1999) va trobar en les mateixes parcel·les d'estudi que les fulles dels rebrots de l'aclarida màxima mostraven taxes de fotosíntesi superiors a les dels rebrots de l'aclarida mínima, atesa la major exposició a la llum de les primeres. Aquestes dades no aporten informació al respecte d'un efecte de l'edat de la fulla sobre la taxa de fotosíntesi, però en qualsevol cas, el fet que les fulles dels rebrots de l'aclarida màxima tinguen una longevitat mitja major, associat a taxes de fixació de carboni també majors, es va traduir en un avantatge d'aquests rebrots respecte

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

dels de l'aclarida mínima en l'acumulació neta de carboni. De fet, Gosz (1981), Aerts (1990) i Lajtha i Witford (1989), proposen que diferències en el temps de vida de les fulles pot conduir a importants canvis en l'acumulació de fulles de les capçades, en el cicle de nutrients del rodal i en l'acumulació neta de carboni.

VI.3.4. La longevitat de les fulles (LF_{50} , mesos): efecte del nivell de capçada

De manera general, per una cohort i una intensitat d'aclarida determinades, les fulles de la capçada alta van mostrar una supervivència, i per tant una longevitat menor a les de la capçada baixa (figura 6.5).

D'altra banda, les fulles dels rebrots es van caracteritzar per presentar longevitats majors que les fulles de la capçada alta, però menors que les que es van obtenir en les fulles localitzades en la part baixa de la capçada (figura 6.5).

Les diferències en la longevitat foliar entre els nivells de capçada dels peus remanents (capçada alta i capçada baixa), trobades en aquesta experiència responen de manera general al patró proposat per diversos estudis. Així, en un alzinar de la mateixa zona d'estudi Sala *et al.* (1994) suggerien un efecte directe de la reducció de la llum que arribava a la capçada baixa per tal d'explicar l'increment de la longevitat d'aquestes fulles, respecte de les que es localitzaven en els nivells superiors de la capçada. De la mateixa manera, Lowman i Hetwole (1992) van trobar en eucaliptus que les fulles de la capçada alta tenien temps de vida foliar més curts que les fulles que estaven per sota, i per tant, les fulles de la capçada baixa vivien més que les que estaven exposades al sol.

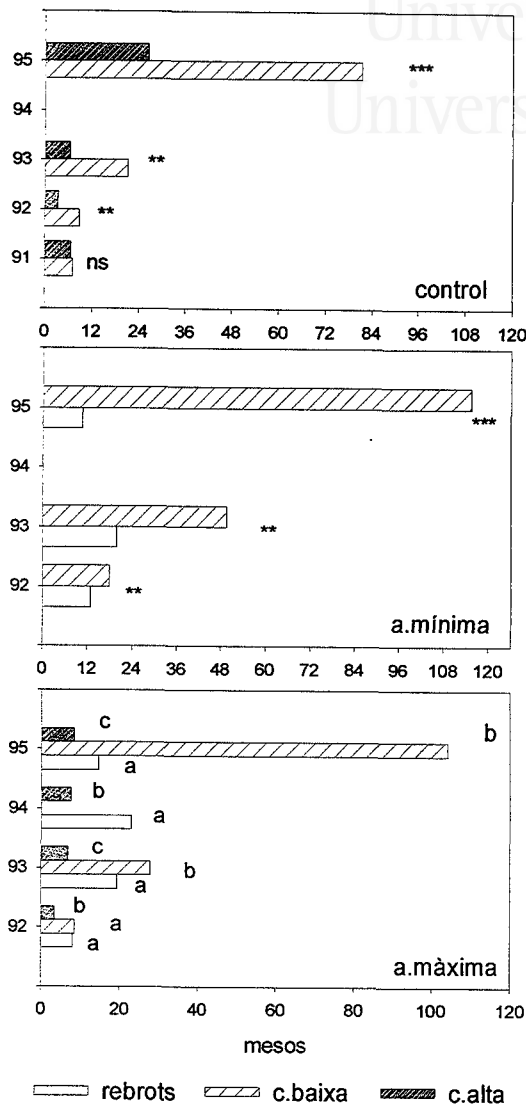
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Figura 6.5 Representació de l'efecte del nivell de capçada sobre la supervivència de les diferents cohorts en cadascuna de les intensitats d'aclarida, segons el *Log-rank Test*: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ i *** $p < 0.001$, ns diferències no significatives. Els valors corresponen a l'estimació del LF_{50} (mesos) per a cada cohort, a partir del moment de la seua brotada, a excepció de les cohorts 91, 92 i 93 del tractament control, i de les cohorts 92 i 93 de l'aclarida màxima, en què l'estimació del LF_{50} ha estat feta a partir d'abril 1994, quan ja s'havien produït les respectives brotades. Cada valor s'ha obtingut a partir de la seua respectiva corba de supervivència, per tant és el temps de vida mig de calculat a partir de tota la població de fulles d'una cohort (això és, considerant la suma de les fulles de tots els branquillons marcats).

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

En l'aclarida màxima, per a una determinada cohort, els rebrots van presentar una longevitat foliar superior a la de les fulles de la capçada alta, però inferior a la de les fulles de la capçada baixa. Aquest patró també es pot relacionar amb el nivell de disponibilitat de radiació, ja que en l'alzinar aclarit el nivell que més radiació rebia després de la capçada alta, eren els rebrots. D'altra banda, els patrons de longevitat foliar trobats en el perfil vertical de l'alzinar per a qualsevol de les intensitats d'aclarida encaixen, d'acord amb els valors mitjans diaris de la taxa de fotosíntesi en les mateixes parcel·les (Martínez, 1999), en el model general proposat per Reich *et al.* (1992) que suggereix una disminució de la taxa de fotosíntesi a mesura que augmenta el temps de vida de les fulles, com a conseqüència de la disminució en paral·lel del contingut de N per unitat de biomassa de fulla i de l'augment del pes específic foliar.

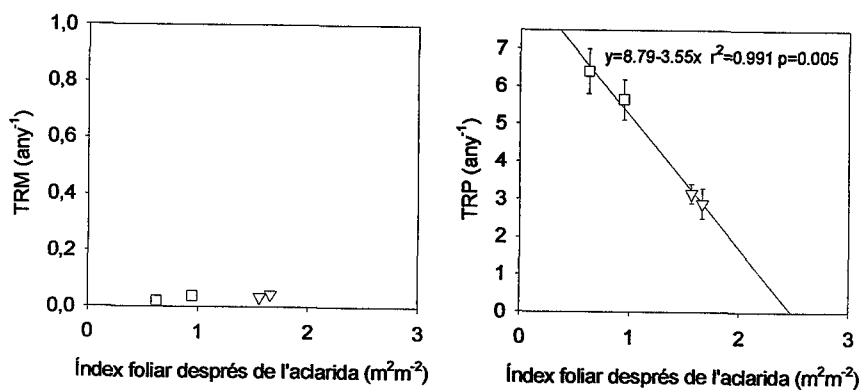
D'altra banda, l'efecte combinat de la intensitat d'aclarida (mínima i màxima) i la posició en el perfil vertical de l'alzinar (capçades i rebrots) va comportar que, si bé en els rebrots la supervivència de les fulles (i per tant la seua longevitat) va ésser major en l'aclarida màxima, per contra en les capçades dels peus remanents les fulles de l'aclarida màxima van mostrar una longevitat menor que les de l'aclarida mínima. Aquest fet, posa de manifest una interacció dels efectes de la intensitat d'aclarida i de l'estrat del bosc sobre la dinàmica foliar de *Quercus ilex*.

VI.3.5. La dinàmica foliar dels rebrots l'any següent a l'aplicació de les aclarides (juliol 92 – juliol 93): balanç entre la mortalitat i la producció de fulles

La dinàmica foliar dels rebrots immediatament després de l'aplicació dels tractaments va ésser dependent de l'índex foliar remanent al rodal i per tant, dependent de la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar. En la figura 6.6 apareixen les relacions entre l'índex foliar que va quedar a l'alzinar després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida, i la taxa de mortalitat de fulles

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

(TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló de l'estrat dels rebrots en cadascuna de les parcel·les.



▽ a.mínima □ a.màxima

Figura 6.6 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) dels rebrots, ambdues variables estimades entre juliol 92 i juliol 93. Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir de 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

Durant el primer any que va seguir a l'aplicació de les aclarides, la mortalitat de fulles per branquilló dels rebrots no es va relacionar amb l'índex foliar que va quedar al rodal. Per contra, la taxa de producció de fulles noves per branquilló sí es va relacionar negativament i significativa amb l'índex foliar que va quedar al rodal, $p=0.005$. Així, a mesura que l'índex foliar remanent va ésser major, fruit d'una aclarida menys intensa, la taxa de producció de fulles noves per branquilló va disminuir (figura 6.6).

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

D'acord amb això, la taxa de producció va oscil·lar entre un mínim de 2.9 (0.4) any⁻¹ quan es va deixar al rodal un índex foliar de 1.7 m²·m⁻², i un màxim de 6.4 (0.6) any⁻¹ quan l'índex foliar que va quedar a les capçades es va reduir a 0.63 m²·m⁻².

El control d'aquestes dues variables (mortalitat i producció de fulles) permet determinar el balanç de les poblacions de fulles dels rebrots en cadascuna de les dues intensitats d'aclarida analitzades. Immediatament després de l'aplicació dels tractaments els rebrots d'ambdues intensitats d'aclarida van presentar un balanç molt positiu d'acumulació de fulles, atès que la producció de fulles noves va ésser molt superior a la mortalitat de fulles (figura 6.7).

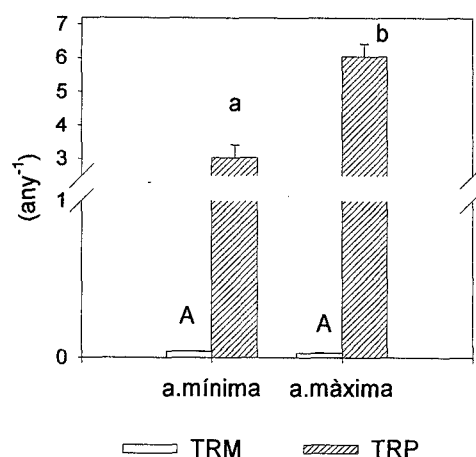


Figura 6.7 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló dels rebrots en cadascuna de les intensitats d'aclarida entre juliol 1992 i juliol 1993. Apareixen representades les mitjanes (±EE), n=60. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament.

Ara bé, el fet d'aplicar una aclarida més intensa (aclarida màxima, que va comportar l'eliminació del 79% de l'àrea basal de l'alzinar), respecte d'altra menys intensa (55% d'eliminació de l'àrea basal de l'alzinar), es va traduir en un balanç més positiu, perquè mentre que la taxa de mortalitat no va mostrar

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

diferències entre les dues intensitats, la taxa de producció de fulles noves per branquilló dels rebrots de l'aclarida màxima va ésser de mitjana significativament superior a la dels rebrots de l'aclarida mínima, 6.04 (0.38) i 3.04 (0.40) any⁻¹, respectivament.

De manera general, els nous rebrots, a més de la brotada de la primavera, també van brotar durant la brotada de la tardor, i de manera especialment abundant en l'any 1992. A diferència del que va ocórrer en les capçades dels peus remanents, els rebrots van continuar brotant en les tardors dels anys següents, tot i que de manera prou menys intensa que durant el primer any. Mayor (1994), quan analitzava l'evolució del nombre de fulles dels arbrissons d'alzina que colonitzaven un camp abandonat, va trobar per a cada cohort un increment de fulles des del juny fins al novembre, moment en el que s'aturava l'acumulació de fulles noves.

D'acord amb els resultats obtinguts, la dinàmica foliar dels rebrots durant el primer any després de l'aplicació de les aclarides va estar marcada d'una banda per la baixa mortalitat de fulles, i de l'altra per les elevades taxes de producció de fulles noves. Així, la combinació d'ambdues variables reflecteix clarament la tendència dels rebrots a acumular fulles, i aquest patró es va donar tant en els rebrots que van aparèixer després d'eliminar el 55% de l'àrea basal de l'alzinar (aclarida mínima), com els apareguts després de l'eliminació del 79% de l'àrea basal de l'alzinar (aclarida màxima). Malgrat això, l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre el desenvolupament dels nous rebrots durant el primer any va ésser decisiu. Així, l'aplicació de l'aclarida màxima, respecte de l'aclarida mínima, va comportar un clar avantatge per a la producció de fulles noves dels rebrots, atesa la major disponibilitat de llum que rebien les soques de l'aclarida màxima (a l'estiu de 1994 la transmissivitat de la llum en les capçades de l'aclarida màxima va ésser del 45%, mentre que la de les capçades de l'aclarida mínima va ésser del 26%). Relacionat amb això, Castell

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

(1993), va trobar en *Quercus ilex* que l'accés a una major disponibilitat de llum dels rebrots dominants, respecte dels suprimits era el factor que determinava el major creixement dels primers.

VI.3.6. L'inici de la sequera (juliol 93 – juliol 94): conseqüències sobre la dinàmica foliar dels rebrots

Durant el segon any que va seguir a l'aplicació de les aclarides (juliol 93-juliol 94), els resultats van seguir mostrant, tal com va ocórrer durant el primer any, una relació negativa i significativa ($p=0.036$) entre l'índex foliar que va quedar a les capçades després de l'aplicació de les aclarides i la taxa de producció de fulles noves (figura 6.8).

D'altra banda, tampoc es va establir cap relació entre l'índex foliar remanent i la taxa de mortalitat de fulles per branquilló (figura 6.8). D'acord amb aquests resultats, tal com va ocórrer immediatament després de l'aplicació de les aclarides (juliol 92-juliol 93), també durant aquest segon any a mesura que l'aclarida va ésser menys intensa, i per tant l'índex foliar remanent major, els rebrots van seguir mostrant una taxa de producció de fulles noves menor. Ara bé, la comparació de les relacions obtingudes durant el primer i el segon any (símbols blancs i negres, respectivament) va posar de manifest la forta reducció de la producció de fulles noves dos anys després. En contraposició a la disminució en la taxa de producció de fulles noves que van experimentar de manera generalitzada els rebrots durant el segon any, la taxa de mortalitat de fulles va augmentar lleugerament, respecte dels valors obtinguts immediatament després de l'aplicació de les aclarides (figura 6.8).

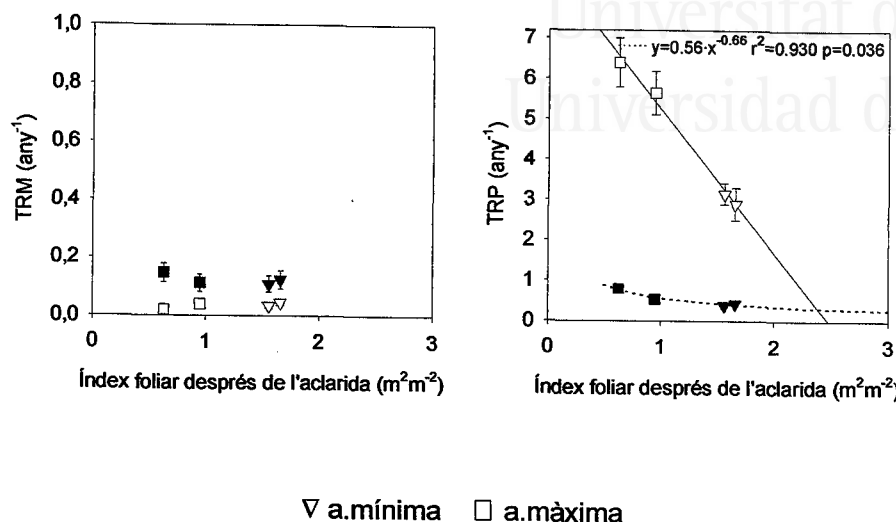
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Figura 6.8 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) dels rebrots, ambdues variables estimades entre juliol 93 i juliol 94 (símbols negres). També es representen els valors obtinguts tot just després de les aclarides, juliol 92-juliol 93 (símbols blancs). Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir de 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

Atenent a les dades de mortalitat i producció de fulles per branquilló obtingudes entre juliol 93 i juliol 94, el balanç de la població de fulles durant aquest període va ésser positiu en els rebrots de les dues intensitats d'aclarida (figura 6.9).

Així, en ambdues intensitats la mitjana de la taxa de producció de fulles noves per branquilló va ésser de nou superior a la taxa de mortalitat de fulles. Aquest resultat és especialment rellevant perquè aquest període (juliol 93-juliol 94) va estar caracteritzat per l'inici de l'episodi de sequera, i malgrat això els rebrots van ésser capaços de seguir augmentant l'acumulació de fulles .

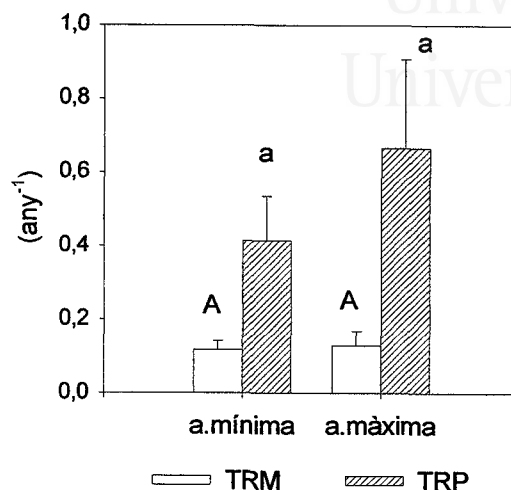
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Figura 6.9 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló dels rebrots en cadascuna de les intensitats d'aclarida entre juliol 1993 i juliol 1994. Apareixen representades les mitjanes (\pm EE), n=60. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament.

VI.3.7. La continuació de la sequera (juliol 94 – juliol 95): conseqüències sobre la dinàmica foliar dels rebrots

La dinàmica foliar dels rebrots entre juliol 94 i juliol 95 (al tercer any de l'aplicació de les aclarides) es va caracteritzar perquè la taxa de mortalitat de fulles es va relacionar positivament i significativa amb l'índex foliar remanent de l'alzinar, mentre que durant els dos períodes anteriors no es va detectar cap relació entre aquestes dues variables ($p=0.018$).

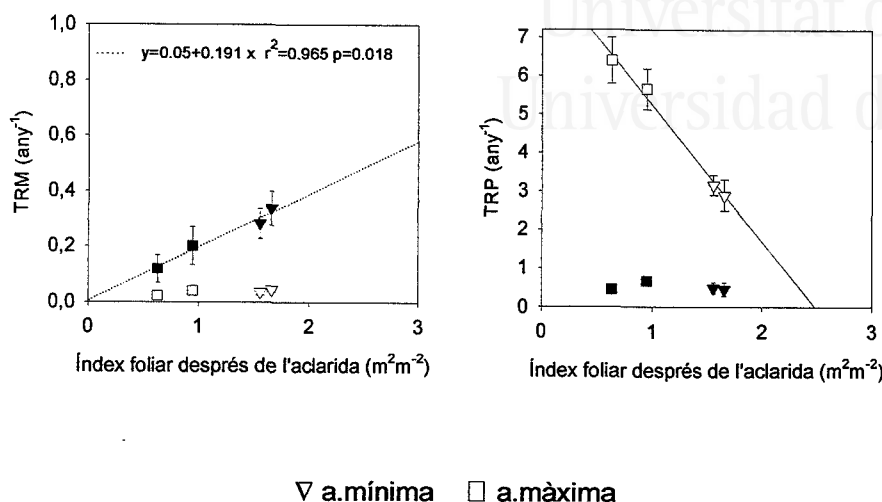
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Figura 6.10 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) dels rebrots, ambdues variables estimades entre juliol 94 i juliol 95 (símbols negres). També apareixen els valors obtinguts tot just després de les aclarides, juliol 92-juliol 93 (símbols blancs). Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir de 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

Per contra, i a diferència dels resultats obtinguts durant els dos períodes anteriors, no es va trobar cap relació entre l'índex foliar remanent i la taxa de producció de fulles noves per branquilló (figura 6.10, símbols negres). Així, mentre que durant els dos primers períodes la mortalitat de fulles va ésser independent de l'índex foliar remanent de l'alzinar (figures 6.4 i 6.6), durant el tercer any (juliol 94-juliol 95) la dinàmica foliar dels rebrots es va caracteritzar perquè la mortalitat de fulles dels rebrots va ésser major quant més elevat va ésser l'índex foliar remanent de l'alzinar (índex foliar que va quedar a les capçades després de l'aplicació de les aclarides), figura 6.10.

Per tercer període consecutiu els rebrots d'ambdues intensitats d'aclarida van mostrar un balanç positiu en l'acumulació de fulles. Això és, tant en els rebrots de l'aclarida mínima com en els de la màxima, la mitjana de la taxa de

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

producció de fulles per branquilló va ésser superior a la de mortalitat (figura 6.11). En qualsevol cas, de nou el balanç d'acumulació de fulles per branquilló va ésser més positiu en els rebrots de l'aclarida màxima, ja que si bé la taxa de producció no va ésser significativament major en els rebrots de l'aclarida màxima, aquests sí van mostrar una taxa de mortalitat de fulles significativament menor a la que van presentar els rebrots de l'aclarida mínima: 0.16 (0.03) i 0.31 (0.04) any⁻¹, respectivament (figura 6.11).

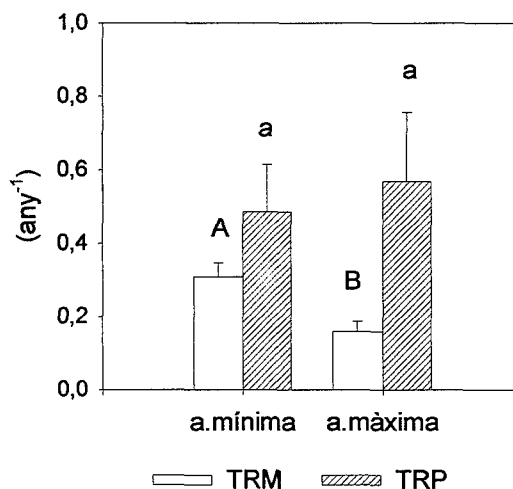


Figura 6.11 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) per branquilló dels rebrots en cadascuna de les intensitats d'aclarida entre juliol 1994 i juliol 1995. Apareixen representades les mitjanes (\pm EE), n=60. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament.

VI.3.8. La continuació de la sequera (juliol 95 – juliol 96): conseqüències sobre la dinàmica foliar dels rebrots

Durant el quart període que va seguir a l'aplicació de les aclarides (juliol 95-juliol 96), es va establir de nou una relació entre l'índex foliar que va quedar a

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

l'alzinar immediatament després de l'aplicació de les aclarides i la taxa de producció de fulles noves per branquilló de l'estrat dels rebrots (figura 6.12). Però, el patró de producció va ésser l'invers a l'obtingut durant tots els períodes anteriors, així que per primera vegada a mesura que l'índex foliar remanent va ésser major, la taxa de producció de fulles noves també ho va ser ($p=0.049$).

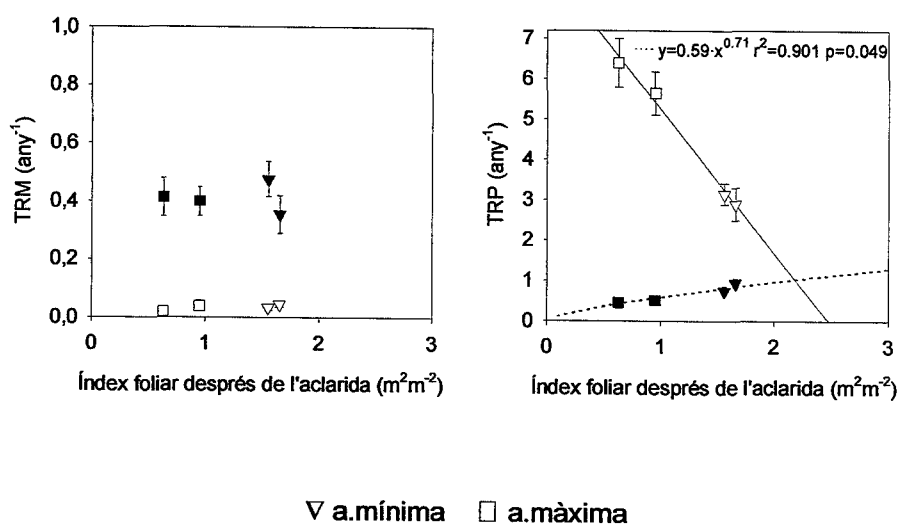


Figura 6.12 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) dels rebrots, ambdues variables estimades entre juliol 95 i juliol 96 (símbols negres). També apareixen els valors obtinguts tot just després de les aclarides, juliol 92-juliol 93 (símbols blancs). Cada punt correspon a la mitjana calculada a partir de 30 branquillons marcats en cadascuna de les parcel·les.

Per contra, no es va trobar cap relació entre l'índex foliar remanent i la taxa de mortalitat de fulles per branquilló (figura 6.12). D'altra banda, coincidint amb la fi de l'experiència es van registrar les taxes de mortalitat de fulles per branquilló més elevades de tot el període d'estudi. De fet, l'augment amb el pas del temps de la taxa de mortalitat per branquilló en l'estrat dels rebrots va ésser gradual, de manera que es va passar d'una taxa mínima de 0.04 any⁻¹ registrada durant el primer període (juliol 92-juliol 93), a una taxa màxima de

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

0.48 any⁻¹ que es va obtenir coincidint amb la fi de l'experiència (juliol 95-juliol 96).

En la figura 6.13 apareix per a cada intensitat d'aclarida (mínima i màxima) els valors mitjans de la taxa de mortalitat i producció de fulles noves per branquilló entre juliol 95 i juliol 96. Coincidint amb els resultats obtinguts durant els tres períodes anteriors, en ambdues intensitats els rebrots van mostrar un balanç positiu d'acumulació de fulles, fruit d'una taxa de producció de fulles noves superior a la taxa de mortalitat de les fulles.

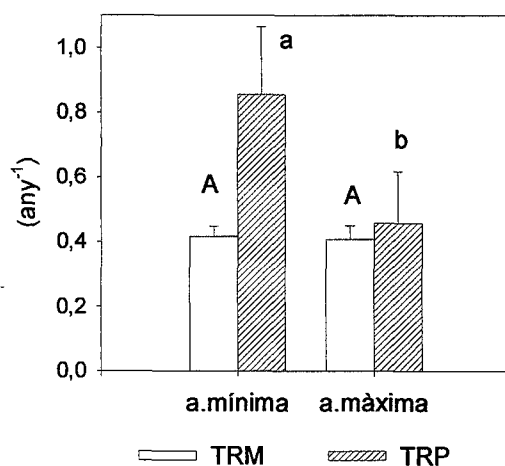


Figura 6.13 Taxa relativa de mortalitat (TRM, any⁻¹) i de producció de fulles noves (TRP, any⁻¹) dels rebrots en cadascuna de les intensitats d'aclarida entre juliol 1995 i juliol 1996. Apareixen representades les mitjanes ($\pm EE$), $n=60$. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida per a TRM i TRP, respectivament.

Aquest resultat indica que quatre anys després de l'aplicació de les aclarides, els rebrots continuaven incrementant el nombre de fulles. Ara bé, per primera vegada els rebrots de l'aclarida mínima van mostrar un balanç més positiu que els de l'aclarida màxima. Aquest resultat es va deure a que els rebrots de l'aclarida mínima van mostrar, d'una banda una mitjana de la taxa de mortalitat de fulles per branquilló igual a la dels rebrots de l'aclarida màxima, i de l'altra

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

una taxa de producció de fulles noves per branquilló significativament major (figura 6.13).

De manera general, la dinàmica foliar dels rebrots a partir del segon any des de l'aplicació de les aclarides es va caracteritzar per un augment de la mortalitat de fulles, així com per una disminució de la capacitat de producció de fulles noves. Aquesta resposta es va produir de manera gradual, així l'augment progressiu de la taxa de mortalitat i la disminució progressiva de la taxa de producció amb el pas dels anys suggereix que, arribat a un cert nivell d'acumulació de fulles i per tant d'àrea foliar, han de modificar la dinàmica foliar per tal d'ajustar la seua àrea foliar.

Aquest patró de mortalitat i producció de fulles marcat per la gradualitat, suggereix que la dinàmica foliar dels rebrots va estar més condicionada per un procés continuat com és la construcció de la pròpia estructura dels rebrots, que per un esdeveniment puntual i sobtat, com és l'episodi de sequera. De fet, malgrat l'inici de l'episodi de sequera a la primavera de 1994, els rebrots de les dues intensitats d'aclarida van seguir mostrant (durant aquest mateix any i durant els dos períodes posteriors) un balanç positiu d'acumulació de fulles.

D'altra banda, d'acord amb les relacions establertes entre l'índex foliar remanent de l'alzinar, i la mortalitat i producció de fulles noves al llarg dels diversos períodes, sembla que les diferències en la dinàmica foliar entre els rebrots d'una i d'altra intensitat d'aclarida van estar marcades en la majoria dels casos perquè els rebrots de l'aclarida màxima tenien una taxa de producció de fulles noves més elevada. Ara bé, durant el període més sec (juliol 94 – juliol 95), allò que va provocar les diferències en la dinàmica foliar entre els rebrots les dues intensitats va ésser la major mortalitat de fulles dels rebrots de l'aclarida mínima, que va conduir a que durant aquest període

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

marcat per un fort estrés hídric els rebrots de l'aclarida màxima mostraren un balanç d'acumulació de fulles més positiu.

Per últim, cal destacar que els rebrots de l'aclarida màxima van mostrar durant els tres primers anys que van seguir a l'aplicació de l'aclarida un balanç d'acumulació de fulles més positiu que el dels rebrots de l'aclarida mínima, bé com a conseqüència de la major producció de fulles noves durant els períodes més favorables (abans de l'inici de sequera), bé com a conseqüència de mostrar una taxa de mortalitat de fulles menor durant el període de major estrés hídric. Únicament coincidint amb la fi de l'experiència (juliol 95 – juliol 96), els rebrots de l'aclarida mínima van presentar un balanç d'acumulació de fulles més positiu. A l'estiu de 1995, el valor mitjà de transmissivitat de la llum de les capçades dels peus remanents va ésser 26 i 42 % en l'alzinar de l'aclarida mínima i màxima, respectivament. D'acord amb això, el fet que entre juliol 95 i juliol 96 (quatre anys després de l'aplicació de les aclarides), els rebrots de l'aclarida mínima mostraren una taxa de producció de fulles noves superior a la dels rebrots de l'aclarida màxima, pot deure's més bé a un efecte de la pròpia estructura dels rebrots en l'una i l'altra intensitat d'aclarida, que a una disminució de la disponibilitat de llum que arribava als rebrots de l'aclarida màxima provocada pel tancament de les capçades dels peus remanents en aquesta intensitat.

VI.3.9. Efecte de l'estrat de l'alzinar sobre la dinàmica foliar

Una vegada analitzat l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre la dinàmica foliar (mortalitat i producció de fulles noves) en cadascun dels estrats de l'alzinar (peus remanents i rebrots), es va comprovar com afectava la posició dins el perfil vertical de l'alzinar en la dinàmica de les fulles de *Quercus ilex*.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

La comparació de la dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents i dels rebrots immediatament després de l'aplicació de les aclarides va mostrar que per a una mateixa intensitat d'aclarida, els rebrots presentaven una taxa de mortalitat per branquilló menor a la dels peus remanents mentre que, per contra, la producció de fulles noves per branquilló del rebrots va ésser molt superior a la dels peus remanents (figura 6.14).

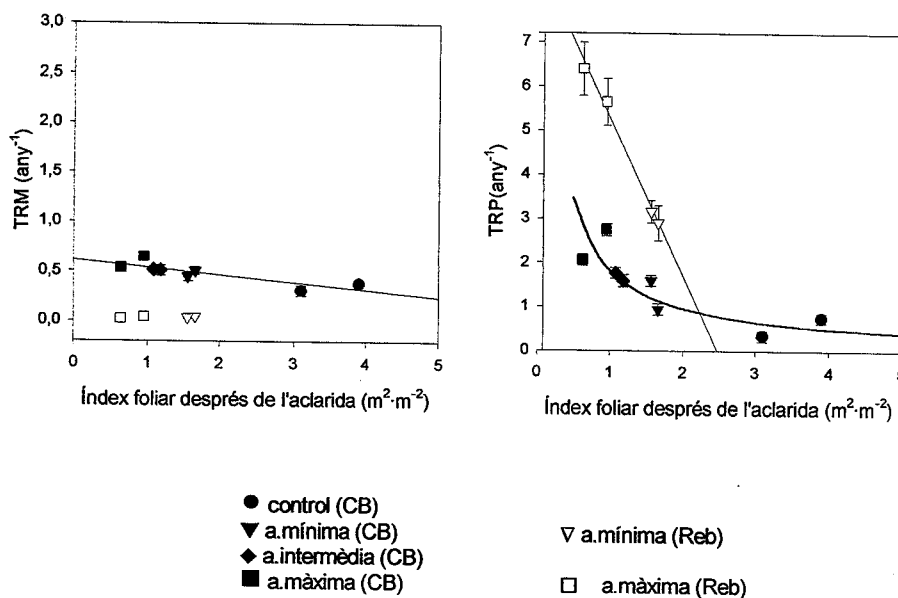


Figura 6.14 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) de les capçades (CB, símbols negres) i dels rebrots (R símbols blancs) entre juliol 92 i juliol 93.

D'acord amb aquests resultats la dinàmica foliar d'un i d'altre estrat (rebrots i capçades dels peus remanents) va ésser notablement diferent durant el primer any que va seguir a l'aplicació de les aclarides.

L'efecte de l'inici de l'episodi de sequera a la primavera de 1994 sobre la dinàmica foliar en l'un i l'altre nivell de l'alzinar es va caracteritzada perquè,

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

encara que per a una mateixa intensitat d'aclarida la mortalitat de fulles dels rebrots i de les capçades dels peus remanents va ésser molt semblant, la capacitat de produir fulles noves en els rebrots va ésser molt superior a la de les capçades, la qual cosa va ésser determinant per al creixement i desenvolupament d'ambdós estrats (figura 6.15). Així, per a una mateixa intensitat d'aclarida els rebrots, tot i reduir durant el període de sequera la producció de fulles respecte de la registrada immediatament després de l'aclarida, van ésser capaços de mantenir, malgrat el fort estrés hídric, una producció de fulles noves molt més elevada que les capçades dels peus remanents.

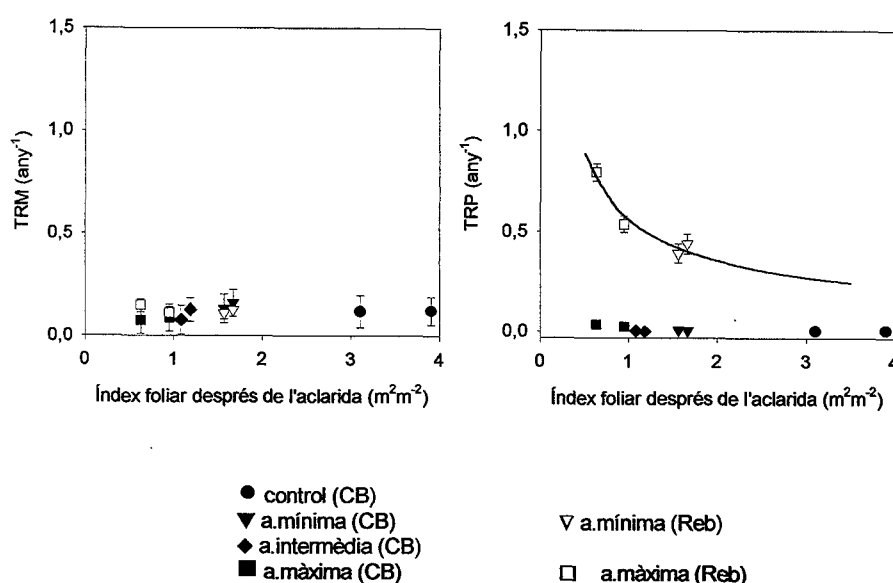


Figura 6.15 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) de les capçades (CB, símbols negres) i de l'estrat dels rebrots (R símbols blancs) entre juliol 93 i juliol 94.

De fet, la capacitat de producció de fulles noves de les capçades dels peus remanents va quedar pràcticament anul·lada com a conseqüència de les adverses condicions hídriques creades per la sequera (figura 6.15).

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

La comparació entre la dinàmica foliar de les capçades dels peus remanents i la dels rebrots durant el període següent, juliol 94 – juliol 95, caracteritzat climàticament per la continuïtat de l'episodi de sequera, va posar de nou de manifest que l'estrés hídric va afectar de manera diferent el funcionament de les capçades dels peus remanents i dels rebrots. Tal com va ocórrer durant el període marcat pels primers mesos de la sequera, la seua continuació va fer que les taxes de mortalitat de fulles d'un i d'altre estrat foren molt semblants, però per contra de nou la taxa de producció de fulles noves dels rebrots va ésser superior a la de les capçades dels peus remanents (figura 6.16).

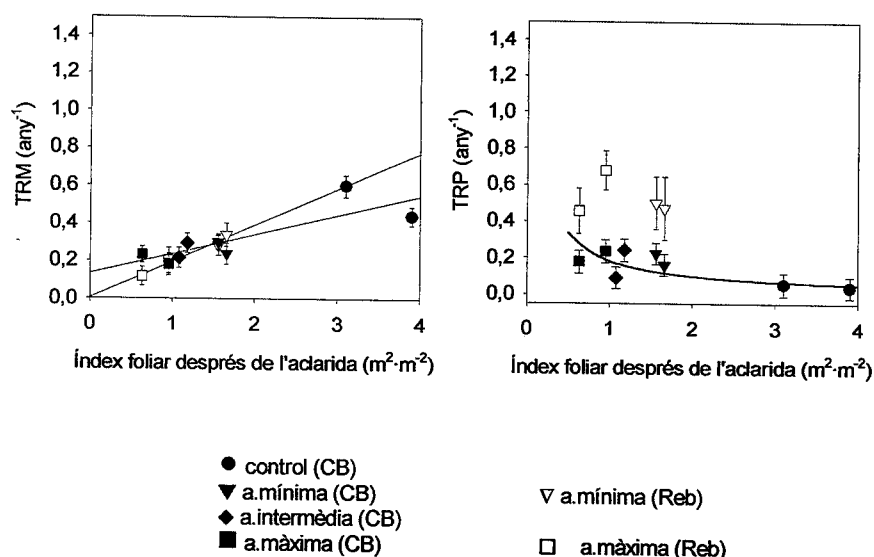


Figura 6.16 Relacions establertes entre l'índex foliar que va quedar a les capçades immediatament després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida (hivern 1992) i la taxa relativa de mortalitat de fulles (TRM) i la taxa relativa de producció de fulles noves per branquilló (TRP) de les capçades (CB, símbols negres) i dels rebrots (R símbols blancs) entre juliol 94 i juliol 95.

De manera general, cal destacar que durant els tres anys que van seguir a l'aplicació de les aclarides els rebrots van mostrar de mitjana una taxa de mortalitat de fulles menor o igual a la de les capçades, però per contra van

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

experimentar una taxa de producció de fulles noves notablement major a la de les capçades dels peus remanents.

L'anàlisi comparatiu de la dinàmica foliar dels diversos nivells de l'alzinar revela l'avantatge dels rebrots, respecte de les capçades dels peus remanents, en la capacitat de reconstrucció de les capçades i ocupació de les clarianes. I això es produeix tant sota els efectes beneficiosos de disponibilitat de nutrients, d'aigua i de llum que comporta una aclarida selectiva, com sota els efectes restrictius en la disponibilitat d'aigua (i conseqüentment de nutrients) que provoca un episodi sever de sequera.

Ateses les repercussions que va tenir l'episodi de sequera en l'un i l'altre estrat de l'alzinar, cal destacar l'avantatge dels rebrots respecte de les capçades adultes per fer front a un període d'estrés hídric sever. Així, si bé les capçades control van patir les pitjors conseqüències, atès el procés de defoliació que va comportar la reducció de l'índex foliar de l'alzinar control en un 40% entre 1992 i 1995, les capçades dels peus remanents dels tres tractaments d'aclarida també van manifestar els efectes de la sequera, ja que durant dos períodes consecutius el balanç d'acumulació de fulles va ésser negatiu, la qual cosa també va provocar una reducció de l'índex foliar (capítol IV). Per contra, cal destacar que els rebrots van mostrar un balanç positiu d'acumulació de fulles durant els quatre períodes que van seguir a l'aplicació de les aclarides, malgrat la irrupció de l'episodi de sequera. Martínez (1997), en una revisió de diversos treballs troba que existeixen diverses evidències que donen suport al fet que les plantes estarien dissenyades hidràulicament per sacrificar petites branques perifèriques molt vulnerables per tal de millorar el balanç hídric de les parts remanents. Aquesta compensació entre les diferents parts de la capçada d'una planta podria explicar que en l'alzinar aclarit, els rebrots en cap dels períodes analitzats van manifestar els símptomes de la sequera (en termes d'un balanç

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

negatiu d'acumulació de fulles), en detriment de les capçades dels peus remanents, en les quals la sequera es va traduir en una defoliació.

Ara bé, malgrat que durant dos anys les capçades aclarides van mostrar una mortalitat de fulles que va superar la producció, quan es considera tot el període de seguiment de la dinàmica foliar de les capçades (des de juliol de 1992 fins juliol de 1996), aquestes van tenir un balanç positiu d'acumulació de fulles, que va ésser major quant més intensa va ésser l'aclarida (figura 6.17). En aquesta figura apareix el balanç d'acumulació de fulles per branquilló en cadascun dels estrats del bosc (peus remanents i rebrots) i en cadascuna de les intensitats d'aclarida, atenent als resultats de mortalitat i producció de fulles per branquilló obtinguts al llarg de tot el període d'estudi.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

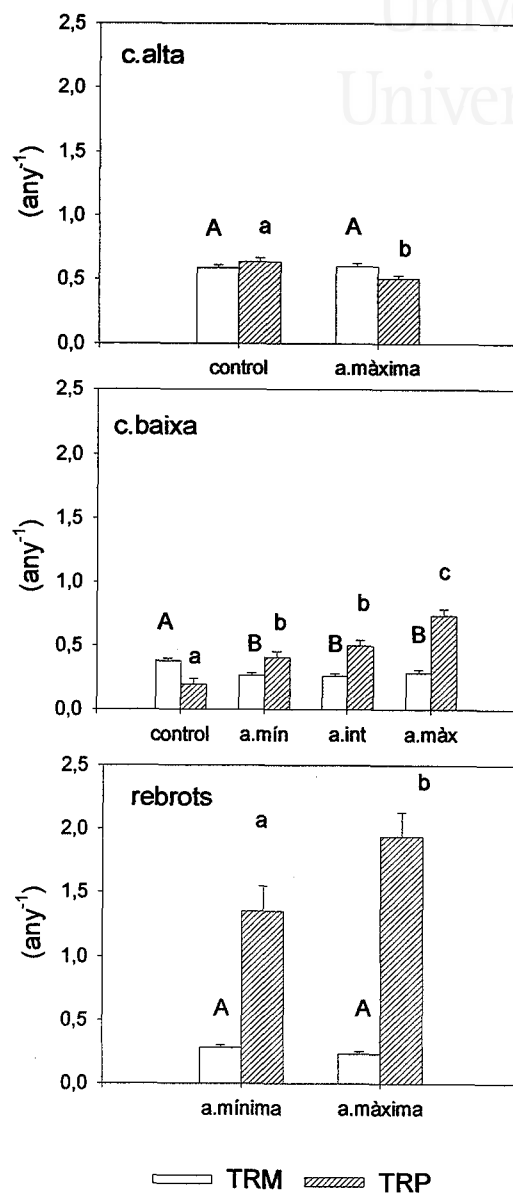


Figura 6.17 Taxes relatives anuals de mortalitat de fulles (TRM, any^{-1}) i producció de fulles noves (TRP, any^{-1}) per branquilló per a cadascuna de les intensitats d'aclarida analitzades en cada estrat de l'alzinar. El valor és la mitjana per branquilló sense diferenciar els períodes (\pm EE). En la capçada baixa i en els rebrots les taxes han estat calculades considerant els períodes j192-j193, j193-j194, j194-j195, i j195-j196, mentre que en la capçada alta les taxes han estat calculades considerant els períodes j194-j195 i j195-j196. Lletres majúscules i minúscules diferents indiquen diferències significatives entre intensitats d'aclarida ($p < 0.05$) per a TRM i TRP, respectivament.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Per tant, el valor per a cada intensitat d'aclarida i estrat del bosc és la mitjana obtinguda a partir de totes les dades dels quatre períodes analitzats; a excepció de les dades de la capçada alta que corresponen únicament als períodes juliol 94 – juliol 95 i juliol 95 – juliol 96.

Els resultats obtinguts en la part baixa de les capçades, a partir de la integració de tots els períodes, posen de manifest que l'alzinar control va ésser l'únic tractament que va mostrar un balanç negatiu d'acumulació de fulles noves per branquilló. Així, va ésser l'únic cas en el que el valor mitjà de la taxa de mortalitat de fulles va ésser major que al valor mitjà de la taxa de producció de fulles noves per branquilló. D'altra banda, en la resta de tractaments el balanç d'acumulació de fulles en la capçada baixa va ésser més positiu quant més intensa va ésser l'aclarida (figura 6.17, c.baixa).

De la mateixa manera, en l'estrat dels rebrots el balanç d'acumulació de fulles també va ésser superior en l'aclarida màxima que en la mínima, ja que la taxa de producció de fulles noves va ésser significativament major en els rebrots de l'aclarida màxima, mentre que no es van detectar diferències en la mitjana de la taxa de mortalitat de fulles (figura 6.17).

D'altra banda, pel que fa a les diferències entre els dos estrats del bosc (peus remanents i rebrots), el balanç d'acumulació de fulles al llarg de tot el període d'estudi va ésser per a una mateixa intensitat d'aclarida clarament favorable en els rebrots, (figura 6.17).

VI.3.10. Estimació de l'índex foliar dels rebrots: l'aportació de cadascuna de les espècies de l'alzinar

L'obtenció de les relacions al·lomètriques dels rebrots de les quatre espècies estructuralment més importants de l'alzinar: *Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*,

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Viburnum tinus i *Arbutus unedo*, així com la realització de l'inventari dels diàmetres dels rebrots (capítol V) va permetre estimar, a partir de la biomassa de fulles i del pes específic de cadascuna de les espècies, l'índex foliar total dels rebrots en l'aclarida mínima i màxima, cinc anys després de l'aplicació de les aclarides, així com l'aportació de cadascuna de les espècies a l'índex foliar total dels rebrots (figura 6.18).

L'aplicació de l'aclarida màxima (79% d'eliminació de l'àrea basal del bosc), respecte de l'aclarida mínima (55% d'eliminació de l'àrea basal), va comportar que l'índex foliar dels rebrots al desembre de 1996, cinc anys després de l'aplicació de les aclarides, fora en les parcel·les de l'aclarida màxima tres vegades superior a l'índex foliar dels rebrots de l'aclarida mínima, 2.59 (0.01) i 0.86 (0.21) $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, respectivament (figura 6.18).

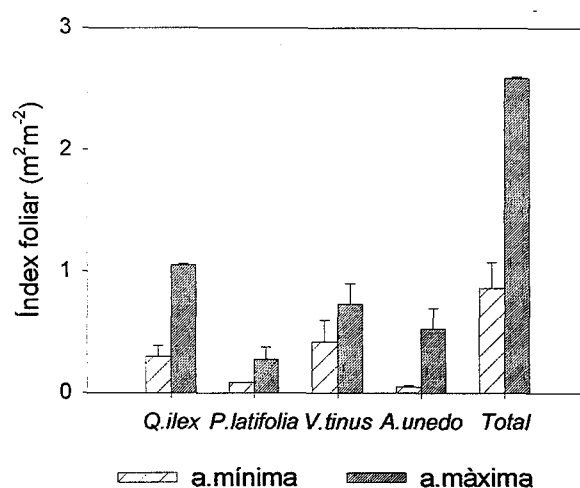


Figura 6.18 Índex foliar ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$) dels rebrots al desembre de 1996 en cadascuna de les dues intensitats d'aclarida analitzades (aclarida mínima i màxima), així com l'aportació de cadascuna de les quatre espècies estructuralment més importants. El valor és la mitjana ($\pm \text{EE}$), per a $n=2$.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

En concret, l'índex foliar dels rebrots de *Quercus ilex* en l'aclarida mínima va ésser de 0.31 (0.09) $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, mentre que en l'aclarida màxima es va arribar a un valor d'1.05 (0.01) $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$. D'acord amb aquest resultat, l'aportació dels rebrots de *Quercus ilex* a l'índex foliar total de rebrots va ésser d'un 35 i 40% en l'aclarida mínima i màxima, respectivament. Així, les altres espècies van aportar més de la meitat de l'índex foliar dels rebrots del rodal. Aquest resultat posa de manifest que, tot i ésser l'espècie més important i abundant del bosc, l'anàlisi exclusiu de la resposta de *Quercus ilex* als tractaments d'aclarida deixa un buit important en l'estudi de l'estructura del bosc, i evidencia la necessitat d'analitzar la capacitat de rebrotar que tenen les altres espècies arbustives que integren el bosc, més encara quan l'objectiu del tractament silvícola és dirigir l'estructura d'un alzinar de rebrot (port arbustiu) cap a un estat més madur (port arbori).

D'altra banda, cal destacar que tant en *Quercus ilex* com en les altres tres espècies (*Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) l'efecte de la intensitat d'aclarida va ésser el mateix, de manera que associat a una intensitat major (aclarida màxima), totes les espècies van mostrar, cinc anys després de l'aplicació dels tractaments, un índex foliar de rebrots major (figura 6.18).

VI.3.11. Estimació de l'índex foliar total del rodal: l'aportació de les capçades dels peus remanents i dels rebrots

L'índex foliar total del bosc (capçades dels peus remanents i rebrots) a l'estiu de 1997, estimat a partir de les dades de transmissivitat i la utilització del model CANOPY (Gracia, 1996), va oscil·lar entre un valor mínim registrat en l'alzinar control: 3.06 (0.05) $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, i el màxim de l'alzinar de l'aclarida màxima: 4.09 (0.04) $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ (figura 6.19). Així, sis anys després de l'aplicació de les aclarides, en tots els rodals l'índex foliar va ésser major al de l'alzinar control.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

De manera general, aquest resultat evidencia l'elevada capacitat de recuperació que té l'alzinar, ja que sis anys després de l'aplicació dels tractaments els rodals de les diverses intensitats d'aclarida van recuperar l'índex foliar previ a l'aplicació dels tractaments (índex foliar de l'alzinar control al 1992). De fet, alguns resultats previs suggerien que rodals aclarits de *Quercus ilex* mostraven una relativa ràpida expansió de les capçades durant els primers anys després de l'aplicació d'una aclarida (Mayor i Rodà, com. pers.).

Ara bé, a banda de la rapidesa, un altre aspecte fonamental quan es vol transformar l'estructura del bosc, és conèixer de quina manera es produeix la recuperació de l'índex foliar en funció de la intensitat d'aclarida aplicada. El seguiment dels dos estrats del bosc (capçades i rebrots) va permetre avaluar l'aportació d'un i d'altre estrat a l'índex foliar total del bosc en les diverses intensitats d'aclarida. Si bé l'aplicació d'una aclarida molt intensa (aclarida màxima) va comportar que sis anys més tard l'alzinar mostrés l'índex foliar més elevat $4.09 (0.04) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$, cal tenir en compte que l'índex foliar de les capçades dels peus remanents tan sols van aportar un 38% de l'àrea foliar total, això és $1.57 (0.03) \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$. D'altra banda, l'aportació dels rebrots a l'índex total del bosc es va reduir a mesura que l'aclarida aplicada va ésser menys intensa. Així, en els rodals de l'aclarida màxima els rebrots van aportar un 62% de l'índex foliar total, en els rodals de l'aclarida intermèdia els rebrots van aportar un 49% a l'índex foliar total, mentre que en l'aclarida mínima aquesta aportació va baixar a un 35%, de manera que en aquest darrer cas l'índex foliar estava acumulat majoritàriament en les capçades dels peus remanents (figura 6.19).

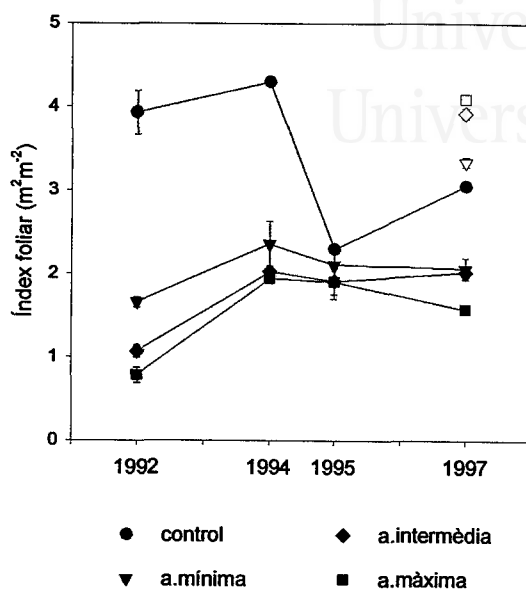
Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

Figura 6.19 Evolució de l'índex foliar des de juliol 1994 a juliol 1997, estimada a partir de les mesures de transmissivitat de la llum i el model CANOPY (Gracia, 1991).. En negre apareixen els valors d'índex foliar corresponents a les capçades dels peus remanents, mentre que els símbols blancs corresponen l'índex foliar total (capçades dels peus remanents i rebrots). Els valors són la mitjana per parcel·la ($\pm EE$), per a $n=3$. Els valors de 1992 es van estimar mitjançant relacions al·lomètriques

De fet, en els rodals en els que es va aplicar l'aclarida mínima l'índex foliar va ésser el més alt de totes les intensitats d'aclarida: 2.07 (0.13), 2.02 (0.05) i 1.58 (0.03) $m^2 \cdot m^{-2}$ per a l'aclarida mínima, intermèdia i màxima, respectivament.

Aquests resultats posen de manifest que la intensitat d'aclarida no condiciona la capacitat de recuperació de l'índex foliar de l'alzinar ja que en totes les intensitats es convergeix cap a l'índex foliar previ al tractament (alzinar control). Per contra, la intensitat d'aclarida sí és determinant en l'aportació dels rebrots i de les capçades a la recuperació de l'índex foliar. De fet, la distribució de l'índex foliar en el perfil vertical de l'alzinar sis anys després és justament l'oposada en dues de les intensitats d'aclarida. Així, una aclarida molt intensa

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

(79% d'eliminació de l'àrea basal dels rodals) comporta que sis anys després el bosc tinga un perfil vertical caracteritzat perquè de manera majoritària l'índex foliar es troba acumulat en l'estrat dels rebrots, mentre que les capçades dels peus remanents, tot i augmentar el seu índex foliar després de l'aplicació de l'aclarida, no són capaces d'expandir-se, i acumulen menys àrea foliar que els nous rebrots. Per contra els rodals de l'aclarida mínima tenen una distribució de l'índex foliar més desitjable, atesos els objectius que es volen aconseguir amb l'aplicació dels tractaments d'aclarida.

Aquest resultat indica que l'eliminació d'un percentatge molt elevat de l'àrea basal del rodal (79% d'eliminació), que provoca una reducció del 80% de l'índex foliar i conseqüentment l'aparició de grans clarianes, no potencia en els peus remanents el desenvolupament de capçades suficientment amples i denses, que siguin capaces de controlar el creixement dels rebrots gràcies a un augment de la capacitat d'intercepció de la llum.

Contràriament a aquest resultat, els peus remanents en les parcel·les d'una aclarida comercial al Montseny mostraven taxes d'expansió de les capçades en els primers anys de l'aclarida relativament ràpides, que conduïen a que dotze anys després de l'aclarida es registrara el tancament pràcticament complet de la capçada (Mayor, 1994). Aquest resultat el van trobar després d'aplicar una aclarida comercial que va comportar l'extracció del 43% dels peus, i una reducció aproximada del 67% de l'àrea basal del rodal. Encara que la intensitat d'aclarida és sensiblement inferior al 79% d'eliminació de l'àrea basal practicada en l'experiència d'aclarida de Prades, potser les marcades diferències en l'estructura original d'un i l'altre alzinar (capítol III) (fruit de les particularitats climàtiques i de l'ús diferenciat al llarg de la història) hagen estat decisives en l'evolució que han tingut les capçades i els rebrots en l'un i l'altre cas.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

En relació a l'expansió tan minsa que han tingut les capçades de l'aclarida màxima i l'escassa repercussió en l'augment del seu port, en favor d'un fort creixement dels rebrots en aquesta intensitat, Bréda *et al.* (1995) van trobar que els diferents nivells de competència pels recursos que tenen els rebrots que apareixen després d'una aclarida pot fer que en determinades circumstàncies aquests puguin arribar a dificultar, i fins i tot impedir el creixement dels peus remanents.

VI.4. Conclusions

La dinàmica foliar dels rebrots a curt i mitjà termini es va mostrar dependent de l'índex foliar que va quedar a les capçades després de l'aplicació de les aclarides. És a dir, l'índex foliar remanent, i en definitiva la intensitat d'aclarida aplicada, es revela com un element controlador de la dinàmica dels rebrots, i això és especialment important perquè proporciona una pauta de control de la gestió del bosc.

En concret, la dinàmica foliar que mostren els rebrots de *Quercus ilex* d'ambdues intensitats d'aclarida (mínima i màxima) immediatament després dels tractaments va dirigida cap a una acumulació ràpida de fulles i en definitiva, cap a un augment ràpid i mantingut de l'àrea foliar d'aquests. Ara bé, la major disponibilitat de recursos i el major accés a la llum que tenen les soques de l'aclarida màxima provoca que el balanç d'acumulació de fulles siga molt superior en els rebrots d'aquesta intensitat. Aquest fet, associat a una longevitat de les fulles també major en els rebrots de l'aclarida màxima, i a que la grandària mitjana de les fulles en l'un i l'altre tractament no es revela com un element clarament diferenciador, condueix a que l'índex foliar de rebrots d'alzina en l'aclarida màxima siga, als 5 anys de l'aplicació de les aclarides,

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

tres vegades major al dels rebrots de l'aclarida mínima: 1.0 i 0.3 m²·m⁻², respectivament.

L'episodi de sequera iniciat a la primavera de 1994 no trenca la tendència que havien mostrat els rebrots fins el moment de manera que, malgrat el fort eixut, aquests segueixen incrementant la seua àrea foliar. De fet, coincidint amb la fi de l'experiència els rebrots d'ambdues intensitats d'aclarida continuen mostrant una producció de fulles noves que supera la mortalitat de les velles. Ara bé, amb el pas del temps la taxa d'increment de l'àrea foliar va reduint-se de manera gradual, la qual cosa posa de manifest la necessitat que tenen els rebrots d'ajustar la velocitat a la que incrementen la seua superfície de fulles.

De manera general, els rebrots de l'aclarida màxima tenen sempre una taxa d'increment d'àrea foliar superior a la dels rebrots de l'aclarida mínima, bé immediatament després de l'aclarida com a conseqüència de la major taxa de producció de fulles noves, bé perquè tenen una taxa de mortalitat de fulles menor durant el període que va estar marcat per la sequera.

La dinàmica foliar que mostren els rebrots i les capçades dels peus remanents de *Quercus ilex* condueix a que, ja en el primer any que va seguir a l'aplicació dels tractaments, ambdós estrats aprofiten la major disponibilitat relativa d'aigua i nutrients, i el major accés a la llum especialment dels nivells més ombrejats que propicia l'aclarida, per expandir-se i ocupar els espais deixats pels peus eliminats. Això, posa de manifest que en l'alzina la capacitat rebrotadora és el mecanisme clau per regenerar i recuperar la seua estructura aèria, ja siga a partir de la reconstrucció de les capçades o a través de la formació dels nous rebrots.

Ara bé, tal com posen de manifest els resultats comparats dels dos nivells de l'alzinar, els rebrots tenen per a qualsevol de les intensitats d'aclarida i

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

períodes analitzats una capacitat d'acumulació d'àrea foliar superior a la de les capçades dels peus remanents. Aquest avantatge dels rebrots, és el fruit d'una dinàmica foliar que afavoreix més l'acumulació de fulles (taxa de producció major i taxa de mortalitat menor), i una longevitat major, així com de la major superfície mitjana de les fulles dels rebrots.

Durant els períodes afectats per la sequera les capçades dels tractaments aclarits no només aturen la seua expansió, sinó que l'estrés hídric és tan restrictiu que arriben a patir una lleugera defoliació. Per contra, durant els mateixos períodes els rebrots continuen augmentant la seua àrea foliar i per tant, la seua superfície de transpiració.

Així, els danys observats durant la sequera de 1994 en les capçades dels peus adults en qualsevol de les intensitats d'aclarida, i de manera especial en l'alzinar control fins al 1996, posen de manifest la situació límit en la que es troben els peus adults de l'alzinar pel que fa a la disponibilitat d'aigua, que els fa vulnerable davant aquest tipus d'events. Per contra, l'augment de l'àrea foliar dels rebrots, coincidint amb la defoliació més o menys intensa de les capçades dels peus remanents, suggereix que aquests són menys vulnerables a les restriccions hídriques que provoca la sequera. D'alguna manera, aquest resultat suggereix que l'augment de l'àrea foliar dels rebrots ve compensada per la reducció de la superfície de transpiració de les capçades dels peus adults. Això és, l'individu sacrifica les branques de les capçades, i de manera especial les més perifèriques, per tal de reduir la seua superfície de transpiració en un intent d'evitar danys que afecten tot el sistema vascular principal, però al mateix temps la dinàmica dels rebrots contribueix a incrementar la superfície de transpiració.

En qualsevol cas, sis anys després de l'aplicació dels tractaments, tots els rodals recuperen el valor d'índex foliar que tenia l'alzinar previ a l'aclarida

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

(alzinar control). Aquest resultat posa de manifest la gran capacitat de recuperació que té l'alzinar, fins i tot a curt termini, i a més demostra que independentment de la intensitat d'aclarida aplicada, el rodal és capaç de refer la seua estructura aèria.

Ara bé, la distribució de l'índex foliar dins el perfil vertical del bosc és depenent de la intensitat d'aclarida aplicada. De fet, la distribució de l'índex foliar dins el perfil vertical del bosc en les diverses intensitats d'aclarida es revela com un element decisiu per a valorar l'adequació d'una o d'altra intensitat com a eina de gestió, quan l'objectiu és potenciar el port arbori dels peus remanents i l'expansió de les seues capçades. Així, els resultats obtinguts en *Quercus ilex* demostren que a mesura que l'aclarida és més intensa l'aportació dels rebrots a l'índex foliar del rodal és major. Concretament, sis anys després del tractament, en l'aclarida màxima el 26% de l'àrea foliar d'aquesta espècie està localitzada en els rebrots, mentre que en l'aclarida mínima els rebrots aporten tan sols un 10% de l'índex foliar de *Quercus ilex*.

L'anàlisi de la capacitat de rebrotar que tenen les espècies que acompanyen l'alzina (*Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) és clau per entendre el funcionament i determinar quina és l'estructura de l'alzinar que ha estat aclarit. Així ho revelen els resultats obtinguts, ja que l'aportació relativa dels rebrots a l'índex foliar del rodal quan es consideren les quatre espècies augmenta a un 35 i 62% en l'aclarida mínima i màxima, respectivament. Aquests resultats posen de manifest que l'aplicació d'una aclarida molt intensa (79% d'eliminació de l'àrea basal), si bé possibilita una certa expansió de la capçada del peu seleccionat, ho fa a un preu molt elevat, ja que potencia de manera especial l'expansió dels rebrots, fins al punt que la distribució de l'índex foliar en el perfil vertical de l'alzinar és la inversa a la que seria desitjable.

Capítol VI. Dinàmica foliar dels rebrots

De manera que, a diferència dels resultats obtinguts després de l'aplicació d'aclarides selectives de prou intensitat a alzinars que tenen un port arbori prou desenvolupat, com és el cas de l'alzinar del Montseny, l'aplicació d'una aclarida de les mateixes característiques a un alzinar com el de Prades amb un port arbustiú (*monte bajo*), provoca que els nous rebrots dificulten, i fins i tot arriben a impedir l'expansió de les capçades.

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de roda



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Capítol VII

Efecte de la intensitat d'aclarida en l'estructura de l'alzinar: balanç entre els peus remanents i els nous rebrots

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

**Capítol VII. Efecte de la intensitat d'aclarida en l'estructura de l'alzinar:
balanç entre els peus remanents i els nous rebrots**

VII.1. Introducció

Com a conseqüència de l'aplicació d'una aclarida en una comunitat d'espècies rebrotadores és possible que bona part de la producció aèria s'adrece cap al creixement dels rebrots. Com ja van reclamar Ducrey i Boisserie (1992) la major part de les experiències d'aclarida han centrat l'atenció en el comportament dels peus seleccionats, i mai fan menció dels nous rebrots que apareixen excepte, de tant en tant, per a dir que cal controlar-los (Weinstein, 1986; Ducrey i Toth, 1992). Concretament en *Quercus ilex*, aquesta mena d'oblit de l'estrat de rebrots de l'alzinar ha estat abordat per alguns estudis, encara que pocs han tractat amb detall l'efecte de la intensitat d'aclarida sobre els rebrots; i quan ho fan és sempre des de la perspectiva de la resposta que té l'individu (Ducrey i Boisserie, 1992; Tsiovaras, 1988; Canadell, 1995; Retana *et al.*, 1992; Espelta *et al.*, 1999; Castell, 1997).

En els capítols anteriors han estat analitzats els efectes de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida sobre el creixement individual dels peus remanents (capítols III i IV) i dels rebrots (capítols V i VI). Els resultats mostrats fins ara han evidenciat l'efecte accelerador de les aclarides sobre la producció dels individus. A més, demostren que la recuperació de l'estructura aèria del rodal després de l'aplicació d'aclarides es va fer tant, mitjançant l'aparició i el creixement dels rebrots, com a través del creixement dels peus remanents. Ara bé, resta per veure en quina mesura la intensitat d'aclarida repercuteix en la capacitat de recuperació i en la capacitat de creixement, i per tant en l'estructura del rodal. Així, si bé, qualsevol de les intensitats ha comportat una acceleració de la producció, cal comprovar si aquesta s'ha invertit en el creixement dels peus remanents, i per tant en l'apropament de l'estructura del

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

rodal cap a un port arbori, o per contra la capacitat del rodal s'ha desviat en gran mesura cap a l'aparició i creixement dels rebrots, i per tant es manté el port arbustiu, malgrat la gestió feta.

VII.2. Materials i mètodes

VII.2.1. Extrapolació a nivell de rodal del creixement individual dels peus remanents i dels rebrots

Amb les mesures individuals de l'increment en diàmetre es va poder estimar l'evolució temporal de l'àrea basal de l'alzinar ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), ja que tant els peus remanents de *Quercus ilex*, com els rebrots de *Quercus ilex*, *Arbutus unedo*, *Phillyrea media* i *Viburnum tinus* es trobaven acotats dins una superfície coneguda.

VII.2.2. Tractament estadístic

Els efectes de la intensitat d'aclarida i de l'estrat de vegetació (peus remanents i rebrots) sobre les taxes d'increment d'àrea basal a nivell de rodal en el període total d'aquest estudi han estat provats amb una anàlisi de la variància multifactorial. D'altra banda, els efectes de l'espècie i de la intensitat d'aclarida sobre el factor de recuperació de l'àrea basal del rodal també han estat provats a través d'una anàlisi de la variància multifactorial.

S'han utilitzat regressions en el càlcul d'equacions al·lomètriques i en les relacions entre variables. El tipus de regressió utilitzada (lineal, potencial o d'altres més específiques) s'indica en cada cas.

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

Les anàlisis estadístiques s'han fet amb el paquet estadístic Statgraphics Plus for Windows 2.1 (Statistical Graphics Corp., 1996). L'error estàndard és la mesura de variabilitat utilitzada i s'indica com (EE).

VII.3. Resultats i discussió

VII.3.1. Efecte de la intensitat d'aclarida en l'increment de l'àrea basal total (peus remanents i rebrots) a nivell de rodal

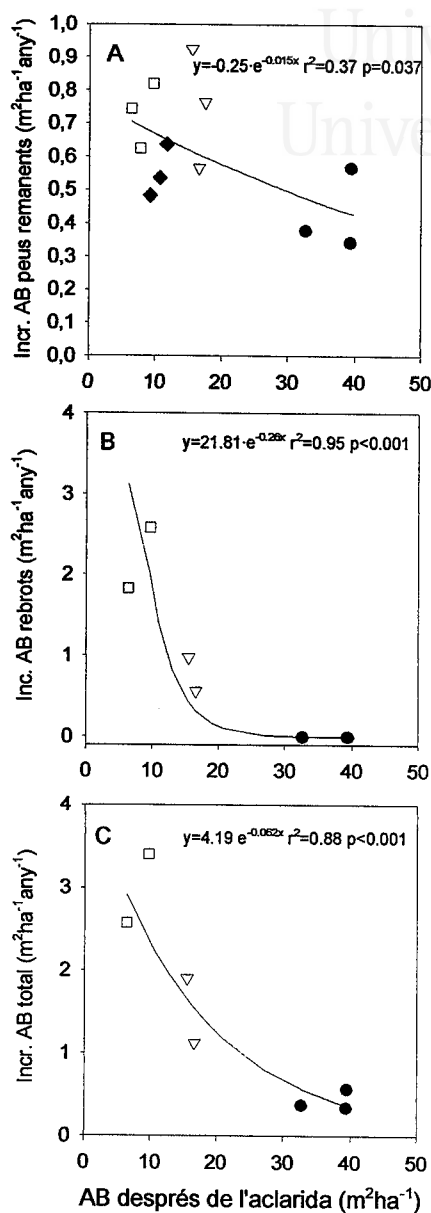
És clar que després d'una aclarida, i en general després d'una pertorbació, la relació entre la biomassa aèria i la subterrània queda descompensada respecte de l'alzinar control. Malgrat que aquest desequilibri creat en un bosc integrat per espècies rebrotadores es pot resoldre, i tornar progressivament a l'estructura de partida, existeixen molts factors (espècie, grandària de l'individu, àrea basal eliminada...) que condicionen i determinen l'estratègia de l'individu en la recuperació de la seua estructura aèria a través del creixement dels rebrots, tal i com ha quedat demostrat en aquest treball (capítol V). A més, també calia analitzar com l'estructura del rodal (àrea basal) intervé en la recuperació de l'individu a partir del creixement del peu remanent (capítol III). Lògicament la resposta a nivell d'individu acaba reflectint-se en l'estructura del rodal, i de l'estudi més detallat hem de passar inevitablement a una anàlisi d'escala superior: el rodal.

Per a l'estrat dels peus remanents, ha quedat demostrat en aquest mateix treball que l'increment absolut en diàmetre dels peus remanents ($\text{mm}\cdot\text{any}^{-1}$) es correlacionava de manera significativa amb l'àrea basal que va quedar a les parcel·les ($\text{AB}, \text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$) després de l'aplicació de les diferents intensitats d'aclarida, (capítol III). Per tant, aquest resultat revelava l'efecte negatiu de la densitat del rodal (entesa com l'àrea basal remanent, $\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$) en el creixement individual dels peus d'alzina.

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

Per tal d'analitzar de quina manera es veu afectada la recuperació de la fracció aèria del rodal, es va relacionar aquesta mateixa variable (AB remanent $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$), amb la taxa d'increment d'àrea basal a nivell del rodal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$) entre 1992-1997, considerant l'àrea basal total, la dels peus remanents i dels rebrots per separat (figura 7.1). En les tres fraccions analitzades (AB peus remanents, AB rebrots i AB total) el model exponencial negatiu va proporcionar el millor ajust, i malgrat que en els tres casos la relació va ésser significativa, el nivell de significació va mostrar clares diferències, de manera que la màxima significació va aparèixer quan es relacionava l'AB remanent amb la taxa d'increment d'AB dels rebrots. D'acord amb aquests ajustos, el fet de deixar una AB remanent entre 10 i 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ no condueix a un gran canvi en l'increment a nivell de rodal de l'AB dels peus remanents (figura 7.1, A). Però, per contra, deixar una àrea basal remanent en el rodal bé de 10 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ o bé de 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ comporta unes grans diferències en la taxa d'acumulació d'àrea basal de rebrots a nivell de rodal (figura 7.1, B). Així, l'aplicació d'una intensitat d'aclarida que deixa una AB residual de 10 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ comportara un increment d'àrea basal de peus remanents de 0.68 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$ i deixar 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ comporta un increment de 0.57 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$. Ara bé, les conseqüències sobre el creixement dels rebrots és molt diferent, ja que si es deixa una àrea basal de 10 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ la taxa d'increment d'àrea basal dels rebrots és de més de 2 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$, mentre que si es deixa una àrea basal remanent de 20 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ el valor disminueix a 0.2 $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$, això és una taxa d'increment d'àrea basal de rebrots 10 vegades menor.

Aquests resultats evidencien que, el fet de duplicar la intensitat d'aclarida no comporta un gran increment de l'àrea basal del rodal acumulada mitjançant el creixement dels peus remanents, mentre que sí comporta un gran augment de l'àrea basal que s'acumula en el rodal mitjançant el creixement dels rebrots.

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

● control ∇ a.mínima ◆ a.intermèdia □ a.màxima.

Figura 7.1 Ajust de l'evolució de l'increment absolut de l'àrea basal (AB) ($m^2 \cdot ha^{-1} \cdot any^{-1}$) entre 1992-1997 en funció de l'àrea basal remanent (AB després de l'aclarida). Les situacions analitzades han estat: A) l'increment de l'AB dels peus remanents de *Q. ilex*; B) increment de l'AB dels rebrots: *Q. ilex*, *P. latifolia*, *V. tinus* i *A. unedo*; C) l'increment de l'àrea basal total (peus remanents i rebrots).

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

D'acord amb això, l'aplicació d'una aclarida molt intensa (aclarida màxima) respecte d'altra no tant intensa (aclarida mínima) comporta que, cinc anys després, la recuperació de l'estructura aèria del rodal mitjançant el creixement dels peus remanents no siga molt gran. Per contra, el creixement dels rebrots es veu molt afavorit, tant que el fet d'aplicar una aclarida molt intensa no suposa un avantatge quan l'objectiu és dirigir l'estructura de l'alzinar cap a un port arbori.

En aquest mateix sentit, en el capítol III s'han mostrat resultats que evidencien que la intensitat d'aclarida va estimular el creixement dels peus remanents de *Quercus ilex*, i aquesta estimulació va ésser significativament major a mesura que la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar també ho va ésser. També en el capítol V s'han mostrat les diferències en el creixement dels rebrots de l'aclarida mínima i màxima, de manera que el creixement dels rebrots de l'aclarida màxima va ésser significativament superior als de la mínima. Però, a banda de la resposta a nivell individual, des de la perspectiva silvicultural i de gestió del bosc, la integració del creixement individual en un nivell superior, com és el rodal, és fonamental per tal d'avaluar les conseqüències d'una o d'altra intensitat d'aclarida en l'estructura de l'alzinar, i per tant imprescindibles per tal d'establir amb garantia criteris de gestió de l'alzinar.

L'efecte de la intensitat d'aclarida sobre l'increment absolut d'àrea basal de rebrots a nivell de rodal va mostrar la mateixa tendència que a nivell individual (rebrot). Això és, a mesura que es va aplicar una aclarida més intensa l'increment a nivell de rodal va ésser significativament major ($p < 0.001$) (taula 7.1), aquest resultat lògicament estava condicionat per: i) la densitat de rebrots i ii) el diàmetre mitjà del rebrot. D'acord amb els resultats obtinguts, la densitat no va ésser un aspecte decisiu ja que en ambdues intensitats la densitat de rebrots va ésser molt semblant: 130762 (31779) i 123090 (6983) rebrots·ha⁻¹ en l'aclarida màxima i mínima, respectivament. Per contra, el segon aspecte

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

(grandària del rebrot) va marcar el resultat a nivell de rodal, ja que en les quatre espècies considerades el diàmetre mitjà va ésser significativament major en l'aclarida màxima (capítol V).

Pel que respecta als peus remanents, la taxa d'acumulació d'àrea basal de les parcel·les control va ésser menor a la de qualsevol intensitat d'aclarida, de manera que l'elevada densitat no va compensar els baixos increments mitjans de diàmetre del tronc en aquestes parcel·les. D'altra banda malgrat el major increment mitjà del tronc en les parcel·les de l'aclarida màxima, respecte del registrat en les parcel·les de l'aclarida mínima, la major densitat en aquestes últimes va ésser decisiva en l'acumulació d'àrea basal del tronc a nivell de rodal, de manera que van arribar a mostrar una taxa d'acumulació d'àrea basal molt semblants: 0.75 (0.10) i 0.73 (0.06) ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$), per a l'aclarida mínima i màxima, respectivament, de manera que cal tenir en compte un efecte de compensació de la densitat. Tanmateix, l'increment absolut de l'àrea basal dels peus remanents a nivell de rodal va presentar una excepció, en funció de la tendència que es va obtenir en el creixement individual (peu remanent), en l'aclarida intermèdia. Això és, en aquesta intensitat d'aclarida la taxa d'increment d'àrea basal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$) es troba per sota de taxa de l'aclarida màxima, fruit d'una densitat molt semblant i d'una taxa d'increment del tronc de les parcel·les de l'aclarida intermèdia significativament inferior. Però a més, també es troba per sota del valor de l'aclarida mínima, i tan sols és lleugerament superior a la taxa d'increment d'àrea basal de l'alzinar control (taula 7.1). Sobtadament, aquesta resposta es va donar malgrat que en les parcel·les d'aquesta intensitat es van donar, de mitjana, taxes individuals absolutes i relatives d'increment del diàmetre del tronc significativament superiors a les de les parcel·les de l'aclarida mínima i control. Ara bé, això no va ésser suficient per compensar els valors més alts de densitat de peus de l'alzinar control i de l'aclarida mínima, de manera que aquest resultat evidencia

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

la necessitat d'analitzar els efectes d'una aclarida sobre l'estructura i creixement de l'alzinar a una escala de rodal.

D'altra banda també posa de manifest que, malgrat que l'àrea basal remanent en les parcel·les de l'aclarida intermèdia i màxima va ésser molt semblant, 10.5 (0.7) i 7.9 (0.9) m²·ha⁻¹, respectivament, així com la densitat 1405 (152) i 1447 (180) peus·ha⁻¹, el criteri d'eliminació triat (*i.e.*, deixar el peu més gran en l'aclarida intermèdia i el segon més gran en l'aclarida màxima), va tenir un efecte significatiu tant sobre el creixement mitjà del tronc (capítol III), com sobre la taxa de creixement mitjà del rodal (taula 7.1).

Taula 7.1 Taxa d'increment d'àrea basal a nivell de rodal (m²·ha⁻¹·any⁻¹) per al període 1992-1997 en les diferents intensitats i estrats considerats. Es tenen en compte l'aportació de totes les espècies. El valor és la mitjana (*EE*), per a n=2 i n=3, per als rebrots i els peus remanents respectivament. Lletres minúscules i majúscules diferents indiquen diferències estadísticament significatives ($p < 0.05$) entre tractaments i estrats, respectivament.

Tractament	Rebrots	Peus remanents	Total
Control	-	0.43 (0.07) ^a	0.43 (0.07) ^a
a. mínima	0.76 (0.22) ^{aA}	0.75 (0.10) ^{bA}	1.51 (0.40) ^b
a. intermèdia	-	0.55 (0.04) ^a	
a. màxima	2.17 (0.35) ^{bB}	0.73 (0.06) ^{bA}	2.95 (0.39) ^c

Si comparem amb altres estudis, les dades es troben dins dels valors esperats. Així, en les parcel·les control la taxa d'increment d'àrea basal total durant el període d'estudi (1992-1997) va ésser de 0.43 m²·ha⁻¹·any⁻¹, això comporta un 1.16%·any⁻¹. A la conca de l'Avic entre 1981 i 1986 el valor estimat va ésser de 0.2 m²·ha⁻¹·any⁻¹ (això és, un increment del 0.8%·any⁻¹), mentre que a un alzinar del Montseny per al període 1985-1995 es va obtenir 0.32 m²·ha⁻¹·any⁻¹, és a dir un 2%·any⁻¹ (Ibàñez *et al.*, 1999).

Els resultats obtinguts de la taxa d'increment de l'àrea basal total del rodal, en funció de la intensitat d'aclarida aplicada a l'alzinar, mostren molt clarament que l'aclarida genera una situació, com a mínim durant els 5 primers anys

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

després de l'aplicació, molt favorable per al creixement de l'alzinar. Així, la taxa d'increment total en els rodals de l'aclarida mínima i màxima va ésser 3.49 i 6.86 vegades més gran respectivament, que en l'alzinar control (taula 7.1). Ara bé, cal tenir en compte que en els rodals de l'aclarida mínima i màxima el creixement dels rebrots va comportar un 51 i 74 % de la taxa d'increment total d'àrea basal del rodal, respectivament.

Malgrat això, les taxes d'increment d'àrea basal del rodal per als peus remanents en les parcel·les de l'aclarida mínima i màxima són superiors a la de l'alzinar control ($p < 0.01$). En principi, aquest resultat suggereix, una vegada més, la conveniència de l'aplicació d'aclarides selectives quan l'objectiu és potenciar el creixement del rodal. Encara que, l'aplicació de l'aclarida intermèdia tan sols va provocar un lleuger avantatge respecte de l'alzinar control 0.55 i $0.43 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$, respectivament (diferències no significatives entre aquests dos tractaments), de manera que aquest resultat qüestiona l'eficàcia (cost - benefici) de l'aplicació d'aquesta intensitat d'aclarida (en cada soca es va deixar el peu de major diàmetre).

D'altra banda, la comparació de les taxes d'increment d'àrea basal dels dos estrats (peus remanents i rebrots) entre els rodals de l'aclarida mínima i màxima són molt aclaridors sobre la conveniència de l'aplicació d'una o d'altra intensitat d'aclarida quan l'objectiu és transformar un alzinar de rebrot en un alzinar madur (port arbori). Així, durant els primers 5 anys, en els rodals de l'aclarida mínima les dues taxes d'increment de l'àrea basal són pràcticament iguals 0.75 (0.10) i 0.76 (0.22) $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$ en els rebrots i els peus remanents, respectivament (diferències no significatives). Per contra, en els rodals de l'aclarida màxima la taxa d'increment de l'àrea basal dels rebrots va ésser significativament superior a la dels peus remanents ($p < 0.001$). De fet, la taxa d'increment d'àrea basal dels rebrots va ésser 3 vegades superior a la dels

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

peus remanents, 2.17 (0.35) i 0.73 (0.06) $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$, respectivament (taula 7.1).

De manera resumida, aquest resultat posa de manifest que l'aplicació de qualsevol de les dues intensitats (mínima i màxima) comporta un increment de l'àrea basal dels peus remanents pràcticament igual 0.75 (0.10) i 0.73 (0.06) $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$ que ens deixaria indiferents a l'hora de decidir la conveniència d'una o d'altra). Però per contra, l'aplicació d'una o d'altra intensitat té unes conseqüències molt diferents quan s'analitza el creixement dels rebrots, 0.76 (0.22) i 2.17 (0.35) $\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$. En els rodals de l'aclarida mínima i màxima, respectivament. D'acord amb això, l'aplicació de l'aclarida màxima (79% d'eliminació de l'àrea basal) no és la més aconsellable quan l'objectiu és dirigir un bosc amb port arbustiu cap a un port arbori. Segons Ducrey i Toth (1992), des del punt de vista de la gestió silvicultural, les conseqüències de l'aclarida es poden resumir en un efecte positiu sobre el creixement en diàmetre dels peus remanents, un efecte nul o lleugerament negatiu en el creixement en alçada i l'aparició indesitjable de brots epicòrnics al tronc i de rebrots de soca. Segons Weinstein (1986), el creixement tan elevat d'aquests rebrots pot sovint anar en contra dels objectius de la pròpia gestió, i per tant caldria eliminar-los. Ara bé, també es pot intentar controlar la seva aparició i creixement dosificant convenientment la intensitat de les operacions silvícoles. Al fil del comentari d'aquests autors, els resultats mostren un efecte positiu de la intensitat d'aclarida sobre el creixement en diàmetre ($\text{mm} \cdot \text{any}^{-1}$), de manera que els troncs dels peus remanents de l'aclarida màxima van créixer més que els de la mínima. Malgrat això, la taxa d'increment d'àrea basal dels peus remanents del rodal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$) va ésser la mateixa independentment de quina d'aquestes dues intensitats d'aclarida es va aplicar. Per contra, l'aparició i el creixement indesitjable de rebrots de soca va ésser molt més gran quan es va aplicar l'aclarida màxima, atès que tant el creixement individual de cada rebrot ($\text{mm} \cdot \text{any}^{-1}$), com la taxa d'increment de l'àrea basal del rodal ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{any}^{-1}$) va

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

ésser significativament major després de l'aplicació de l'aclarida màxima, que quan es va aplicar l'aclarida mínima.

VII.3.2. *L'estructura del rodal 5 anys després de l'aclarida: distribució de l'àrea basal entre estrats (peus remanents i rebrots) i espècies (*Q.ilex*, *A.unedo*, *V.tinus* i *P.latifolia*)*

A mitjà termini, això és 5 anys després de l'aplicació dels tractaments, els rodals en els que es va aplicar l'aclarida mínima ja tenien una àrea basal de $36.06 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, molt a prop dels $37.1 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ de l'alzinar control, i un valor considerablement superior al registrat en l'aclarida màxima ($27.51 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$). Ara bé, l'interès d'aquest resultat és relatiu si tenim en compte que en els rodals de l'aclarida mínima es va deixar una àrea basal remanent prou superior a la dels rodals de l'aclarida màxima: $16.5 (0.6)$ i $7.9 (0.9) \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivament. Sens dubte, el resultat més interessant quan es comparen les dues intensitats d'aclarida, apareix quan quina manera es va recuperar la fracció aèria, i com les possibles diferències es reflecteixen en l'estructura del bosc (taula 7.2). Així, mentre que l'aplicació de l'aclarida mínima va comportar, 5 anys després de la seua aplicació, que la l'àrea basal del rodal es concentrara majoritàriament en els peus remanents (89 %), en l'aclarida màxima els peus remanents van aportar un 60%, a l'àrea basal del rodal (taula 7.2).

Taula 7.2 Distribució de l'àrea basal del rodal entre els peus remanents (*Q.ilex*) i els rebrots (*Q.ilex*, *V.tinus*, *P.latifolia* i *A.unedo*) al desembre de 1996, en l'aclarida mínima i màxima. Es presenten les dades absolutes i en percentatge per parcel·la. Els valors corresponen a la mitjana (EE), per a n=2.

		a.màxima		a.mínima	
		($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	%	($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$)	%
Àrea Basal	Rebrots	11.03 (1.89)	39.88	3.84 (1.05)	10.49
	P.remanents	16.48 (0.68)	60.12	32.22 (1.43)	89.51

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

En relació a la capacitat de recuperació de l'estructura aèria de les diferents espècies analitzades (*Quercus ilex*, *Phillyrea latifolia*, *Viburnum tinus* i *Arbutus unedo*) en la figura 5.2 apareix representat un factor de recuperació de l'àrea basal. Aquest ha estat calculat, per a cada espècie i intensitat d'aclarida, com el quocient entre l'increment d'AB acumulada a nivell de rodal entre 1992 i 1996 ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) i l'AB extreta a nivell de rodal durant l'aplicació dels tractaments ($\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$) (1992). Els resultats obtinguts mostren que la intensitat d'aclarida va tenir un efecte significatiu sobre la capacitat de recuperació de l'àrea basal a nivell de rodal de *Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*, de manera que en l'aclarida màxima el factor de recuperació va ésser significativament major ($p=0.009$ i $p=0.038$, respectivament). De la mateixa manera, el factor de recuperació d'*Arbutus unedo* també va ésser major en les parcel·les de l'aclarida màxima, encara que les diferències no van ésser significatives ($p=0.281$). Per contra, *Quercus ilex* va mostrar un factor de recuperació major en l'aclarida mínima que en la màxima, malgrat que en aquest cas les diferències tampoc van ésser significatives ($p=0.745$).

De manera general, els valors del factor es van trobar per sota d'1 (és a dir no van recuperar els valors previs a l'aclarida), excepte la recuperació de l'àrea basal de *Viburnum tinus* en els rodals de l'aclarida màxima, 1.04 (0.38). Això, 5 anys després de l'aplicació de l'aclarida, l'àrea basal d'aquesta espècie ja era superior, tot i que lleugerament, a la que hi havia abans de l'aplicació de l'aclarida. D'acord amb aquests resultats, és destacable el ritme de recuperació de l'estructura aèria d'aquestes espècies, especialment la capacitat de rebrotar de *Viburnum tinus* en els rodals de l'aclarida màxima. Relacionat amb això, Castell (1997) va trobar en individus talats de *Arbutus unedo* que tan sols als set mesos després de la tala la biomassa foliar i la producció total era la meitat que la dels adults.

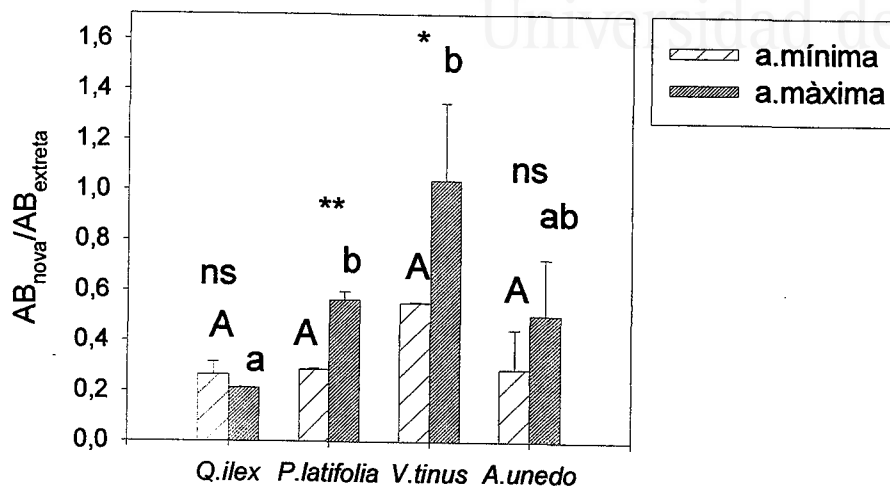
Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

Figura 7.2 Efecte de la intensitat d'aclarida en el factor de recuperació de l'àrea basal total a nivell de rodal per a *Q.ilex*, *P.latifolia*, *V.tinus* i *A.unedo* al desembre 1996. El factor és el quocient entre l'AB acumulada després de l'aplicació de l'aclarida (AB_{nova} , $m^2 \cdot ha^{-1}$) i l'AB eliminada ($AB_{extreta}$, $m^2 \cdot ha^{-1}$). Els valors són la mitjana ($\pm EE$), per a $n=2$. Els asteriscs indiquen per a cada espècie diferències significatives entre les intensitats (* $p<0.05$; ** $p<0.01$; *** $p<0.001$), ns: diferències no significatives. Lletres minúscules i majúscules diferents sobre l'aclarida màxima i mínima respectivament, indiquen per a cada intensitat diferències entre espècies, $p<0.05$).

D'altra banda, en els rodals de l'aclarida mínima, les diferències entre espècies en el factor de recuperació de l'àrea basal del rodal no van ésser significatives ($p=0.2667$). Per contra, en els rodals de l'aclarida màxima les diferències entre espècies sí van ésser significatives, ($p=0.047$). Així, dues de les espècies (*Phillyrea latifolia* i *Viburnum tinus*), van mostrar un factor de recuperació de l'àrea basal significativament superior al de *Quercus ilex* (figura 7.2).

Independentment de la intensitat d'aclarida, l'espècie que va mostrar la màxima capacitat de recuperació de l'àrea basal va ésser *Viburnum tinus*, seguida de *Phillyrea latifolia* i *Arbutus unedo*, mentre que *Quercus ilex* va

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

mostrar el factor de recuperació més baix, 0.266 i 0.211 per a l'aclarida mínima i màxima, respectivament.

Tot i el domini que encara manté *Quercus ilex* en l'estructura del rodal, aquests resultats de la capacitat de recuperació de l'estructura aèria de les diferents espècies, poden ésser un indicador de possibles canvis de la distribució d'abundància de les quatre espècies com a conseqüència de l'aplicació d'aclarides. A més, d'acord amb les diferències trobades en el patró de resposta de les espècies en funció de la intensitat d'aclarida, és possible que l'abundància de les diverses espècies fora diferent en funció de la gestió aplicada resposta diferent de les espècies en una i altra intensitat d'aclarida, podria provocar que aquestes variacions seguiren tendències diferents en funció de la gestió aplicada a l'alzinar. Això és, l'abundància relativa de l'àrea basal de *Quercus ilex* va augmentar després de l'aplicació de l'aclarida mínima, mentre que l'aplicació de l'aclarida màxima va provocar una disminució de l'abundància relativa de *Quercus ilex*, respecte de les espècies arbustives, en l'estructura de l'alzinar.

VII.4. Conclusions

L'estudi integrat del creixement dels rebrots i dels peus remanents a nivell de rodal ha estat decisiu en la valoració de les diverses intensitats d'aclarida com a eines efectives per a reconduir l'estructura dels alzinars d'elevada densitat (port arbustiu) cap a alzinars de port arbori.

Atenent a les relacions establertes entre l'àrea basal que va quedar al rodal després de l'aplicació de les diverses intensitats d'aclarida i la taxa de creixement del respectiu rodal, aquesta variable (l'àrea basal remanent del rodal) es converteix en una guia senzilla i fiable per predir quines seran les

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

conseqüències de les diverses intensitats d'aclarida sobre la dinàmica i l'estructura del bosc.

La gestió d'alzinars d'elevada densitat, com és el del Mont Poblet (Prades), mitjançant l'aplicació d'aclarides selectives resulta molt convenient per a que el bosc abandone la situació d'estancament. De fet, a mitjà termini la taxa de creixement del rodal és 4 i 7 vegades superior després de l'aplicació de l'aclarida mínima i màxima, respectivament.

Ara bé, la integració dels dos estrats (peus remanents i rebrots) en l'anàlisi del creixement del rodal revela que l'aplicació d'una aclarida molt intensa (79% d'eliminació de l'àrea basal) respecte d'una d'intensitat menor (55% d'eliminació de l'àrea basal) no condueix a mitjà termini a una millora de l'estructura del rodal, ja que la taxa d'increment d'àrea basal dels peus remanents a nivell de rodal en l'una i l'altra intensitat és la mateixa però per contra, la taxa d'increment d'àrea basal a nivell de rodal dels rebrots és tres vegades superior després de l'aplicació de l'aclarida màxima.

Per tant, l'aplicació d'una aclarida molt intensa (aclarida màxima) dirigeix al bosc cap a una estructura en la que els rebrots aporten un percentatge molt elevat de l'àrea basal i de l'índex foliar total, que no es tradueix a curt i mitjà termini, ni previsiblement a llarg termini, en una millora de l'estructura de l'alzinar. Aquest fet indica que quan l'objectiu es millorar l'estructura de l'alzinar, i per tant afavorir el creixement dels peus remanents, amb una mínima formació de rebrots, són desaconsellables tractaments d'aquest tipus, ja que d'alguna manera el que potencien és la reconstrucció de l'estructura original del bosc.

Capítol VII. Integració dels resultats a nivell de rodal

Així, l'aportació dels rebrots a l'àrea basal del rodal després d'aplicar-hi l'aclarida màxima és del 40%, mentre que quan s'aplica una aclarida mínima l'aportació dels rebrots a l'estructura del rodal es redueix a un 10%.

D'acord amb tot això, aconseguir el canvi o la projecció cap a boscos amb una estructura arbòria passa per l'aplicació de tractaments silvículturaus adients. Així, el fet d'actuar sobre el bosc no significa que millorem la seua estructura i funcionament, i al capdavall la seua conservació. Atenent als resultats obtinguts, de les tres intensitats d'aclarida, la que hem anomenat com aclarida mínima (55% d'eliminació de l'àrea basal del rodal) es mostraria com la més aconsellable quan l'objectiu és transformar el port arbustiu d'alzinars d'elevada densitat cap a una port arbori, i per tant afavorir el creixement dels peus remanents amb un desenvolupament mínim dels rebrots.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

VIII. Conclusions generals



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

VIII. Conclusions generals

VIII. Conclusions generals

VIII. Conclusions generals

1. Les taxes d'increment del diàmetre registrades en l'alzinar de Prades són especialment baixes, i posen de manifest la situació d'estancament en la que es troben els alzinars d'elevada densitat.
2. L'episodi de sequera va provocar una reducció notable de la taxa d'increment del diàmetre dels peus, amb un increment quasi nul, que evidencia la situació límit en la que es troba l'alzinar control durant aquest tipus d'events, i demostra que la disponibilitat d'aigua és un factor limitant del creixement de primer ordre en els alzinars d'elevada densitat.
3. Després d'una aclarida selectiva augmenta l'espai, la llum i la disponibilitat relativa d'aigua i nutrients per als peus remanents. Això provoca que els peus remanents mostren un increment del diàmetre fins a 8 vegades superior al dels peus de l'alzinar control, i ho són més a mesura que l'aclarida és més intensa. Així, es posa de manifest l'efecte positiu de les operacions d'aclarida en aquests tipus d'alzinars, ja que aquests abandonen la situació d'estancament en la que es troben.
4. L'àrea basal que va quedar a l'alzinar després de les diverses intensitats d'aclarida es mostra com un element controlador del creixement individual dels peus remanents. Això indica l'existència d'un efecte de la densitat del rodal i posa de manifest la conveniència d'actuacions integrals.
5. L'aclarida selectiva estimula que els peus remanents un port arbori. Ara bé, l'elevat percentatge de soques de les 4 espècies que van rebrotar després de l'aclarida, evidencia que aquesta capacitat és un mecanisme clau en el funcionament de l'alzinar, i per tant un aspecte que cal controlar quan es preten gestionar-lo.

VIII. Conclusions generals

6. La quantitat d'àrea basal de rebrots que acumula la soca després de l'aclarida és mostra dependent de la seua grandària, així com de l'àrea basal extreta a la soca en l'aclarida. A més, cal destacar que la intensitat d'aclarida (l'àrea basal eliminada al rodal) es revela com un element que determina l'àrea basal i la biomassa de rebrots que acumulen les soques.
7. Després de l'aclarida es detecta un avantatge de les espècies arbustives respecte de l'alzina en la capacitat de recuperar la seua estructura aèria, que suggereix la possibilitat d'un increment de les formacions arbustives en àrees dominades per l'alzina quan es combinen els efectes d'una aclarida i d'un episodi sever de sequera.
8. L'aportació dels rebrots a la recuperació de l'estructura aèria de les soques de *Quercus ilex* 5 anys després de l'aclarida, és del 25% en l'aclarida mínima, mentre que en les soques de l'aclarida màxima els rebrots aporten un 48% de l'àrea basal recuperada per la soca. Això es tradueix en una distribució força diferent de l'àrea basal de les soques en l'una i l'altra intensitat, així en l'aclarida mínima els rebrots aporten un 3% de l'area basal de la soca, mentre que en l'aclarida màxima els rebrots aporten un 23% de l'àrea basal total de la soca.
9. L'aclarida provoca una acceleració de la dinàmica de les capçades, que posa de manifest l'adopció d'una estratègia menys conservadora pròpia d'espècies d'ambients poc limitants. En qualsevol cas, les capçades dels peus seleccionats aprofiten les condicions favorables creades per l'aclarida per incrementar la seua àrea foliar i expandir-se, i ho fan més quant més intensa ha estat l'aclarida.

VIII. Conclusions generals

10. L'episodi de sequera provoca un canvi radical de la dinàmica de les capçades. Aquestes no tan sols aturen la seua expansió, sinó que fins i tot tendeixen a reduir-la. El fort eixut afecta de manera especial les capçades de l'alzinar control, i com a conseqüència aquestes experimenten una defoliació massiva que condueix a una reducció del 47% del seu índex foliar, entre 1994 i 1995.
11. En l'alzinar aclarit la reducció de l'índex foliar de les capçades no és superior a un 10%, de manera que l'aclarida selectiva es revela com una eina útil per tal d'evitar danys greus que puguen deteriorar de manera irreversible l'alzinar i posar en perill la seua conservació davant cicles de sequera.
12. Coincidint amb la fi de l'experiència es registra una recuperació de l'índex foliar en les capçades de l'alzinar aclarit, gràcies a que un percentatge elevat dels branquillons que estaven secs tornen a brotar. Això, demostra que si bé en situacions d'estrés hídric mantingut l'alzina es mostra vulnerable, la seua elevada resiliència garanteix la seua distribució arreu la conca mediterrània.
13. El major accés a la llum que tenen les soques de l'aclarida màxima, respecte de les de l'aclarida mínima, immediatament després de l'aclarida, però també 5 anys després d'aquesta, és determinant en l'acumulació d'àrea foliar dels nous rebrots, i per tant en l'ocupació de l'espai que ha quedat entre els peus remanents.
14. En l'aclarida màxima el gran avantatge dels rebrots, respecte de les capçades alhora d'incrementar la seua àrea foliar, tant immediatament després de l'aclarida com durant l'episodi de sequera, ha repercutit de manera decisiva en l'estructura del bosc a curt i mitjà termini, i

VIII. Conclusions generals

previsiblement també a llarg termini. Així, 5 anys després de l'aclarida els rebrots aporten el 62% de l'índex foliar dels rodals de l'aclarida màxima.

15. El fet de deixar el peu més gran (aclarida intermèdia), o el segon peu més gran (aclarida màxima) repercuteix de manera notable en la taxa d'increment de l'àrea basal del rodal dels peus remanents. Això, posa de manifest que petites diferències en el criteri d'aclarida generen notables diferències en el creixement a nivell de rodal.
16. En definitiva, i com a resum l'estudi integrat dels rebrots i dels peus remanents a nivell de soca i de rodal ha proporcionat informació útil per tal de decidir amb garanties criteris de gestió dels alzinars de rebrot d'elevada densitat. Així, l'aplicació d'una aclarida molt intensa (aclarida màxima) dirigeix al bosc cap a una dinàmica en la que els nous rebrots interfereixen molt en el desenvolupament dels peus remanents. Com a conseqüència, els rebrots aporten un percentatge molt elevat de l'àrea basal i de l'índex foliar del rodal, de manera que el que potenciem amb una intervenció tan severa és la reconstrucció de l'estructura original del bosc.
17. Per tant, quan l'objectiu és transformar el port arbustiu dels alzinars de rebrot d'elevada densitat (*monte bajo*) cap a un port de fisionomia semblant als alzinars de llavor (*monte alto*), el tractament que hem anomenat com aclarida mínima (55% d'eliminació de l'àrea basal) es mostraria com el més aconsellable, ja que afavoreix l'acumulació d'àrea basal a partir del creixement dels peus remanents, i per tant l'abandonament de la situació d'estancament, amb un desenvolupament escàs dels rebrots.



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

IX. Bibliografia



Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

IX. Bibliografia

IX. Bibliografia

IX. Bibliografia

ACKERLY D.D. i BAZZAZ F.A. (1995): Seedling crown orientation and interception of diffuse radiation in tropical forest gaps. *Ecology*, 76(4), 1134-1146.

AERTS R. (1990): Nutrient use efficiency in evergreen and deciduous species from heathlands. *Oecologia* (Berlin) 84: 391-397.

AERTS R. (1995): The advantages of being evergreen. *Trends in Ecology and Evolution* 10:402-407.

BARTET, E. (1890): Influence exercée par l'époque de l'abattage sur la production et le développement des rejets des souches dans les taillis. *Rev. Eaux Forêts* 29, 310-313.

BELLOT J. (1989): Análisis de los flujos de deposición global, trascolación, escorrentía cortical y deposición seca en el encinar mediterráneo de l'Avic (Sierra de Prades, Tarragona). Tesi Doctoral. Universitat d'Alacant.

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.

BOADA M. (1999): El bosque no es marginal. Article publicat al diari El País, 8 d'agost de 1999, pp.12.

BOSCH O. (1996): Els boscos de les muntanyes de Prades: llegir-hi la història, comprendre'n el present, intuir-en el futur. *Treb. Cent. Hist. Nat. Conca de Barberà*, 1:105-115.

BRÉDA N., COCHARD H., DREYER E. i GRANIER A. (1992): Water transfer in mature oak stands (*Quercus petraea*): seasonal evolution and effects of a severe drought. *Can. J. For. Res.*, 23: 1136-1143.

BRÉDA N., GRANIER A. i AUSSENAC G. (1995): Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.). *Tree Physiology* 15, 295-306.

IX. Bibliografia

BROKAW N. V. L. (1982): The definition of treefall gap and its effect on measures of forest dynamics. *Biotropica*, 14, 2, 158-160.

BROWN N. (1993): The implications of climate and gap microclimate for seedling growth conditions in a Bornean lowland rain forest. *Journal of Tropical Forest*, 9, 2, 153-168.

CAMPBELL G.S. i NORMAN J.M. (1989): The description and measurement of Plant Canopy Structure; en *Plant Canopies: their growth, form and fuction*. Rusell G., Marshall B. i Jarris P.G. (editors). Cambridge University Press.

CANADELL, J.(1995): Estudi sobre la Capacitat de Regeneració en espècies perennifòlies mediterrànies: ús, eficiència i pautes de distribució de nutrients en front de perturbacions experimentals. Tesi Doctoral, UAB.

CANADELL, J.; LLORET, F. I LÓPEZ-SORIA, L. (1991): Resprouting vigour of two mediterranean shrub species after experimental fire treatments. *Vegetatio* 95: 119-126.

CANHAM C. D., DENSLOW J. S., PLATT W. J., RUNKLE J. R., SPIES T. A. i WHITE P.S. (1990): Ligh regimes beneath closed canopies and tree-fall gaps in temperate and tropical forests. *Canadian Journal of Forestry Research* 20: 620-631.

CARLYLE (1995b): Nutrient management in a *Pinus radiata* plantation after thinning: the effect of nitrogen fertilizer on soil nitrogen fluxes and tree growth. *Can. Jour. For.Res.*, 25 (10): 1673-1683.

CARLYLE J.C. (1995a): Nutrient management in a *Pinus radiata* plantation after thinning: the effect of thinning and residues on nutrient distribution, mineral nitrogen fluxes, and extractable phosphorus. *Can. Jour. For.Res.*, 25 (8): 1278-1291.

CASTELL C. (1993): Ecofisiologia de dues espècies rebrotadores mediterrànies: l'arboç (*Arbutus unedo*) i l'alzina (*Quercus ilex*). Institut d'Estudis Catalans, ASC CXVIII.

CASTELL C. (1997): Ecofisiologia de dues espècies rebrotadores mediterrànies: l'arboç (*Arbutus unedo*) i l'alzina (*Quercus ilex*). Institut d'Estudis Catalans, ASC CXVII. Barcelona

IX. Bibliografia

CASTELL, C.; TERRADAS, J. I TENHUNEN, J.D. (1994): Water relations, gas exchange, and growth of resprouts and mature plant shoots of *Arbutus unedo* L and *Quercus ilex* L. *Oecologia*, 98: 201-211.

CLARK D.B. (1990): The Role of Disturbance in the Regeneration of Neotropical Moist Forest. In: BAWA K. S. and HADLEY M., eds., Reproductive ecology of tropical forest plants. MAB-Unesco, 7, 291-315.

CLEMENTE A. (1983): Componentes específico y estacional en la variación de contenidos en elementos químicos de las especies y formas biológicas del encinar mediterráneo. Tesis de Licenciatura. Universitat d'Alacant.

CLINTON B.D., BORING L.R. I SWANK W.T. (1993): Canopy gap characteristics and drought influences in oak forest of the coveeta basin. *Ecology*, 74(5): 1551-1558.

COLEY P.D. (1988): Effects of plant growth rate and leaf lifetime on the amount and type of antiherbivore defense. *Oecologia* (Berlin) 74: 531-536.

COMEAU P.G. i KIMMINS J.P. (1989): Above- and below-ground biomass and production of lodgepole pine on sites with differing soil moisture regimes. *Can. J. For. Res.*, 19: 447-454.

CONNELL J.H. (1990): Apparent versus Real Competition in Plants. In: Perspectives on Plant Competition, 9-23. Edited by James B. Grace and David Tilman. Academic Press.

CORTINA J. (1992): Efectes de les plantacions de *Pinus radiata* D. Don sobre la fertilitat del sòl. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona.

CORTINA J. i VALLEJO V.R. (1994): Effects of clearfelling on forest floor accumulation and litter decomposition in a radiata pine plantation. *For. Ecol. Manage.*, 70: 299-310.

CRIST, J.B.; MATSSON, J.A. I WINSAUER, S.A. (1983): Effect of severing method and stump height on coppice growth. In: Intensive Plantation Culture: 12 Years Research (Hansen EA, ed), US Dep. Agric. Serv. Gen. Tech. Rep. NC-91, 58-63.

CHABOT B.F. I HICKS D.J. (1982): The ecology of leaf life spans. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13: 229-259.

IX. Bibliografia

CHAPIN F.S., Bloom A.J., Field, C.B. i Waring R.H. (1987): Plant responses to multiple environmental factors. *BioScience* 37, 49-57.

CHAPIN III F.S. (1980): The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review Ecology and Systematics* 11:233-260.

DAMESIN C. i RAMBAL S. (1995): Field study of leaf photosynthetic performance by a Mediterranean deciduous oak tree (*Quercus pubescens*) during a severe summer drought, *New Phytol.* 131: 159-167.

DEL ARCO J.M., ESCUDERO A., VEGA GARRIDO M. (1991): Effects of site characteristics on nitrogen retranslocation from senescing leaves. *Ecology* 72 (2): 701-708.

DES CHESNES (1892): Une exploitation de chênes verts en Provence. *Rev. Eaux Forêts* 31: 49-59.

DIEGO V., CAPILLA C. i RODÀ F. (1996): Efecte de la diferent disponibilitat d'aigua, nitrogen i fòsfor en la caiguda de virosta en un alzinar de les muntanyes de Prades. *Treb. Cent. Hist. Nat. Conca de Barberà*, 1: 287-295.

DIEGO V., CAPILLA C. i RODÀ F. (1996): Efecte de la diferent disponibilitat d'aigua, nitrogen i fòsfor en la caiguda de virosta en un alzinar de les Muntanyes de Prades. *En Treb. Cent. Hist. Nat. Conca de Barberà*, 1: 287-295.

DJEMA, A. (1995): Cuantificación de la Biomasa y Mineralomasa subterránea de un bosque de *Quercus ilex* L. Master of Science I.A.M.Z., Zaragoza.

DUCREY M. i BOISSERIE M. (1992): Recrû naturel dans les taillis de chêne vert (*Quercus ilex* L.) à la suite d'exploitations partielles. *Ann Sci For* 49, 91-109.

DUCREY, M. (1988): Sylviculture des taillis de chêne vert. Pratiques traditionnelles et problématique des recherches récents. *Revue Forestière Française* 40(4): 302-313.

DUCREY, M. i TOTH, J. (1992): Effect of cleaning and thinning on height growth and girth increment in holm oak coppices (*Quercus ilex* L.). *Vegetatio* 99-100: 365-376.

IX. Bibliografia

DUCREY, M. I TURREL, M. (1992): Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in holm oak (*Quercus ilex* L.) coppice. Ann. Sci. For. 49: 449-464.

ENRIGHT N.J., BARTLETT R.M. i DE FREITAS C.R. (1993): Patterns of species composition, recruitment, and growth within canopy gaps in two New Zealand kauri (*Agathis australis*) forests. N. Zeal. J. Bot. 31: 361-373.

ESCARRÉ A., FERRÉS LL., LÓPEZ R., MARTÍN J., RODÀ F. i TERRADAS J. (1987): Nutrient use strategy by evergreen-oak (*Quercus ilex ssp ilex*) in EN Spain. En: Tenhunen et al. (eds). Plant Responses to stress. Functional Analysis in Mediterranean Ecosystems. Nato ASI Ser. Vol. G15. Springer-Verlag, 429-435.

ESCARRÉ A., GRACIA C., RODÀ F. I TERRADAS J. (1984): Ecología del bosque esclerófilo mediterráneo. Investigación y Ciencia 95: 68-78.

ESCUDERO A., DEL ARCO J.M., SANZ I.C. I AYALA J. (1992): Effects of leaf longevity and retranslocation efficiency on the retention time of nutrients in the leaf biomass of different woody species. Oecologia, 90: 80-87.

ESCUDERO A., GARRIDO M.V. I MATIAS M.D. (1987): Decay curves of leaf litter from evergreen and deciduous tree species. Acta Oecol. Oecol. Plant., 8 (22): 81-90.

ESPELTA, SABATÉ S. I RETANA J. (1999). Resprouting Dynamics. En Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests. F. Rodà, J. Retana, C.A. Gracia, J. Bellot (Eds.), Ecological Studies 137, Springer.

FARREL P.W. (1984): Radiata pine residue management and its implications for site productivity on sandy soils. Aust. For. 47(2): 95-102.

FELIP J. (1988): El Bosc de Poblet a través de la història. En: La Natura i l'Home a les muntanyes de Prades. Monografies III. Centre d'Estudis de la Conca de Barberà, 101-110.

FERM, A. I KAUPPI, A. (1990): Coppicing as a means for increasing hardwood biomass production. Biomass 22: 107-121.

IX. Bibliografia

FERRER M.T. (1990): Boscos i deveses a la corona catalano-aragonesa (segles XIV i XV). Anuario de Estudios Medievales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Institució Milà i Fontanals, Barcelona pp 485-540.

FERRÉS LL. (1985): Creixement radial i producció primària neta aèria a l'alzinar de La Castanya (Montseny, Barcelona). Orsis 1: 71-79.

FERRÉS LL. (1984): Biomasa, producció y mineralomasas del encinar de la Castanya (Montseny). Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.

FIFE D.N. I NAMBIAR E.K.S. (1984). Movement of nutrients in Radiata Pine needles in relation to the growth of shoots. Ann. Bot. 54: 303-314.

FLECK, I.; GRAU, D; SANJOSÉ, M. I VIDAL, D. (1996): Carbon isotope discrimination in *Quercus ilex* resprouts after fire and tree-fell. Oecologia, 105: 286-292.

FREITAS DE, C.R. i ENRIGHT N. J. (1995): Microclimatic differences between and within canopy gaps in a temperate rainforest. Int. J. Biometeorol. 38: 188-193.

GHOLZ H.L., VOGEL S.A., CROPPER W.P., McKELVEY K. i EWEL K.C. (1991): Dynamics of canopy structure and light interception in *Pinus Elliottii* stands, North Florida. Ecological Monographs, 61(1): 33-51.

GHUMAN B.S i LAL R. (1987): Effects of partial clearing on microclimate on a humid tropical forest. Agricultural and Forest Meteorology 40: 17-29.

GIVNISH T. (1979): On the adaptative significance of leaf form. In: O.T. Solbrig, S. Jain, G.B. Johnson and P.H. Raven (Editors), topics in Plant Population Biology. Columbia University Press, New York: 375-407.

GOSZ J.R., (1981): Nitrogen cycling in coniferous ecosystems. In F.E. Clark and T. Rosswall, editors. Terrestrial nitrogen cycles. Ecological Bulletins-NFR 33:405-426.

GRACIA C., BELLOT J., SABATÉ S., ALBEZA E., DJEMA A., LEÓN B., MARTÍNEZ J.M., RUIZ I. I TELLO E. (1997): Análisis de la respuesta de *Quercus ilex* L. a tratamientos de resalveo selectivo. En: La Restauración de la Cubierta Vegetal en la Comunidad Valenciana, pp:547-597. Editado por R.Vallejo

IX. Bibliografia

GRACIA C., SABATÉ S., MARTÍNEZ J.M. I ALBEZA E. (1999): Functional Responses to Thinning, En *Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests*. F. Rodà, J. Retana, C.A. Gracia, J. Bellot (Eds.), *Ecological Studies* 137, Springer.

GRACIA C.A (1991): El programa Canopy, versió 39.01/A novembre de 1991. Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona i Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, C.R.E.A.F

GRACIA, C.A.; SABATÉ, S. I LÓPEZ, B. (1998): Aplicación de la relación funcional entre la biomasa aérea y subterránea para una gestión del encinar encaminada a su conversión en monte alto. Reunión de coordinación del programa I+D Forestal, CEAM.

GRACIA, C.A *Director* (2000): *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (Regió Forestal V)*. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals CREA.F.

GRAU J. i PUIG R. (1990): *L'aprofitament del bosc a l'època moderna (la Conca de Barberà, S.XVIII)*. Episodis de la Història. Rafael Dalmau, Editor.

GREGG B.M. I DOUGHERTY P.M. (1988): Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors. *Can. J. For.Res.* 18, 851-858.

GREGORI J.J., CUCÓ J. i LLOP F. (1985): *Aproximació històrica i d'ús del bosc, temes d'etnografia valenciana; Volum-III: Bosc i muntanya, indústria tradicional, comerç i serveis*. Col·lecció Politècnica/20. Institució Alfons el Magnànim. Institució Valenciana d'Estudis i Investigacions.

HARPER J.L. (1988): Canopies as populations, en *Plant canopies: their growth, form and function*, 105-128, G.Russel, B. Marshall i P.G. Jarvis editors. Cambridge University Press, Cambridge, England.

HARPER J.L. I SELLEK C. (1987): The effects of several mineral nutrient deficiencies on the demography of leaves. *Proc. R. Soc. Lond. B* 232, 137-147.

HART, J.W. (1985): Growth of green tissues. In: *Light and plant growth, Topics in plant physiology: 1 Series*. M.Black i J. Chapman Editors pp. 118-125.

IX. Bibliografia

HERETER, A. i SÁNCHEZ, J.R. (1999): Experimental areas of Prades and Montseny. En: F.Rodà, J.Retana, C.A.Gracia i J.Bellot (Eds): Ecology of Mediterranean evergreen oak forest. Ecological Studies 137, Springer-Verlag,15-27.

HOBBS, R.J. i MOONEY, H.A. (1985): Vegetative regrowth following cutting in the shrub *Baccharis pilularis* ssp. *Consanguinea* (DC) C. B. Wolf. American Journal of Botany 72: 514-519.

IBÀÑEZ J.J., LLEDÓ M.J., SÁNCHEZ J.R. I RODÀ F. (1999): Stand Structure, Aboveground Biomass and Production. En Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forests. F. Rodà, J. Retana, C.A. Gracia, J. Bellot (Eds.), Ecological Studies 137, Springer.

JACOBS, M.R. (1955): Growth habits of the eucalyptus. Common. For. Tim. Bur., Canberra.

JAMES, S. (1984): Lignotubers and burls -their structure, function and ecological significance- in Mediterranean ecosystems. Bot. Rev. 50: 225-266.

KARLSSON S. (1992): Leaf longevity in evergreen shrubs: variation within and among European species. Oecologia 91: 346-349.

KAUPPI, A. I KIVINIITTY, M. (1988): Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh. of seed and sprout origin.Can. J. For. Res. 18: 1603-1613.

KIKUZAWA K. (1989): Ecology and evolution of phenological pattern, leaf longevity and leaf habit. Evolutionary Trends in Plants, 3:105-110.

KIKUZAWA K. (1995): The basis for variation in leaf longevity of plants. Vegetatio 121: 89-100.

KIM CH., SHARIK T.L. i JURGENSEN M.F. (1995): Canopy cover effects on soil nitrogen mineralization in northern red oak (*Quercus rubra*) rodals in northern Lower Michigan. For. Ecol. Manage: 21-28.

LAJTHA K. I WHITFORD W.G. (1989): The effect of water and nitrogen amendments on photosynthesis, leaf demography, and resource-use efficiency in *Larrea tridentata*, a desert evergreen shrub. Oecologia 80: 341-348.

IX. Bibliografia

LAMSON N.I., SMITH H.C., PERKEY A.W. I BROCK S.M. (1990): Crown release increases growth of crop trees. USDA. Forest Service Research Paper EN-635.

LANDSBERG J. (1990a): Dieback of rural eucalypts: does insect herbivory relate to dietary quality of tree foliage? Australian Journal of Ecology 15:73-87.

LANDSBERG J. (1990b): Dieback of rural eucalypts: the effect of stress on the nutritional quality of foliage. Australian Journal of Ecology 15:97-107.

LEONARDI S. I RAPP M. (1980): Biomasse et composition minerale de *Quercus ilex* L. du Monte Minardo (Etna). Archivio Botanico e Biogeografico Italiano, 56 (1-2): 70-84.

LINDER S., BENSON M.L., MEYERS B.J. I RAISON R.J. (1987): Canopy dynamics and growth of *Pinus radiata*. I. Effects of irrigation and fertilization during a drought. Canadian Journal of Forest Research 17: 1157-1165.

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.

LOWELL, K.E.; MITCHELL, R.J.; JOHNSON, P.S.; GARRETT, H.E. I COX, G.S. (1987): Predicting growth and "success" of coppice-regenerated oak stems. For. Sci. 33:740-749.

LOWMAN M.D. I HETWOLE H. (1992): Spatial and temporal variability in defoliation of Australian Eucalypts. Ecology, 73(1):129-142.

LLEDÓ M.J. (1990): Compartimentos y flujos biogeoquímicos en una cuenca de encinar del Monte Poblet. Tesis Doctoral. Universitat d'Alacant.

LLEDÓ M.J., SÁNCHEZ J.R., BELLOT J., BORONAT J., IBÁÑEZ J.J. I ESCARRÉ A. (1992): Structure, biomass and production of a resprouted holm-oak (*Quercus ilex* L.) forest in N-E Spain. Vegetatio 99/100: 51-59.

LLORET F. I SISCART D. (1995): Los efectos demográficos de la sequía en poblaciones de encina. Cuadernos de la S.E.C.F., Nº 2: 77-81.

LLORET, F. I LÓPEZ-SORIA, L. (1993): Resprouting of *Erica multiflora* after experimental fire treatments. J. Veg. Sci., 4. 367-374.

IX. Bibliografia

MARTENS S.N., USTIN S.L. I ROUSSEAU R.A. (1993): Estimation of tree canopy leaf area index by gap fraction analysis. *Forest Ecology and Management*, 61: 91-108.

MARTÍNEZ J. (1997): Conductivitat hidràulica, embolisme i resistència a la sequera en *Quercus ilex* i *Phillyrea latifolia*. Memòria del Projecte final de Carrera. Universitat Autònoma de Barcelona.

MARTÍNEZ J.M. (1999): Efectos del tratamiento de aclareo y de la sequía en la estructura, crecimiento y funcionamiento de un encinar de alta densidad. Tesi Doctoral, Universitat d'Alacant.

MARTÍNEZ J.M., ALBEZA E., SABATÉ S., BELLOT J., ESCARRÉ A. I GRACIA C. (1996): Anàlisi de la resposta de *Quercus ilex* a tractaments d'aclarida selectiva: efectes en la producció i en la recuperació foliar de la capçada. *Treballs del Centre d'Història Natural de la Conca de Barberà* 1: 97-104.

MARTÍNEZ M. (1996): El P.N.I.N. de la Vall del Monestir de Poblet, un fantasma. *Treb. Cent. Hist. Nat. Conca de Barberà*, 1: 231-239.

MARTÍNEZ, F. I MARTÍN, C. (1984): Influence de la technique d'abattage sur la régénération d'un taillis d'eucalyptus. *Annales de mécanisation forestière*. ARMEF 315-345.

MAYOR X. (1990): El paper dels nutrients com a factors limitants de la producció primària de l'alzinar de la conca del Torrent de la Mina (Montseny). Treball de mestratge, UAB.

MAYOR X. (1994): Efectes de l'augment de la disponibilitat de recursos en *Quercus ilex* L.: respostes individuals i a nivell d'ecosistema. Tesi doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.

MAYOR X. I RODÀ F. (1993): Growth response of holm oak (*Quercus ilex* L.) to commercial thinning in the Montseny mountains (NE Spain). *Ann. Sci. For* 50, 247-256.

MAYOR X., BELMONTE R., RODRIGO A. I RODÀ F. (1994) Crecimiento diametral de la encina (*Quercus ilex* L.) en un año de abundante precipitación estival: efecto de la irrigación previa i de la fertilización. *Orsis* 9:13-23.

IX. Bibliografia

MESÓN M. i MONTOYA M. (1993): *Selvicultura Mediterrànea (el cultivo del monte)*. Mundi-Prensa, Madrid.

MONTOYA R. i LÓPEZ ARIAS M. (1997): *La red de seguimiento de daños en los bosques (nivel I) España, 1987-1996*, O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

MOONEY H.A., HARRISON A.T. i MORROW P.A. (1975): *Environmental limitations of photosynthesis on a california evergreen shrub*. *Oecologia*, 19: 293-301.

MOONEY H.R. (1983): *Carbon-gaining capacity and allocation pattern of mediterranean-climate plants*. En Kruger F.J., Mitchell D.T. i Jarvis J.U.M. editors. *Mediterranean-type Ecosystems: the role of nutrients*: 103-119. Springer-Verlag, Berlin.

NIINEMETS Ü i KULL K. (1994): *Leaf weight per area and leaf size of 85 Estonian woody species in relation to shade tolerance and light availability*. *Forest Ecology and Management*, 70: 1-10.

NOWACKI G.J. i ABRAMS M.D. (1997): *Radial-growth averaging criteria for reconstructing disturbances histories from presettlement-origin oaks*. *Ecological Monographs*, 67 (2), 225-249.

OLDEMAN R.A.A. (1989): *Dynamics in tropical forests*. En: Holm-Nielsen L.B., Nielsen I.L. and Balsev H. (eds), *Tropical Forests: Botanical Dynamics, Speciation and Diversity*, Academic Press, London, 380 p., 3-21.

ONILLON B., DURAND J.L., GASTAL F. i TOURNEBIZE R. (1995): *Drought effects on growth and carbon partitioning in a tall fescue sward grown at different rates of nitrogen fertilization*. *Eur. J. Agron.*, 4(1): 91-99.

PANAÏOTIS, C.; LOISEL, R. i PARADIS, G. (1995): *Dating natural gaps in the oak forest (*Quercus ilex* L.) in Fango MAB Reserve (Corsica) by reading rings of maquis components*. *Ann. Sci. For.* 52, 477-487

PETO R. i PETO J. (1972): *Asymptotically efficient rank invariant procedures*. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A* 135:185-207.

IX. Bibliografia

PETO R. I PYKE M.C. (1973): Consequence of the approximation $\sum(C-E)^2/E$ in the logrank test for survival data or tumor incidence data. *Biometrics* 29: 579-584.

PIÑOL J. (1990): Hidrologia i Biogeoquímica de conques forestades de les muntanyes de Prades. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.

PIÑOL J., ALCAÑIZ J.M. i RODÀ F. (1995): Carbon dioxide efflux and pCO_2 in soils of three *Quercus ilex* montane forests. *Biogeochemistry*, 30:191-215.

PLATT W.J. i STRONG D.R. (1989): Spatial Feature, Gaps in Forest Ecology. *Ecology*, 70, 3, 535-576.

POMPA J., BONGERS F., MARTÍNEZ RAMOS i VENEKLAAS E. (1988): Pioneer species distribution in treefall gaps in Neotropical rain forest; a gap definition and its consequences. *Journal of Tropical Ecology*, 4, 77-88.

POULSON T.L. i PLATT W.J. (1989): Gap light regimes influence canopy tree diversity. *Ecology* 70: 553-555.

PYKE D.A. I THOMPSON J.N. (1986): Statistical analysis of survival and removal rate experiments. *Ecology*, 67 (1):240-245.

RAPP M., DE DERFOUFI F. I BLANCHARD A. (1992): Productivity and nutrient uptake in a holm oak (*Quercus ilex* L.) stand during regeneration after clearcut. *Vegetatio* 99-100: 263-272.

REED D.D., PREGITZER K.S., LIECHTY H.O., BURTON J. I MROZ G.D. (1994): Productivity and growth efficiency in sugar maple forests. *Forest Ecology and Management* 70: 319-327.

REGIMBEAU, M. (1879): Chêne yeuse ou chêne vert dans le Gard. Nîmes, Imp. Jouve. 164 p.

REICH P.B. I BORCHERT R. (1984): Water stress and tree phenology and in a tropical dry forest in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, 72: 61-74.

REICH P.B., WALTERS M.B. I ELLSWORTH D.S. (1992): Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs*, 62(3):365-392.

IX. Bibliografia

RETANA J., ESPELTA J.M., GRACIA M. i RIBA M. (1999): Seedling recruitment. En: F.Rodà, J.Retana, C.A.Gracia i J.Bellot (Eds): Ecology of Mediterranean evergreen oak forest. Ecological Studies 137, Springer-Verlag, 89-101.

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.

RIBA M. (1991): Estudi de la regeneració per rebrotada en poblacions d'*Erica arborea* sotmeses a tallades. Tesi Doctoral Universitat Autònoma de Barcelona.

RIEDACKER, A. (1973): Influence du traitement en taillis sur la croissance et la morphogénèse aériennes et souterraines d'*Eucalyptus camaldulensis* Kehn au Maroc. Thèse Université de Clermont-Ferrand. 122 p.

RIÉRA B. (1982): Observations sur les chablis. Piste de St. Elie, Guyane. Ullletin de liaison du groupe de travail sur l'écosystème forestier guyanais. ORSTOM, Cayenne, 6, 165-183.

ROSEN K. i LUNDEMARK-THELIN A. (1987): Increased nitrogen leaching under piles of slash. A consequence of modern harvesting techniques. Scand. J. For. Res. 2(1): 21-29.

ROSS, M.S.; SHARIK, T.L. I SMITH, D.W. (1986): Oak regeneration after clear felling in Southeast Virginia. For. Sci. 32:413-417.

RUNKLE J. R. (1981): Gap regeneration in some old-growth forests of the eastern United States. Ecology, 62, 4, 1041-1051.

SABATÉ S. (1993): Estructura i contingut de nutrients a les capçades de *Quercus ilex* L. del bosc de les muntanyes de Prades: influència de les condicions naturals de creixement i efecte de manipulacions experimentals. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.

SABATÉ S. I GRACIA C.A. (1994): Canopy nutrient content of a *Quercus ilex* L. forest: fertilization and irrigation effects. For. Ecol. Manage., 68: 31-37.

SALA A., SABATÉ S. I GRACIA C.A. (1987): Structure and organization of *Quercus coccifera* garrigue after fire. Ecologia Mediterranea 13 (4): 99-110.

IX. Bibliografia

SALA A. (1992): Water relations, canopy structure, and canopy gas exchange in a *Quercus ilex* forest: variation in time and space. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.

SALA A., SABATÉ S., GRACIA C.A. I TENHUNEN J.D. (1994): Canopy structure within a *Quercus ilex* forested watershed: variations due to location, phenological development, and water availability. *Trees*, 8: 254-261.

SARDANS J. (1993): Efecte de la disponibilitat d'aigua, de nutrients i de la presència de veïns sobre el creixement i la morfometria foliar de les espècies llenyoses dominants en una comunitat post-incendi. Treball de mestratge, UAB.

SCHMID B. I BAZZAZ F.A. (1994): Crown construction, leaf dynamics, and carbon gain in two perennials with contrasting architecture. *Ecological Monographs*, 64(2): 177-203.

SERRASOLSAS I. (1994): Fertilitat de sòls forestals afectats pel foc. Dinàmica del nitrogen i del fòsfor. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.

SHERMAN, R.J. i WARREN, R.K. (1988): Factors in *Pinus ponderosa* and *Calocedrus decurrens* mortality in Yosenite Valley, U.S.A. *Vegetatio* 77: 79-85.

SIPE T. W. i BAZZAZ F.A. (1995): Gap partitioning among maples (*Acer*) in central New England: survival and growth. *Ecology*, 76(5), 1587-1602.

SMITH W.K., KNAPP A. K. i REINERS W. A. (1989): Penumbra effects on sunlight penetration in plant communities. *Ecology* 70:1603-1609.

SOIL SURVEY STAFF (1992): Keys to Soil Taxonomy. Fifth Edition. SMSS Technical Monograph n 19. Pocahontas Press. Inc. Blacksburg. Virginia.

SON Y. I GOWER S.T. (1991): Aboveground nitrogen and phosphorus use by five plantation-grown trees with different leaf longevities. *Biogeochemistry*, 14: 167-191.

SORIANO J. (1996): Aprovechamientos históricos y situación actual del bosque en Els Ports (Castelló). Premio Bancaixa Estudios sobre el Agroentorno 1995: Recursos naturales. Fundació Bancaixa.

IX. Bibliografia

STATISTICAL GRAPHICS CORP. (1996): Statgraphs Plus for Windows 2.1. Statistical Graphics Corp.

TERRADAS J. (1999): Holm Oak and Holm Oak Forests: An Introduction. En: F.Rodà, J.Retana, C.A.Gracia i J.Bellot (Eds): Ecology of Mediterranean evergreen oak forest. Ecological Studies 137, Springer-Verlag, 3-14.

TOLVAVEN, A., LAINE, K., PUKONEN, T., SAARI, E. I HAVAS, P. (1994): Responses to harvesting intensity in a clonal dwarf shrub, the bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.). Vegetatio 110, 163-169.

TRABAUD L. I DE CHANTERAC B. (1985): The influence of fire on the phenological behaviour of mediterranean plant species in Bas-Languedoc (southern France). Vegetatio, 60: 229-243.

TRABAUD T. I METHY M. (1992): Effects de temperatures sub-letales sur l'appareil photosynthetique du chêne vert (*Quercus ilex*). Ann Sci For, 49:637-649.

TSIOUVARAS C.N. (1988): Long-term effects of clipping on production and vigor of kermes oak (*Quercus coccifera*) Forest Ecology and Management, 24: 159-166.

TSIOUVARAS, C.N.; NOÏTSAKIS, B. I PAPANASTASIS, V.P. (1986): Clipping intensity improves growth rate of kermes oak twigs. For. Ecol. Manage., 15: 229-237.

TURNBULL, M.H. (1991): The effect of light quantity and quality during development on the photosynthetic characteristics of six Australian rainforest tree species. Oecologia, 87: 110-117.

VALINGER E. (1993): Effects of thinning and nitrogen fertilization on growth of Scot pine trees: total annual biomass increment, needle efficiency, and aboveground allocation of biomass increment. Can. J. For. Res., 23: 1639-1644.

VAN DER MEER P.J., BONGERS F., CHATROU L. I RIÉRA, B. (1994): Defining canopy gaps in a tropical rain forest: effects on gap size and turnover time. Acta Oecologica, 15 (6), 701-714.

VILÀ, M. I TERRADAS, J. (1995): Competition and disturbance on the resprouting performance of the Mediterranean shrub *Erica multiflora* L. (Ericaceae). American Journal of Botany, 82(10): 1241-1248.

IX. Bibliografia

VOSE J.M. i ALLEN H.L. (1991): Quantity and timing of needlefall in N and P fertilized loblolly pine stands. *For. Ecol. Manage.*, 41: 205-219.

VOSE J.M. i SWANK W.T. (1994): Effects of long-term drought on the hydrology and growth of a white pine plantation in the southern Appalachians. *Forest Ecology and Management* 64: 25-39.

WAINER (1931): Noté sur l'expérimentation forestière au Maroc. *CR Trav. Cong. Int. Du Bois et de la Sylviculture*. Paris 1931, T II, 413-455.

WATT A.S. (1947): Pattern and process in the plant community, *Journal of Ecology*, 35, 1-22.

WEINER, J. (1990): Asymmetric competition in plant populations. *Trends in Ecology and Evolution* 5: 360-364.

WEINSTEIN A. (1986): The influence of silvicultural treatments on tree response and on the live ground cover in an east mediterranean oak scrub community. *For. Mediterr.* VIII, 127-132.

WELLS C.G., NICHOLAS A.K. I BOUL S.W. (1975): Some effects of fertilization on mineral cycling in loblolly pine. In: F.G. Howell, J.B. Gentry and M.B. Smith (Editors), *Mineral Cycling in Shoutheastern Ecosystems*. US ERDA, Washington, DC. Pp 754-764.

WENGER, K.F. (1953): The resprouting of sweetgum in relation to season of cutting and carbohydrate content. *Plant Physiol.* 28: 35-49.

WHITMORE T. C., BROWN N., SWAINE M. D., KENNEDY D., GOODWIN-BAILEY, C. I. i GONG W. K. (1993): Use of hemispherical photographs in forest ecology: measurement of gap size and radiation totals in a Bornean tropical rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 9, 131-151.

WILSON, B.F. (1995): Shrub stems: Form and Fuction, In: *Plant Stems, physiology and functional*. Academic Press, Inc pp. 91-102.

WILLIAMS, R.A. I McCLENAHEN, J.R. (1984): Biomass prediction equations for seedlings, sprouts, and saplings of ten central hardwood species. *Forest Sci.* 30: 523-527.

IX. Bibliografia

WOODS, D.B. I TURNER, N.C. (1971): Stomatal response to changing light by four tree species of varying shade tolerance. *Rev. Phytol.*, 70: 77-84.

YAMAMOTO S. (1995): Gap characteristics and gap regeneration in subalpine old-growth coniferous forests, central Japan. *Ecological Research*, 10, 31-39.

YIN X., PERRY J.A. i DIXON R.K. (1989): Influence of canopy removal on oak forest decomposition. *Can. J. For. Res.*, 19: 204-214.

UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Comisión de Doctorado

Reunido el Tribunal que suscribe en el día de la fecha acordó otorgar, por ~~unanimidad~~ a la Tesis Doctoral de Don/Dña

EVA ALBEZA i BAUS la calificación:
"sobralicente cum laude"

Alicante 22 de Mayo de 2000

El Secretario,

El Presidente,

UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Comisión de Doctorado

Reunido el Tribunal que suscribe en el día de la fecha acordó otorgar, por NULO a la Tesis Doctoral de Don/D

..... la calificación

Alicante de de

El Secretario,

El Presidente,

UNIVERSIDAD DE ALICANTE
Comisión de Doctorado

La presente Tesis de D.^a Eva Albeza Baus ha sido registrada al Folio

el n.º 27-178 del registro de entrada correspondiente.

Alicante 28 de Mayo de 2000

El Encargado del Registro,