

ESTRUCTURA I CREIXEMENT D'ALGUNES PINEDES EN DIFERENTS SITUACIONS TOPOGRÀFIQUES

J. GARCIA-PAUSAS¹ & J. FONS-ESTEVE¹

ABSTRACT

Structure and growth in some topographically differentiated pine forests in Catalonia.

Biomass, production, stem growth and stand structure were studied at two contrasted topographic positions. The study was carried out in natural *Pinus halepensis* and *Pinus sylvestris* forests in Catalonia (NE Spain). The *Pinus halepensis* plots were located on a mountain top (Ph1) and on lower N slope (Ph2) in Pre-litoral mountains. The *Pinus sylvestris* plots were located on a middle S slope (Ps1) and N middle slope (Ps2) in wetter Pyrenean mountains.

The biomass and production of Ph2 (59.4 Mg ha⁻¹ and 5.26 Mg ha⁻¹ yr⁻¹) were greater than those of Ph1 (47.4 Mg ha⁻¹ and 2.48 Mg ha⁻¹ yr⁻¹). Mature *Pinus sylvestris* plots showed the same trend: 253 Mg ha⁻¹ of biomass and 5.09 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ of production in Ps2, in contrast with 143 Mg ha⁻¹ and 2.92 Mg ha⁻¹ yr⁻¹ in Ps1. These results suggested the importance of topography related to water availability. It has been reflected in structural parameters. Leaf area index was greater on the plots located on N slope. The index of sclerophylly was greater on mountain top and S slope, where the water availability was expected to be lower.

Stem growth differences between plots indicate better conditions on N slopes.

However, differences between the two pine species were consistent with drier conditions of *Pinus halepensis* forests.

Key words: Biomass, growth, pine forest, *Pinus halepensis*, *Pinus sylvestris*, production, stand structure, topography.

1. Introducció

Les condicions ambientals influeixen en gran manera en l'estructura i el creixement de les plantes i les comunitats vegetals (CARTER & KLINKA, 1990). L'estudi de la relació de les condicions ambientals amb la vegetació és particularment interessant en el cas dels boscos, atès el seu interès tant

1. Departament de Biologia Vegetal. Facultat de Biologia. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona.

paisatgístic com fustaner. Dins una àrea de condicions climàtiques globalment homogènies, els paràmetres que influeixen més tant en les plantes com en les comunitats són la disponibilitat hídrica i de nutrients del sòl (KABZEMS & KLINKA, 1987). La topografia (part del vessant, inclinació, exposició, etc.) està estretament relacionada sobretot amb el primer d'aquests paràmetres.

El present treball se centra en pinedes naturals de pi blanc (*Pinus halepensis* Mill.) i de pi roig (*Pinus sylvestris* L.) en dues situacions topogràfiques contrastades (solana i obaga). Aquestes situacions es consideren representatives de disponibilitats hídriques potencials ben diferents. Es pretén comparar l'estructura, la producció i el creixement del bosc en aquestes dues situacions.

2. Zones d'estudi

Les dues parcel·les de pi blanc (Ph1 i Ph2, taula 1) estan localitzades en el Massís de Gaià (Serralada Prelitoral) sobre substrat calcari. Ph1 es troba en posició culminal i presenta un estrat arbustiu important (*Quercus coccifera*, *Juniperus oxycedrus*, *Genista scorpius*, etc.). Ph2 està situada a la part baixa del vessant N. Presenta un segon estrat arbore (recobriment, 10%) format per alzines i roures. Possiblement provingui d'un antic conreu, ja que tot el vessant està abançat.

Les parcel·les de pi roig (Ps1 i Ps2) estan situades a la Collada de Toses, prop de Planoles (Ripollès). Ps1 es troba en el vessant sud i Ps2 enfront, al vessant nord. En cap dels dos casos s'observen indicis de tals recents.

Taula 1 — Situació i característiques de les parcel·les estudiades. Ph1 i Ph2 corresponen a les dues parcel·les de *Pinus halepensis* i Ps1 i Ps2 a les dues de *Pinus sylvestris*. La profunditat del sòl és significativament diferent ($p < 0.01$) entre Ph1 i Ph2, i també entre Ps1 i Ps2.

Stand characteristics of Pinus halepensis plots (Ps1 and Ps2) and Pinus sylvestris plots (Ph1 and Ph2). Differences in soil depth between Ph1 and Ph2, and between Ps1 and Ps2, are significant at the 0.01 level.

	Ph1	Ph2	Ps1	Ps2
Localitat	Montagut	Sta. M. de Miralles	Collada de Toses	Collada de Toses
Comarca	Alt Camp	Anoia	Ripollès	Ripollès
Altitud (m)	840	570	1540	1380
Exposició	-	NW	SSE	N
Inclinació (°)	0	20	32	28
Posició topogràfica	culminal	part baixa vessant	mig vessant	mig vessant
Profunditat del sòl	25	75	68	98
Substrat	calcàries	calcàries	esquists	esquists

3. Metodologia

3.1. Mostreig

La unitat de treball ha estat la parcel·la de 25×25 m², considerant-la representativa de cada bosc determinat. Per a la seva elecció s'ha seguit el criteri de màxima homogeneïtat quant a substrat litològic, pendent i vegetació.

Les 4 parcel·les s'han mostregat durant el mes de maig de 1990 i, en cadascuna d'elles, s'hi han descrit les característiques fisiogràfiques (taula 1). S'ha comptat el nombre d'arbres i s'ha mesurat el seu DN (diàmetre normal, a 1.30 m). Per a cada classe diamètrica (classes de 5 cm) s'ha escollit un arbre tipus del qual s'ha obtingut: alçada, gruix de l'escorça, nombre de branques (assignant-les a classes diamètriques de 2 en 2 cm) i se n'ha extret un testimoni a l'alçada del DN mitjançant una barrina de Pressler. S'ha escollit un arbre representatiu de la classe dominant, del qual s'han agafat 3-4 branques (1 per cada classe diamètrica definida) de la meitat superior de la capçada per obtenir la relació diàmetre branca-pes de fulles. A la parcel·la Ps2 s'ha tallat un arbre de la classe dominant per obtenir el coeficient de forma, la relació diàmetre de branca-pes de branca i la densitat de fusta i escorça.

3.2. Tractament de les mostres i càlculs

Les branques mostrejades s'han pesat al camp, obtenint el pes fresc total. Les fulles s'han separat d'acord amb les següents fraccions: brots de l'any, fulles d'1 any (brotades a la primavera anterior), fulles de 2 anys, fulles de tres anys i fulles de 4 anys. Cada fracció s'ha pesat i assecat a 60° C durant una setmana (temps necessari perquè s'estabilitzi el pes) i s'ha obtingut la relació pes sec-pes fresc. Paral·lelament s'ha obtingut la relació pes sec-pes fresc de les branques. L'estimació de la biomassa dels arbres s'ha obtingut amb l'anàlisi dimensional (WHITTAKER & WOODWELL, 1968; WHITTAKER & MARKS, 1975). Les relacions al·lomètriques utilitzades s'observen a la taula 2. Per a l'estimació de la biomassa de fusta en el pi roig s'ha utilitzat el coeficient de forma obtingut en l'arbre tallat (0.497). En el pi blanc s'ha utilitzat el valor de 1/3 (con). El coeficient de forma varia amb el DN i amb les condicions ambientals, però atesa la finalitat del present estudi s'han considerat suficients les aproximacions realitzades.

S'ha utilitzat el test de coincidències per comparar les rectes de regressió de l'anàlisi dimensional.

De 6 branques mostrejades a cada parcel·la, s'ha pres una submostra de 30 fulles de cada edat. S'ha pesat i s'ha mesurat la superfície d'una cara per a cada fulla per obtenir la relació pes-superfície i posteriorment, el LAI (índex d'àrea foliar).

Taula 2 — Relacions al·lomètriques ($Y = aX^b$) obtingudes en les parcel·les estudiades. En tots els casos la variable independent és el DN (en cm), i n és el nombre d'arbres mostrejats. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

*Allometric relationships ($Y = aX^b$) for the studied plots. The independent variable is DN (diameter at 1.30 m) in all cases, and n is the number of samples. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.*

Y	a	b	r	n
Ph1				
alçada (m)	2.97	0.33	0.990**	5
gruix escorça (cm)	0.14	0.89	0.940**	6
biomassa fulles (g)	9.52	2.34	0.909*	6
biomassa branques (Kg)	0.24	1.85	0.903*	5
biomassa fusta (Kg)	0.037	2.30	0.999**	6
producció fusta (Kg arbre ⁻¹ any ⁻¹)	0.014	1.30	0.788	6
Ph2				
alçada (m)	4.40	0.31	0.970*	4
gruix escorça (cm)	0.11	0.98	0.970**	6
biomassa fulles (g)	215.52	1.20	0.931**	6
biomassa branques (Kg)	2.48	1.17	0.929**	6
biomassa fusta (Kg)	0.10	2.06	0.991**	6
producció fusta (Kg arbre ⁻¹ any ⁻¹)	0.033	1.31	0.991**	6
Ps1				
alçada (m)	0.19	1.30	0.959**	6
gruix escorça (cm)	0.089	0.98	0.946**	6
biomassa fulles (g)	17.57	1.67	0.968**	6
biomassa branques (Kg)	0.30	1.72	0.961**	6
biomassa fusta (Kg)	3.03 10 ⁻³	3.30	0.991**	6
producció fusta (Kg arbre ⁻¹ any ⁻¹)	2.70 10 ⁻³	2.07	0.817*	6
Ps2				
alçada (m)	3.60	0.46	0.894*	6
gruix escorça (cm)	0.023	1.37	0.909*	6
biomassa fulles (g)	5.02	2.05	0.973**	6
biomassa branques (Kg)	5.99 10 ⁻³	2.60	0.980**	6
biomassa fusta (Kg)	8.55 10 ⁻²	2.36	0.999**	6
producció fusta (Kg arbre ⁻¹ any ⁻¹)	8.10	0.72	0.913*	6

Dels testimonis extrets s'han mesurat els increments anuals i la part corresponent a albèca i duramen quan ha estat possible. Amb aquestes dades s'ha calculat l'increment de creixement (producció de fusta) en els 10 últims anys. Les corbes de creixement s'han obtingut de la mitjana dels arbres mostrejats a cada parcel·la i s'han ajustat a la funció de Richard amb el programa GROWTH realitzat pel Dr. C. GRACIA.

4. Resultats i discussió

4.1. Estructura i producció del bosc

En les parcel·les de pi blanc s'observen valors més alts de densitat, àrea basal, DN i alçada en l'obaga (taula 3). Aquests resultats cal considerar-los conjuntament per a una interpretació correcta.

Les diferències quant a estructura queden reflectides en la distribució de freqüències de classes diamètriques (figures 1 i 2). La parcel·la Ph1 té una distribució lognormal, característica de poblacions joves. La classe inferior (0-5 cm) és relativament poc important en biomassa i només suposa 0.24 m² ha⁻¹ de l'àrea basal, però té interès donat que correspon a la classe regeneradora. L'estructura de la parcel·la Ph2 correspon a una massa més jove que Ph1, a la vegada que les classes inferiors (DN més petit) tenen molt més pes, essent la primera classe la que té un nombre d'individus més gran. Tot i així, les diferències entre Ph1 i Ph2 es mantenen tant si es considera la primera classe diamètrica com si no. Això pot interpretar-se en termes referents a les característiques de cada lloc. En efecte, si es consideren dues poblacions d'edat semblant, Ph1 té una àrea basal més baixa, un LAI inferior i menys biomassa, la qual cosa es pot relacionar amb la presència d'un sotabosc xeròfil important. A més, aquest tipus de vegetació és un bon indicador de condicions limitants quant a disponibilitat hídrica. D'altra banda a Ph2 la densitat és més elevada i el LAI també. L'alta freqüència de la primera classe podria explicar-se per l'existència d'alguna clariana formada en el bosc ja que els arbres d'aquesta classe es troben agrupats. Cal afegir-hi la poca densitat d'arbusts i la presència d'algun roure i alzina que indiquen condicions de més humitat. Aquestes diferències queden igualment reflectides en la relació DN-biomassa de fusta (figura 3). Per un mateix DN, la biomassa a Ph2 és significativament superior ($p < 0.01$), degut principalment a una alçada superior.

La distribució de biomassa és similar en les dues parcel·les de pi blanc (taula 3). Pel que respecta a la biomassa foliar, tot i ser similar o lleugerament superior a Ph1, el LAI és superior a Ph2. Això s'explica pel pes específic de les fulles (apartat següent), superior a Ph1. Pel que fa a la producció es distribueix de forma paral·lela a la biomassa. A Ph2 es donen sempre produccions més elevades que a Ph1. A més, per un mateix DN, la producció de fusta és sempre més gran a Ph2. Tot i així, les dues parcel·les corresponen a les classes menys productives definides per *ABBAS et al.* (1985) al sud de França, si es considera l'alçada dels arbres dominants com a indicadora de la productivitat.

A les parcel·les de pi roig s'observa la mateixa tendència entre l'obaga i la solana, si bé les diferències cal atribuir-les tant a diferències en l'edat com en les condicions del medi (taula 3). En tots dos casos els DN segueixen

Taula 3 — Característiques de l'estructura, biomassa i producció de les parcel·les estudiades. AB = àrea basal; DN = diàmetre a l'alçada d'1.30 m; l'edat correspon al representant de la classe diamètrica superior.

Stand structure, biomass and production of studied plots. AB = basal area; DN = diameter at 1.30 m. The age is referred to the upper size class.

	Ph1	Ph2	Ps1	Ps2
Espècie	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Pinus sylvestris</i>
Edat (any)	58	63	57	103
Densitat (peus ha ⁻¹)				
total	1312	2976	665	864
DN > 5cm	1024	1344	592	864
AB (m ² ha ⁻¹)				
total	17.70	19.25	31.60	53.22
D > 5cm	17.46	18.16	31.54	53.22
Morts (peus ha ⁻¹)	16	0	64	192
DN (cm)	17.07	19.35	23.96	24.81
Alçada (m)	5.56-8.91	8.65-12.94	2.47-14.64	11.2-17.0
LAI	1.44	1.61	0.90	1.74
Biomassa (Mg ha ⁻¹)				
fusta de tronc	20.16	26.56	95.81	181.80
branques (sense fulles)	17.52	21.82	25.58	31.89
fulles	5.32	5.06	2.27	4.10
escorça	4.41	5.99	19.19	35.29
total	47.41	59.53	142.85	253.08
Producció (Mg ha ⁻¹ any ⁻¹)				
fusta de tronc	0.55	1.11	1.46	2.22
branques (sense fulles)	0.68	1.02	0.31	0.65
fulles	1.12	2.90	0.71	1.49
escorça	0.13	0.23	0.44	0.73
total	2.48	5.26	2.92	5.09

una distribució bimodal (figura 2). A la parcel·la Ps1 s'hi troba una població més jove que té un elevat nombre d'individus morts, la qual cosa pot reflectir l'existència d'un límit al creixement del bosc (dificultat dels nous individus per prosperar). Ps2 presenta una distribució bimodal amb mortalitat tant a les classes més grans com a les petites. Aquesta bimodalitat ve donada per alguna antiga tallada selectiva, pràctica normal a la zona. El tipus de distribució i l'absència de representants vius, tant a la classe inferior com a la superior, indicaria que es tracta d'un bosc bastant madur. Si bé l'àrea basal, densitat i alçada són molt superiors a Ps2, el DN mitjà és similar. Això indicaria una major potencialitat a Ps2. La major densitat de Ps2 no ha permès un major creixement en diàmetre però si en alçada, combinant-se els efectes de la competència per la llum i disponibilitat d'aigua. Això queda reflectit en una biomassa de fusta significativament superior ($p < 0.01$) a Ps2 per arbres d'un mateix DN (figura 4).

La distribució de la biomassa és similar en les dues parcel·les de pi roig, però cal notar que a Ps2 s'accentua la diferència entre fusta i resta de biomassa. Això es pot explicar tant per l'edat (amb l'edat augmenta la biomassa estructural respecte a la total) com per la competència per la llum.

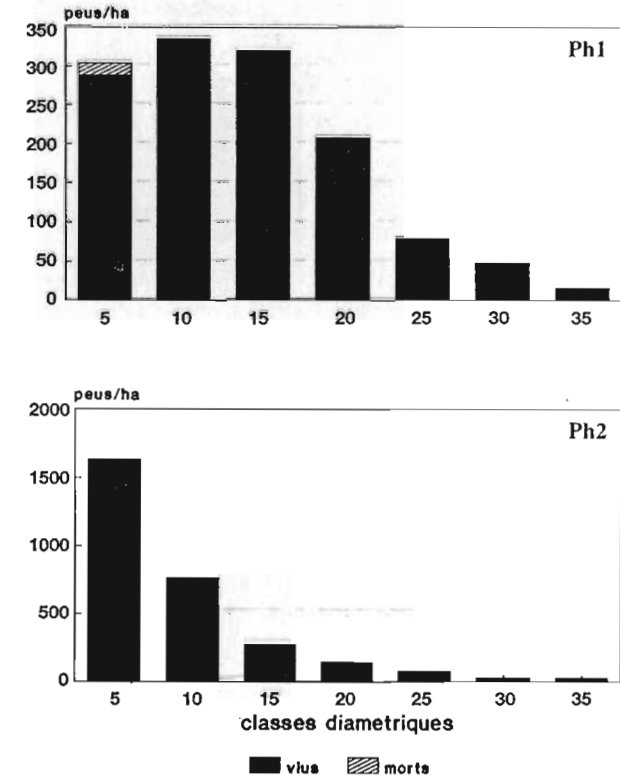


Figura 1. Distribució de les classes diamètriques de 5 cm en les parcel·les de *Pinus halepensis* (Ph1 i Ph2). En abscisses s'indica el límit superior de cada classe diamètrica. Diametric class distributions of *Pinus halepensis* plots (Ph1 and Ph2) by 5 cm size class.

La biomassa foliar i el LAI es poden considerar baixos en les dues parcel·les. PUIGDEFABREGAS & ALVERA (1977) obtenen dades similars pel que fa a la biomassa de fusta i branques en pinedes de pi roig de 80 anys, però la biomassa foliar és superior. A més, consideren que els valors més freqüents oscil·len entre 4 i 14 Mg ha⁻¹. D'altra banda la biomassa foliar obtinguda en l'arbre tallat és sensiblement superior a la calculada a partir del nombre de branques i la relació al·lomètrica diàmetre de branca-pes de fulles en arbres del mateix DN. Això es pot explicar per la dificultat en el comptatge

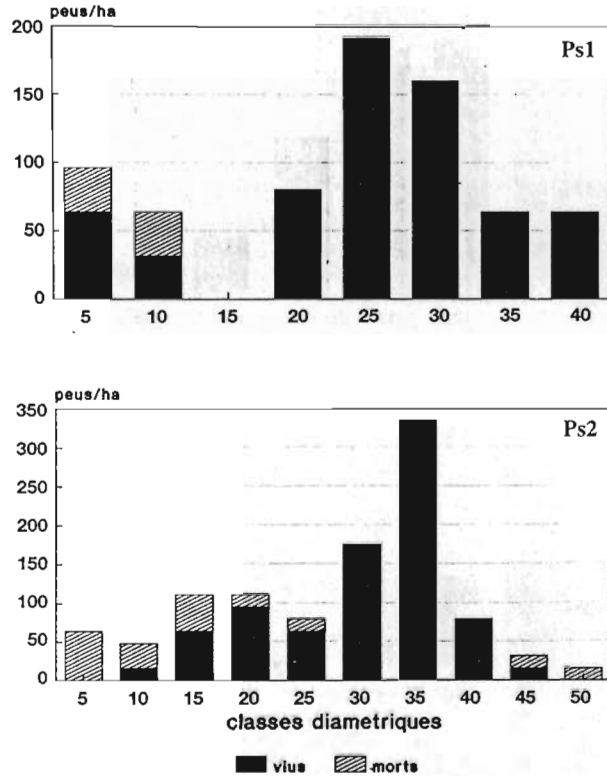


Figura 2. Distribució de les classes diamètriques de 5 cm en les parcel·les de *Pinus sylvestris* (Ps1 i Ps2). En abscisses s'indica el límit superior de cada classe diamètrica.
Diameteric class distributions of *Pinus sylvestris* plots (Ps1 and Ps2) by 5 cm size-class.

de branques en arbres alts i de capçada densa, com és el pi roig. La menor alçada i densitat de branques del pi blanc permet obtenir una millor estimació. Per tant, es pot suposar una certa subestimació de la biomassa foliar en el cas del pi roig que cal tenir en compte a l'hora d'interpretar els resultats.

La distribució de la producció és similar a la de la biomassa, essent superior en Ps2. Aquesta diferència s'explica pel major nombre d'individus a Ps2, ja que la relació producció-DN no és significativament diferent.

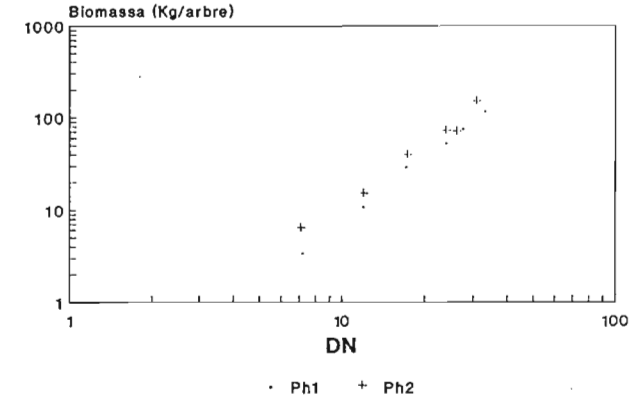


Figura 3. Relacions al·lomètriques del DN (en cm) amb la biomassa de fusta (en kg arbre⁻¹) en les parcel·les de *Pinus halepensis* (Ph1 i Ph2). Les diferències entre $Y_{Ph1} = 0.037 x^{2.30}$ ($r = 0.999^*$) i $Y_{Ph2} = 0.10 x^{2.10}$ ($r = 0.991^*$) són significatives amb $p < 0.01$.
* $p < 0.01$.

Relationship between DN (cm) and wood biomass (kg tree⁻¹) of *Pinus halepensis* plots (Ph1 and Ph2). Differences between $Y_{Ph1} = 0.037 x^{2.30}$ ($r = 0.999^*$) and $Y_{Ph2} = 0.10 x^{2.10}$ ($r = 0.991^*$) are significant at the 0.01 probability level. * $p < 0.01$.

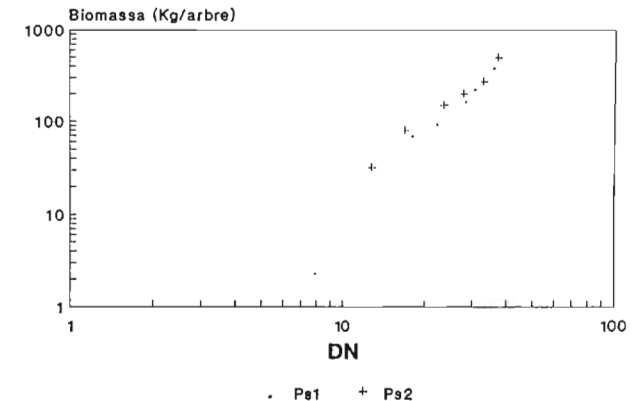


Figura 4. Relacions al·lomètriques del DN (en cm) amb la biomassa de fusta (en kg arbre⁻¹) en les parcel·les de *Pinus sylvestris* (Ps1 i Ps2). Les diferències entre $Y_{Ps1} = 3.03 \cdot 10^{-3} x^{3.30}$ ($r = 0.991^*$) i $Y_{Ps2} = 8.55 \cdot 10^{-2} x^{2.36}$ ($r = 0.989^*$) són significatives amb $p < 0.01$.
* $p < 0.01$.

Relationship between DN (cm) and wood biomass (kg tree⁻¹) of *Pinus sylvestris* plots (Ps1 and Ps2). Differences between $Y_{Ps1} = 3.03 \cdot 10^{-3} x^{3.30}$ ($r = 0.991^*$) and $Y_{Ps2} = 8.55 \cdot 10^{-2} x^{2.36}$ ($r = 0.989^*$) are significant at the 0.01 probability level. * $p < 0.01$.

Taula 4 — Percentatge de la biomassa de fulles per anys en les parcel·les estudiades.
Per cent of leaf biomass by age in the studied plots.

	1 any	2 anys	3 anys	4 anys
Ph1	21.08	54.32	24.60	—
Ph2	26.07	50.41	23.52	—
Ps1	31.19	34.36	33.15	1.30
Ps2	36.40	41.25	19.85	2.50

4.2. Estructura de la massa foliar

La distribució de fulles per edats és semblant en les dues parcel·les de pi blanc (taula 4). La meitat correspon a les fulles de 2 anys i la resta es distribueix entre fulles d'1 i 3 anys.

En el pi roig s'han comptabilitzat fins a fulles de 4 anys, tot i que aquestes són una fracció minoritària. Les diferències entre les dues parcel·les són més accentuades, essent més alta la proporció d'1 i 2 anys a Ps2 que a Ps1. El fet que a Ps1 es retenguin més les fulles velles (el 34.45% de les fulles són de 3 i 4 anys) pot interpretar-se com una estratègia conservadora davant unes condicions més adverses.

Paral·lelament, s'ha calculat el pes específic de les fulles (taula 5) que pot considerar-se un índex d'esclerofília. Per al pi blanc s'observen sempre valors més alts a Ph1, la qual cosa confirmaria unes condicions més limitants en aquesta parcel·la. Les fulles de 2 i 3 anys tenen un índex lleugerament més alt. En el pi roig no s'observen unes diferències tan marcades entre parcel·les, possiblement degut a l'efecte de l'edat. Tot i així a l'obaga l'índex és sempre inferior. Quant als anys, a totes dues parcel·les els valors més baixos coincideixen amb les fulles més velles (4 anys), possiblement degut al retranslocament i a una activitat més baixa, en quedar situades a la part interna de la capçada.

Taula 5 — Pes específic o índex d'esclerofília (mg cm^{-2}) per edat de les fulles i per parcel·la. La mitjana i la desviació (SD) han estat ponderades per la freqüència de les fulles als diferents anys.

Specific leaf weight (mg cm^{-2}) by leaf age and plot. Average and standard deviations (SD) weighted by frequency of leaf age.

	1 any	2 anys	3 anys	4 anys	mitjana (SD)
Ph1	34.76	37.76	37.90	—	37.16 (1.83)
Ph2	29.27	32.92	31.25	—	31.58 (1.90)
Ps1	24.63	25.95	25.00	22.94	25.18 (1.61)
Ps2	22.37	25.26	23.75	17.70	23.72 (4.03)

El pi blanc sempre presenta índexs superiors al pi roig, la qual cosa pot relacionar-se amb el seu caràcter més esclerofil·le. Aquest pi presenta valors elevats d'aquest índex comparat amb els descrits per espècies esclerofil·les mediterrànies, que se situen entre 10 i 30 mg cm^{-2} (SALA, 1986). Pel que fa al pi roig, PUIGDEFÀBREGAS & ALVERA (1977) donen valors de 10.96 mg cm^{-2} en boscos prepirinencs, molt inferiors als que trobem en el present treball.

4.3. Superfície conductora i producció

Un paràmetre important relacionat amb la disponibilitat de l'aigua i la competència entre individus és l'àrea d'albeca i la relació d'aquesta amb el duramen (WARING *et al.*, 1980).

En el cas del pi blanc no ha estat possible diferenciar amb claredat l'una de l'altra.

En el pi roig s'observa una superfície d'albeca (superfície conductora) inferior a Ps1 (taula 6). Per entendre aquesta diferència cal tenir present la relació entre l'àrea d'albeca i l'àrea basal total. En Ps1 segueix sent inferior, la qual cosa indica una restricció, quant a disponibilitat d'aigua, que limita la superfície conductora.

La superfície conductora està relacionada amb el LAI (WHITEHEAD, 1978; DEAN & LONG, 1986). Ps2 té un LAI i una superfície d'albeca superiors respecte Ps1, tal com correspondria a unes condicions més favorables.

La relació producció total, o increment d'àrea basal, respecte àrea d'albeca pot considerar-se un índex d'eficiència (WARING *et al.*, 1980; WARING & SCHLESINGER, 1985). A Ps1 aquests quocients són lleugerament superiors, possiblement com a resposta a una situació més desfavorable. Cal tenir present també la diferència d'edat entre les dues parcel·les; així Ps2 podria tenir una eficiència menor en trobar-se en un estat avançat de creixement.

Taula 6 — Àrea basal (AB, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), àrea basal d'albeca (AA, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), percentatge d'albeca respecte de l'àrea basal total (entre parentesi), relació producció total/àrea basal (P/AB) i relació increment d'àrea basal/àrea d'albeca (IAB/AA).

Basal area (AB, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), sapwood basal area (AA, $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), per cent sapwood-total basal area ratio (in brackets), production-basal area ratio (P/AB) and basal area increment-sapwood area ratio (IAB/AA).

	AB	AA	P/AB	IAB/AA
Ps1	31.54	14.68 (46.55)	0.17	0.293
Ps2	53.22	27.97 (52.56)	0.15	0.167

4.4. Creixement

Per descriure el creixement s'ha utilitzat la funció de Richard, ja que la seva flexibilitat permet ajustar diferents tipus de corbes de creixement (GRACIA & IBÁÑEZ, 1988):

$$R_t = \alpha [1 \pm e^{(\beta \cdot \kappa t)}]^{-1/\mu}$$

on R_t és el radi del tronc en funció del temps, α és el valor en l'eix d'ordenades de l'assíptota superior, i β , μ i κ són paràmetres relacionats amb la localització de la corba en l'eix del temps, forma de la corba i velocitat de creixement respectivament.

A les figures 5 i 6 s'observen les diferències en la forma de les corbes de creixement, que queden reflectides en els coeficients de la funció de Richard (taula 7).

La corba de creixement a Ph1 s'aproxima a una funció de Gompertz ($\mu = -0.96$), mentre que en l'obaga (Ph2), s'aproxima més a una funció logística (figura 5). Existeix, però, certa heterogeneïtat en la forma de la corba en arbres de diferent edat, relacionada amb l'heterogeneïtat espacial d'aquestes pinedes. A l'obaga, l'assíptota és superior respecte a la solana.

El temps que es triga en arribar al màxim creixement (T_i) també és força diferent entre ambdues situacions. Mentre que en la Ph1 $T_i = 3$ anys, en la Ph2 $T_i = 44$ anys, amb un radi sense escorça (R_i) de 6.50 i de 74.21 mm respectivament.

En les pinedes de pi roig, s'hi han trobat les mateixes diferències que en les pinedes de pi blanc, però menys marcades. En la solana (Ps1) el creixement és de tipus Gompertz ($\mu = -1.00$), mentre que a l'obaga, l'etapa exponencial és un xic més llarga (figura 6).

Taula 7 – Coeficients de la funció de Richard. Radi (sense escorça) en cm (R_i) en el moment de màxim creixement i edat (T_i) en anys en què s'aconsegueix.

Coefficients of Richard's function. R_i , radius in cm at maximum growth. T_i , age at maximum growth.

	Ph1	Ph2	Ps1	Ps2
α	136	242	112	146
β	0.0	0.0	0.0	0.0
μ	-0.96	-0.4	-1.0	-0.83
κ	0.018	0.043	0.030	0.023
T_i	3	44	2	8
R_i	6.5	74.21	7.61	22.77

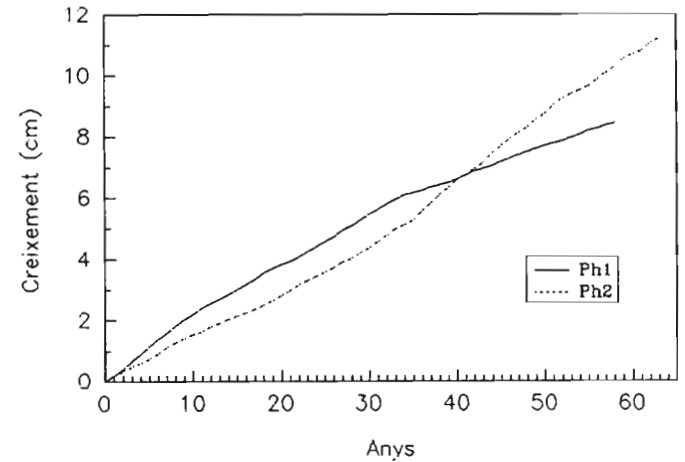


Figura 5. Corbes de creixement acumulat de les parcel·les de *Pinus halepensis* (Ph1 i Ph2), realitzades a partir de la mitjana dels arbres mostrejats.

Average cumulative diameter growth of *Pinus halepensis* in the two studied plots (Ph1 and Ph2).

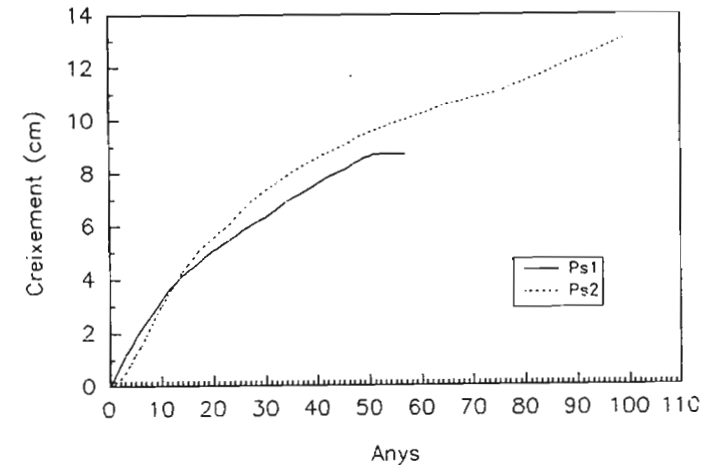


Figura 6. Corbes de creixement acumulat de les parcel·les de *Pinus sylvestris* (Ps1 i Ps2), realitzades a partir de la mitjana dels arbres mostrejats.

Average cumulative diameter growth of *Pinus sylvestris* in the two studied plots (Ps1 and Ps2).

L'assíptota també és superior a l'obaga de les pinedes de pi roig que a la solana, i igualment el màxim creixement (T_i) s'assoleix als 2 anys a Ps1 ($R_i = 7.61$ mm) i als 8 anys a Ps2 ($R_i = 22.77$ mm).

Tant en el pi blanc com en el pi roig, l'etapa exponencial del creixement és més llarga a les obagues, i per tant durant aquest període, el creixement és superior a les solanes. Això es pot explicar per que a les solanes hi ha més llum, cosa que permet un creixement més elevat a l'inici, fins que els recursos (principalment l'aigua) són limitants i s'inicia l'etapa assíptòtica. A les obagues, en canvi, hi ha molta menys llum, i això fa que el creixement sigui inicialment lent. Aquesta diferència de creixement en les primeres etapes entre les solanes i l'obaga, és menys acusada en el pi roig que en el pi blanc, potser perquè el pi roig no és tant heliòfil com el pi blanc. L'assíptota, és superior a les obagues, cosa que indica un creixement potencial més gran. Això es relaciona amb àrees basals i biomasses superiors a les obagues (taula 3).

5. Conclusions

Els paràmetres estructurals, així com la biomassa i la producció, són superiors a les obagues, tant en les pinedes de pi blanc com en les de pi roig. En les parcel·les de pi roig els valors d'aquests paràmetres són més elevats que a les de pi blanc. Tot i així, cal tenir present la possible subestimació de la biomassa foliar en el pi roig.

L'índex d'esclerofília és superior a les solanes, tot i que aquesta diferència és poc marcada en les pinedes de pi roig. Comparant les dues espècies, sempre és superior en el pi blanc.

El creixement és superior a les obagues, encara que en les primeres fases del creixement aquest és més ràpid a les solanes. Això és més patent en les pinedes de pi blanc, possiblement relacionat amb una major heliofília respecte el pi roig.

Tots els paràmetres mesurats indiquen unes condicions més favorables al creixement a les obagues.

Agraïments

Agraïm a la Dra. Emilia Gutiérrez l'ajut durant l'elaboració del treball i la lectura i crítica del manuscrit, així com a l'Oriol Bosch els consells i ajuts en les tasques de mostreig. Agraïm també a Robin Rycroft la correcció del resum en anglès.

Bibliografia

- ABBAS, H., M. BARBERO, R. LOISEL & P. QUÉZEL 1985 – Les forêts de pins d'Alep dans le sud-est Méditerranéen Français. Analysis écodendrométriques. Première partie. *Forêt Méditerranée*, 7(1): 35-43.
- CARTER, R.E. & K. KLINKA 1990 – Relationship between growing season soil water-deficit, mineralizable soil nitrogen and site index in Coastal Douglas Fir. *For. Ecol. Manage.*, 30: 301-311.
- DEAN, T.J. & J.N. LONG 1986 – Variations in sapwood area-leaf area ratios within two stands of Lodgepole Pine. *Forest Sci.*, 32: 749-758.
- GRACIA, C.A. & J.J. IBÁÑEZ 1988 – Una función de crecimiento flexible para describir diferentes tipos de series dendrocronológicas: generalización de la función de Richard. *Mediterranea*, 10: 45-61.
- KABZEMS, R.D. & K. KLINKA 1987 – Initial quantitative characterization of soil nutrient regimes. II. Relationships among soils, vegetation, and site index. *Can. J. For. Res.*, 17: 1565-1571.
- PUIGDEFÀBREGAS, J. & B. ALVERA 1977 – Biomasa, producción y desfronde en el pinar con acebo de San Juan de la Peña (Huesca). *Publ. Cent. pir. Biol. exp.*, 8: 23-40.
- SALA, A. 1986 – Evolució de l'estructura vertical de la garriga després del foc: índex foliar i gradients morfològics. Tesis de llicenciatura (inèdita). Universitat de Barcelona.
- WARING, R.H. & W.H. SCHLESINGER 1985 – *Forest ecosystems. Concepts and management*. Academic Press. Orlando, Florida.
- WARING, R.H., W.G. THIES & D. MUSCATO 1980 – Stem growth per unit of leaf area: a measure of tree vigor. *Forest Sci.*, 26: 112-117.
- WHITEHEAD, D. 1978 – The estimation of foliage area from sapwood basal area in Scot Pine. *Forestry*, 51: 137-149.
- WHITTAKER, R.H. & P.L. MARKS 1975 – Methods of assessing terrestrial productivity. In *Primary productivity of the biosphere* (LIETH, H. & R.H. WHITTAKER, eds.): 55-118. Springer. Berlin.
- WHITTAKER, R.H. & G.M. WOODWELL 1968 – Dimension and production relations of trees and shrubs in the Brookhaven Forest, New York. *J. Ecol.*, 56: 1-25.

Rebut: març de 1991