

Reforestació de l'estatge subalpí per boscos de *Pinus uncinata*: diversitat i estructura

Empar Carrillo,^{1,3} Carme Casas,² Maria Marmí,² Guillem Bagaria,² Aleix Puente,^{1,3} Jordi Carreras^{1,3} i Josep M. Ninot^{1,3}

1. Grup de Recerca de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació. Departament de Biologia Vegetal. Av. Diagonal, 645. 08028 Barcelona

3. Institut de Recerca de Biodiversitat, Universitat de Barcelona

2. Departament de Ciències Ambientals, Escola Politècnica Superior, Universitat de Vic. C/ de la Laura, 13. 08500 Vic

Abstract

Here we study the landscape changes occurring in the subalpine belt of Aigüestortes and Estany de Sant Maurici National Park between 1956 and 2008. We undertook detailed mapping of the *Pinus uncinata* domain to delimitate the plant formations covering the area in the two years studied. Then, we analyzed the changes using GIS techniques. Moreover, we sampled 29 plots of recent forests, in order to define their vegetation structure, *Pinus uncinata* populations, and species composition. A general tendency towards more evolved vegetation in the subalpine belt is evidenced at different levels of plant succession, but these changes take place slowly at the landscape level. It is necessary to study the encroachment processes, and mainly those occurring over herbaceous and subshrubby communities, to enable change models.

Keywords: Pyrenees, encroachment, vegetation dynamics, secondary succession, diachronic mapping, global change

Resum

Estudiem els canvis de vegetació ocorreguts a l'estatge subalpí del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici entre els anys 1956 i 2008. Hem aixecat una cartografia detallada del domini de *Pinus uncinata* delimitant les formacions vegetals existents en els dos anys estudiats, i n'hem calculat els canvis amb tècniques de GIS. També hem estudiat 29 parcel·les de nova reforestació per determinar les característiques de la població de *P. uncinata*, la composició florística i l'estructura. Els resultats confirmen que s'està produint una reforestació natural a diferents nivells de la sèrie de successió, però es tracta d'un procés molt lent. Cal continuar estudiant la dinàmica de l'embosquinament, sobretot en els estadis herbacis i subarbutius de la sèrie de vegetació, per poder fer una previsió del canvi.

Paraules clau: Pirineus, embosquinament, dinàmica de la vegetació, successió secundària, cartografia diacrònica, canvi global

Introducció

La problemàtica del canvi global pel que fa a la vegetació de les muntanyes alpines ha estat tractada per diversos autors i des de diversos punts de vista (Nagy, 2003; Grabherr, 2003; Guisan *et al.*, 1995). Als Pirineus orientals (Monje, 2003) i al mateix Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Piqué i Gracia, 2002) s'ha observat que, els darrers decennis, hi ha hagut canvis de vegetació importants que van cap a una recuperació de la superfície forestal. Aquesta tendència s'havia previst també en l'avanç del bosc sobre la zona alpina (Korner, 2003; Holtmeier, 2003). Però l'estudi de l'estructura i la dinàmica del límit altitudinal superior del bosc (*timberline*) pirinenc ha mostrat que el suposat avanç forestal no és generalitzable, sinó que depèn molt de les condicions locals (Ninot *et al.*, 2005). Malgrat tot, el fet de constatar que també hi havia una densificació de les poblacions de pi negre (*Pinus uncinata*) i un augment de la vegetació arbustiva a la zona de la *timberline* ens ha portat a interessar-nos per analitzar específicament la successió forestal en els boscos de pi negre.

La minimització d'actuacions sobre el territori al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici i la informació de base de què disposem fan que aquest sigui un marc excepcionalment bo per detectar els canvis en el domini dels boscos de pi negre.

L'objectiu d'aquest treball és determinar si l'abandó de les activitats tradicionals i el canvi ambiental dels darrers 50 anys al territori del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (zona perifèrica inclosa) han provocat una recuperació dels boscos subalpins i canvis notables en el paisatge subalpí (concretament en el domini del pi negre). Més detalladament, també estudiem la variació de les noves masses forestals detectades en termes de diversitat, estructura i singularitat florística, a escala de parcel·la. Aquests objectius són una part dels previstos en el projecte «Reforestación natural en el dominio de *Pinus uncinata* y cambios en la diversidad del piso subalpino en el Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici», finançat per l'Organisme Autònom Parcs Nacionals.

Metodologia

Considerarem aquí que el domini potencial dels boscos de pi negre correspon a la zona compresa entre el límit superior de l'estatge subalpí definit per Carreras *et al.* (1996) i el límit inferior actual d'aquests boscos establert per Carrillo i Ninot

(1998) a la cartografia de la vegetació de Catalunya. Per a l'anàlisi diacrònica del paisatge de l'estatge subalpí del Parc Nacional (zona perifèrica inclosa), hem utilitzat les fotografies aèries del vol del 1956, la imatge de les quals ha estat rectificadada per tal de transformar-la en ortoimatge, i les ortofotos digitals amb píxel de 50 cm de costat de l'any 2008. La fotointerpretació s'ha fet amb el SIG Arc/Info a una escala aproximada d'1:5.000. Hem creat una cobertura única de polígons amb atributs per a la vegetació corresponent al 1956 i al 2004. Hem diferenciat un total de catorze unitats de vegetació, basades en la seva fisiognomia i recognoscibles a les imatges, per tal de poder establir comparacions entre les dues èpoques cartografiades.

L'heterogeneïtat del territori ens ha portat a definir algunes unitats una mica especials, com ara la de «roques i arbres dispersos», que correspon a grans superfícies rocoses (generalment molt pendents) originades per l'acció dels gels quaternaris en el granit i sobre les quals els arbres només s'han pogut desenvolupar a les fissures i als petits relleixos. Un altre cas especial correspon a la unitat de «prats poc densos», que recull totes aquelles formacions herbàcies que colonitzen terrenys rocallosos, com ara els indrets dominats per roques amoltonades o caos de blocs estabilitzats que coexisteixen amb pastures que els envolten com una matriu.

La vegetació actual de l'àrea estudiada és ben coneguda (Carrillo i Ninot, 1998) i la cartografia existent tant d'hàbitats com de vegetació (Carrillo i Ninot, 1998) ens permet conèixer la composició florística i la diversitat actual d'aquestes unitats. Tot i que no es pot extrapolar directament aquesta informació a les unitats cartografiades a partir de les ortoimatges del 1956, sí que ens hi aproxima prou per poder inferir-la en la major part dels polígons.

A les àrees on s'ha detectat l'establiment de noves poblacions de pi negre o en aquelles on hi ha hagut una densificació forta hem estudiat les característiques de la vegetació actual a partir de mostres estandarditzades. En total hem seleccionat 29 mostres (parcel·les) distribuïdes arreu del territori del Parc (figura 1) i que corresponen a diferents respostes a l'abandó d'algunes activitats antròpiques o a la recuperació després de perturbacions naturals.

Cada parcel·la fa 314 m² i correspon a una superfície circular de 10 m de radi.

A cada parcel·la hem fet un cens complet dels individus arboris o arborescents, i n'hem pres mesures biomètriques. Hem mesurat el diàmetre a l'altura del pit (DAP) de tots els arbres amb DAP >

5 cm i hem fet el recompte de les plàntules (DAP < 2 cm) i dels plançons (2 < DAP < 5 cm). Els arbres amb DAP > 5 cm els hem agrupat en classes diamètriques de 5 en 5 cm (5-10, 10-15, etc.), i per a cada classe hem escollit entre un i cinc arbres tipus. De cadascun n'hem pres l'alçària i el diàmetre de capçada en dues direccions (N-S i E-W) i n'hem extret un testimoni de fusta (*core*) amb una barrina de Pressler a 50 cm d'alçària i per la banda W (sempre que ha estat possible). Al camp hem mesurat el gruix d'escorça i el gruix d'albeca d'aquest testimoni.

Hem aixecat un inventari fitocenològic de la mateixa parcel·la, anotant totes les espècies vasculares (i briòfits més conspicus) presents a la superfície de la parcel·la i el seu recobriment o abundància mitjançant l'índex de Braun-Blanquet (1979).

Les dades florístiques dels inventaris s'han tractat amb el mòdul d'anàlisis estadístiques Ginkgo (De Cáceres, 2007), que forma part del paquet de programes Vegana per a l'estudi numèric de la vegetació (De Cáceres, 2005). A partir de la taula d'inventaris hem aplicat la transformació dels valors de cobertura de Barkman (1989) i hem construït una matriu simètrica d'inventaris, aplicant com a valor de similitud entre ells la distància de la corda (Orlói, 1978). Aquesta matriu ha estat analitzada amb el mètode estadístic K-Means (MacQueen, 1967), que permet fer agrupacions no jeràrquiques, i amb una anàlisi de components principals (PCoA), per avaluar la semblança entre mostres.

Resultats

L'àrea total cartografiada és de 15.286,82 ha. Cal tenir en compte, però, que una part d'aquesta superfície correspon a ambients no colonitzables pel bosc, com ara els ocupats per comunitats de caràcter permanent: estanys, molles i prats hígròfils, roques, roques amb arbres dispersos i tarteres (taula 1).

Potencialment ocupables pels boscos de pi negre hi ha 13.181,90 ha (86,23% del total cartografiat) i d'aquesta superfície només el 29,86% presenta actualment poblacions denses de pi negre. Si considerem també els boscos esclarissats, la superfície forestal passa a ser del 42,34% i la resta

(57,65%) correspon a diversos estadis successional (figura 2). Les dades obtingudes per a la dècada dels anys cinquanta no són gaire diferents, però mostren una ocupació de la superfície forestal una mica més baixa (taula 1). De l'àrea potencial d'ocupació del bosc només el 27,46% estava coberta per bosc dens (el 41% si hi afegim també el bosc clar). Aquests canvis són més evidents si tenim en compte el nombre d'hectàrees ocupades per les diferents unitats de vegetació; i si considerem el conjunt de l'àrea cartografiada, es constata que hi ha hagut també petites variacions en l'extensió de les comunitats permanents (figura 3).

L'anàlisi detallada dels canvis mostra en quina mesura han evolucionat les diferents formacions vegetals durant aquest període, i si han estat canvis progressius, cap a la recuperació del bosc, o regressius, cap a estadis més immadurs (figura 4). Els canvis s'esdevenen sobretot en espais que presentaven una vegetació serial propera a l'estadi de bosc (bosc clar, matollar) i en espais ocupats per prat. La variació en la resta de formacions vegetals és menys freqüent, i va lligada a actuacions directes sobre el territori. La figura 4 mostra també els canvis que queden ocults en una estimació genèrica, com ara les hectàrees de bosc dens perdudes des del 1956, compensades per les àrees reforestades.

Les parcel·les que hem estudiat estan distribuïdes entre la zona estricta de parc i la zona perifèrica; poc més de la meitat es troben en aquesta darrera, que és on hem detectat més canvis (figura 1). Vora el 65% de les localitats es troben a la part alta de l'estatge subalpí, per sobre dels 1.900 m (figura 5). La parcel·la més alta es troba a 2.230 m, i la més baixa, a 1.650 m. El 50% corresponen a orientacions més o menys obagues (de NW a NE), i la resta es reparteixen entre solells i vessants intermedis (figura 6). La majoria corresponen a vessants de pendents forts (> 20°) i només quatre es troben en zones planeres (figura 6). Pel que fa al substrat, predomina el granit (17) i la resta es troben sobre esquists (7) i sobre calcoesquists (5).

Al voltant de la meitat dels boscos mostrejats corresponen a la reforestació de pastures mesòfiles, el 25% han envaït matollars (sobretot neretars) i la

resta han cobert àrees desforestades per allaus o per focs forestals. En tots els casos, la reforestació s'ha fet per expansió d'unitats boscoses veïnes, i en força ocasions ja hi havia prèviament algun arbre dispers a les clapes que s'han reforestat.

La densitat d'arbres (amb DAP superior a 5 cm) de *Pinus uncinata* és en general elevada, i en molts casos és entre 1.000 i 3.000 peus per hectàrea, amb una mitjana de 1.704,6 +/- 972,4 (figura 7). Hi ha molta variabilitat entre les parcel·les, des d'un mínim de 668 peus/ha fins a un màxim de 4.966 peus/ha. La regeneració del bosc també varia molt entre les mostres, des de les que no tenen cap plàntula ni plançó de pi negre, fins a una mostra on hi ha 3.788 plançons/ha (DAP < 2 cm) i 1.596 juvenils/ha (2 < DAP < 5 cm).

La distribució dels pins entre classes diamètriques mostra una gran agregació de peus a les classes d'entre 5 i 20 cm (figura 8). Són molt pocs els exemplars de més de 30 cm de diàmetre, fet que era esperable si tenim en compte que els arbres amb DAP > 30 cm tenen una edat superior als 50 anys, tal com hem pogut constatar a partir dels testimonis de fusta extrems dels arbres tipus.

L'estrat arbori d'aquests boscos està format per *Pinus uncinata*, gairebé sempre en exclusiva. Només en algun cas s'hi barregen alguns peus d'*Abies alba*, o hi ha uns pocs peus petits de *Betula pendula* o de *Sorbus aucuparia*.

Pel que fa a l'estructura de la comunitat (figura 9), els arbres dominants solen fer un dosser dens, per la qual cosa solen ser els boscos subalpins (molts cops, superior al 80%) i no gaire alts (sobretot, d'entre 8 i 12 m). L'estrat arbustiu és molt variable, d'entre el 2% i el 80% de recobriment (amb una mitjana del 36% ± 22,3), dependent de la vegetació prèvia a la reforestació i d'aspectes fitotopogràfics; gairebé sempre està format per unes poques espècies (*Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *Juniperus communis* subsp. *nana*). L'estrat herbaci sol presentar un recobriment relativament elevat (molt sovint, 50-90%), força variable d'unes parcel·les a altres.

Es tracta de boscos relativament rics, amb 52 espècies de mitjana (per 314 m²). Aquesta riquesa es deu molt principalment a l'estrat herbaci i es fonamenta sobretot en espècies relativament ubiqüistes de l'alta muntanya. Es tracta de plantes comunes a les pastures, als matollars i als marges forestals, relativament tolerants a les condicions de mitja ombra. Hi són menys freqüents les espècies realment forestals (a part de *Pinus*); plantes com ara *Homogyne alpina*, *Melampyrum pratense*, *Pyrola minor*... apareixen només en els boscos que es recuperen a partir d'estadis successional propers al bosc (formats sobre àrees de matollars, o desforestades accidentalment).

L'anàlisi K-Means dels inventaris florístics separa dos grups que corresponen a boscos amb plantes pròpies d'aquests ambients (*Prenanthes purpurea*, *Rhododendron ferrugineum*, *Rosa pendulina*, entre d'altres) i boscos sense caràcter forestal, amb un nombre important d'espècies pradenques: *Achillea millefolium*, *Carlina acaulis*, *Cirsium acaule* o *Carex caryophylla*. A la figura 10 hi ha la representació de la distribució en l'espai dels inventaris corresponents a aquests dos grups que fa l'anàlisi de components principals. Una partició més detallada permet diferenciar bé cinc grups, tres que corresponen a boscos amb espècies forestals i dos en què predominen les plantes herbàcies d'ambients poc forestals. Entre els primers hi ha un grup que, tot i tenir espècies de bosc madur, també presenta un cert nombre de plantes de molleres (*Molinia caerulea*, *Parnassia palustris*, *Potentilla erecta*...) i dos que presenten espècies forestals de caràcter altimontà (*Anemone nemorosa*, *Pulmonaria affinis*, *Daphne mezereum*...). D'aquests hi ha un grup que porta espècies de tendència calcícola com ara *Vicia pyrenaica*, *Carex ornithopoda*, *Veronica chamaedrys*..., mentre que l'altre és calcífug. Entre els boscos menys forestals, un tipus amb plantes xeròfiles o de sòls pobres, com ara *Arctostaphylos uva-ursi*, *Calluna vulgaris*, *Sedum reflexum*, *Festuca gautieri*... El cinquè grup correspon a boscos amb domini de plantes herbàcies mesòfiles (*Poa alpina*,

Phleum alpinum, *Myosotis alpestris*...).

Discussió i conclusions

L'explotació secular de l'estatge subalpí del Parc Nacional queda reflectida en la baixa proporció de bosc dens a la dècada dels anys cinquanta. En aquest període, l'àrea ocupada per bosc dispers, matolls, pastures... representa el 72,54% de l'àrea potencial dels boscos de pi negre. L'abandó de les activitats forestals als anys setanta i la forta disminució de les activitats ramaderes a partir dels anys seixanta feien preveure canvis en la vegetació, si bé es desconeixia la rapidesa i la magnitud d'aquests canvis. En aquest sentit, hem constatat que els canvis ocorreguts són relativament petits i majoritàriament corresponen a avenços en la successió secundària. Els més notables s'han produït en parcel·les que ja presentaven bosc dispers el 1956 i que s'han densificat fins a poder ser considerades actualment com a bosc dens, i en àrees pradenques que s'han reforestat amb poblacions d'arbres més o menys denses.

Malgrat això, el paisatge actual reflecteix encara molt fidelment aquella explotació, ja que l'augment net del bosc dens representa només el 2,4% del total de la seva àrea potencial d'ocupació.

Entre els canvis menors, però que testimonien la disminució de l'aprofitament agropecuari, trobem la desaparició d'antigues feixes que s'havien cultivat a la part baixa de l'estatge subalpí i que sense conreu han evolucionat cap a prats.

Els canvis regressius han estat en bona part conseqüència d'esdeveniments naturals (allaus, incendis...), tot i que alguns es deuen a actuacions antròpiques fortes. L'obertura de les pistes d'esquí a la vall d'Espot o les actuacions hidroelèctriques per augmentar la capacitat d'alguns estanyos han originat pèrdues de bosc i d'altres comunitats. Aquests canvis afecten el 3,11% de l'àrea cartografiada, que si bé és una superfície petita, és superior a la superfície d'increment net de bosc dens (2,07%) en el conjunt del territori cartografiat. Tenint en compte totes les unitats de vegetació, es constata una tendència cap a l'evolució progressiva en els canvis ocorreguts. D'aquesta manera, malgrat que la recuperació de bosc dens sigui només del 2,07%, el canvi progressiu en els diferents estadis de la sèrie de successió cap al bosc és del 6,67%. La recuperació del bosc i dels estadis immediats

(com ara bosc dispers, matollar) es produeix en parcel·les generalment petites i està afavorida per la presència o la proximitat d'individus adults de pi negre. Només en els casos en què feia poc temps que el bosc havia estat eliminat per una pertorbació recent (incendi, tala...), hi ha una recuperació de la massa forestal que afecta superfícies relativament grans. En termes de temps, aquest tipus de successió és força ràpid. La colonització, en canvi, d'àrees pradenques es fa en espais petits, que estan al llindar del bosc o que presenten arbres dispersos. El resultat d'aquesta nova ocupació de les pastures són boscos que presenten diversos trets d'immaduresa: estructura simple de la població de *Pinus uncinata*, regeneració dels arbres relativament limitada (en bona part deguda a la densificació actual), alta proporció d'espècies generalistes i baixa presència de plantes estrictament forestals. En canvi, els boscos originats per densificació de matollars amb pins o de boscos dispersos presenten una composició florística més propera a la dels boscos madurs, amb presència d'espècies forestals. La diversificació florística de les parcel·les correspon en bona part al fons florístic de la comunitat prèvia a la reforestació (matoll, prat...), però també a la situació en l'espai (solell, obac, pendent, altitud...), al substrat i a la proximitat de fonts de diàspores. Cal tenir present que el domini de *Pinus uncinata* al Parc està diversificat en cinc tipus de pinedes potencials de pi negre (Carrillo i Ninot, 1998).

Els resultats obtinguts fan pensar que, si es manté un règim baix d'intervenció com els darrers 30 anys, el ritme de reforestació pot ser una mica més ràpid. perquè només hi haurà les regressions naturals (allaus, incendis...). De tota manera, el canvi continuarà essent lent, ja que, com s'ha vist, les superfícies grans que han tingut canvis notables corresponien a indrets amb alteracions recents, mentre que les zones desforestades d'antic (actualment prats i matollars) presenten canvis petits. No coneixem encara prou bé la dinàmica de la successió que parteix de comunitats secundàries establertes i mantingudes des de fa molt temps, com són les pastures o els matollars secundaris que les envaeixen i que sovint arriben a constituir poblacions gairebé monoespecífiques, molt denses. Per poder fer una previsió dels escenaris de futur cal aprofundir en el coneixement de la dinàmica de les comunitats

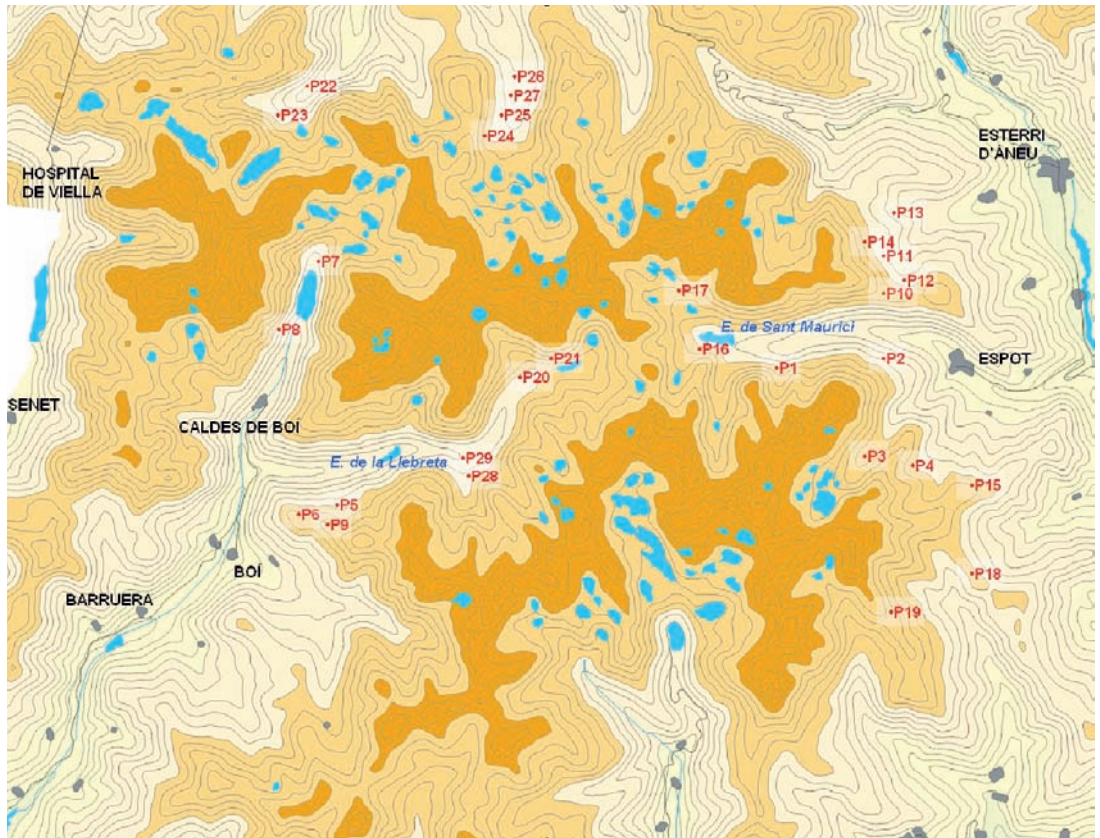


Figura 1. Situació de les parcel·les estudiades de boscos de nova formació al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici.

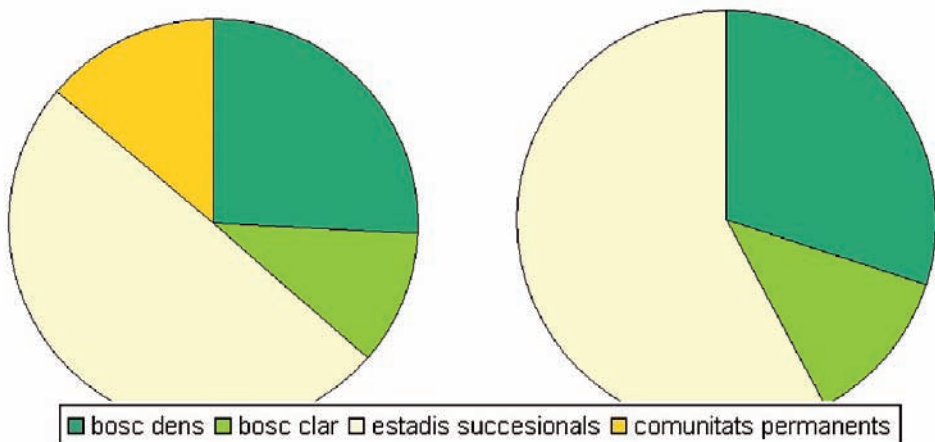
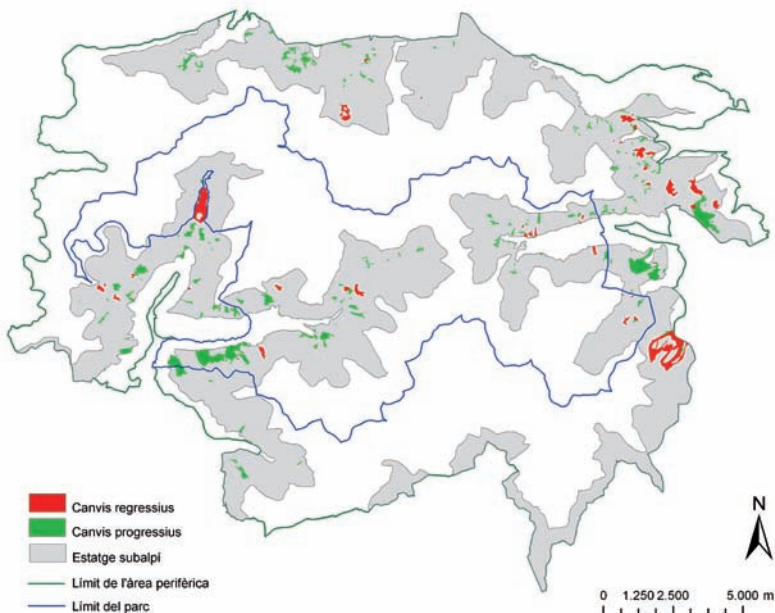


Figura 2. Àrea d'ocupació dels boscos (percentatge) respecte al total de la superfície de l'estatge subalpí (esquerra) i del domini potencial de *Pinus uncinata* (dreta), l'any 2009.

Taula 1. Nombre de polígons i superfície ocupada per les diverses unitats de vegetació que corresponen al domini potencial dels boscos de pi negre i a comunitats permanents, els anys 1956 i 2008.

| | Unitats de vegetació | Polígons 1956 | Polígons 2008 | Superfície 1956 (ha) | Superfície 2008 (ha) | Àrea 1956 (%) | Àrea 2008 (%) |
|--|---------------------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------|
| Territori potencialment forestal 13.181,90 ha | Bosc dens | 202 | 269 | 3.620,04 | 3.936,27 | 24,06 | 25,71 |
| | Bosc dispers | 316 | 339 | 1.784,17 | 1.645,44 | 11,70 | 10,72 |
| | Matollar | 191 | 179 | 1.227,48 | 1.204,11 | 8,07 | 7,91 |
| | Matollar i arbres dispersos | 223 | 234 | 1.233,43 | 1.213,63 | 7,62 | 7,76 |
| | Bosquines caducifòlies | 7 | 8 | 27,63 | 27,73 | 0,18 | 0,18 |
| | Prats | 416 | 324 | 4.114,44 | 3.877,24 | 27,02 | 25,20 |
| | Prats poc densos | 141 | 137 | 1.164,02 | 1.159,76 | 7,54 | 7,52 |
| | Conreus abandonats | 1 | 0 | 2,65 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| | Àrees antròpiques | 15 | 18 | 56,66 | 117,72 | 0,34 | 1,22 |
| Territori ocupat per comunitats permanents no forestals 2.104,87 ha | Tarteres | 410 | 406 | 1.070,99 | 1.068,81 | 7,00 | 6,99 |
| | Roques i arbres dispersos | 147 | 149 | 668,34 | 666,49 | 4,37 | 4,36 |
| | Roca | 43 | 43 | 70,15 | 70,15 | 0,46 | 0,46 |
| | Molleres i herbassars higròfils | 42 | 41 | 37,57 | 35,87 | 0,25 | 0,23 |
| | Estanys | 76 | 83 | 209,22 | 263,55 | 1,37 | 1,72 |
| Totals | | 2.230 | 2.230 | 15.286,79 | 15.286,79 | 100 | 100 |

**Figura 3.** Avenços i regressions en els estadis successionalis ocorreguts a partir de la vegetació del 1956.

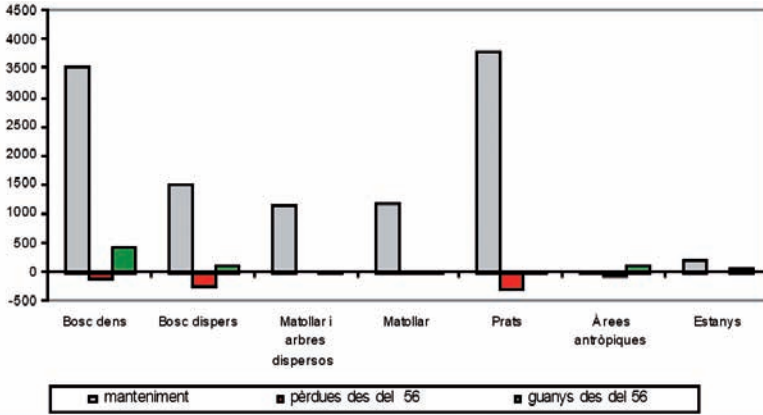


Figura 4. Manteniment, pèrdues i guanys de l'àrea ocupada per les diferents formacions vegetals durant el període comprès entre el 1956 i el 2008.

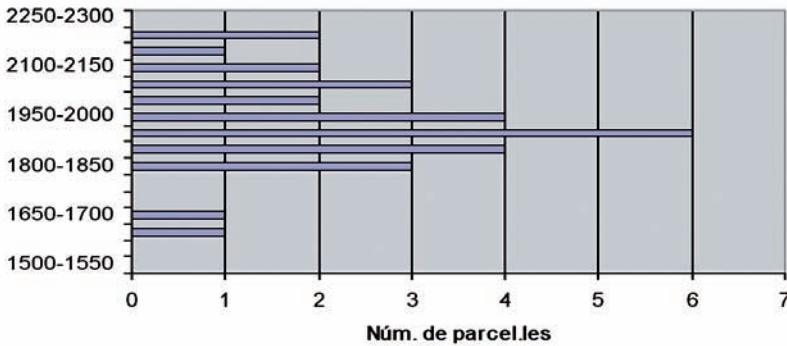


Figura 5. Distribució altitudinal de les 29 parcel·les estudiades.

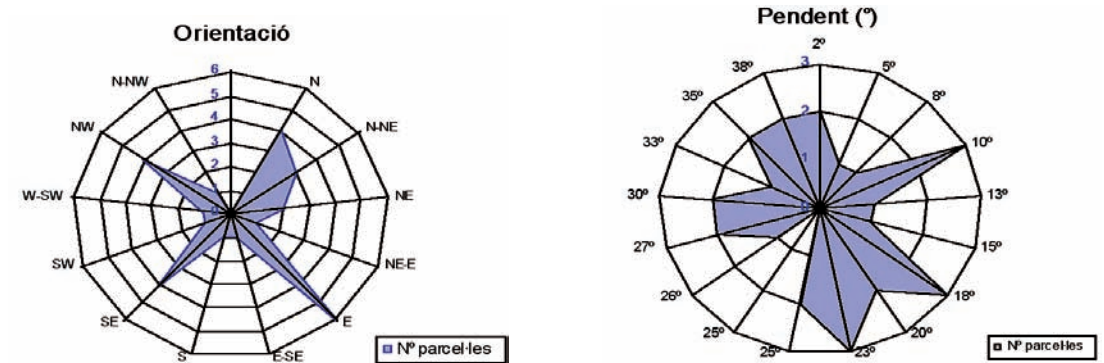


Figura 6. Orientació i pendent on es troben situades les parcel·les.

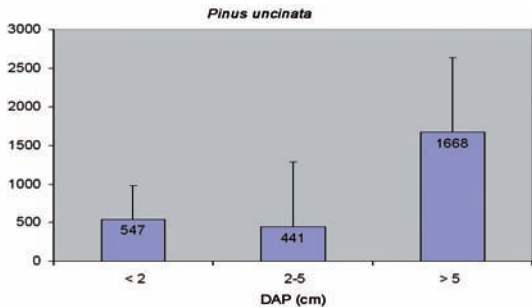


Figura 7. Densitat de peus de *Pinus uncinata* agrupats en plançons (< 2), juvenils (2-5) i arbres (> 5)

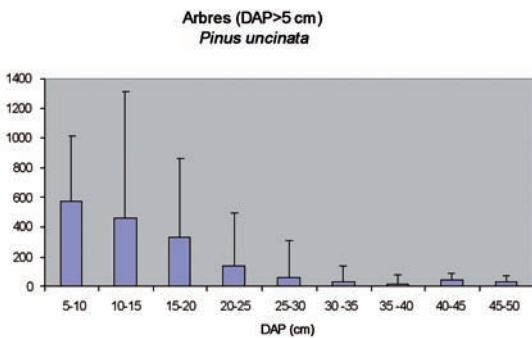


Figura 8. Distribució dels arbres per classes diamètriques, en el conjunt de les parcel·les mostrejades.

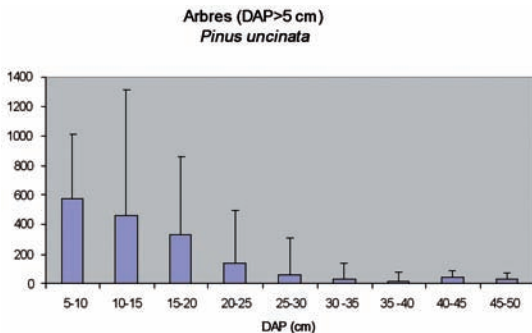


Figura 9. Recobriment (%) dels diferents estrats, en el conjunt de les parcel·les mostrejades.

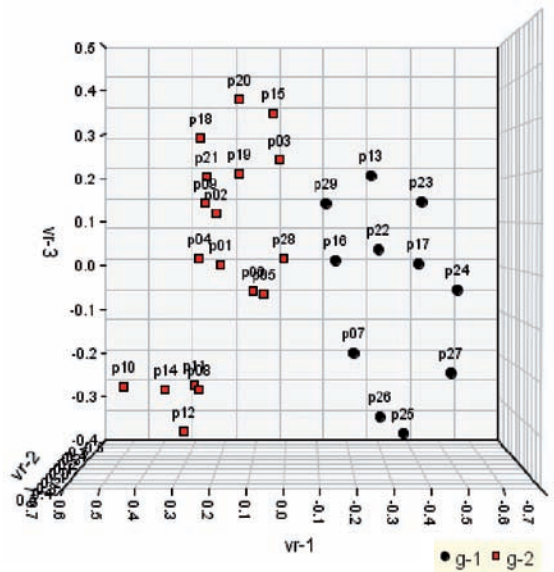


Figura 10. Agrupació dels 29 inventaris obtinguda en l'anàlisi de components principals (PCoA), diferenciats (vermell i negre) segons la pertinença a un dels dos grups formats per l'anàlisi K-Means. Espècies discriminants del grup 1 (parcel·les P07, P13, P16, P17, P22, P23, P24, P25, P26, P27, P29): *Rhododendron ferrugineum*, *Prenanthes purpurea*, *Potentilla erecta*, *Rosa pendulina*, *Orchis maculata*, *Succissa pratensis*, *Homogyne alpina*, *Meum athamanticum*, *Veratrum album*, *Solidago virgaurea*. Espècies discriminants del grup 2 (parcel·les P04, P10, P11, P12, P13, P14, P15, P18, P19, P20, P21, P28, P29, P01, P02, P03, P05, P06, P08, P09): *Achillea millefolium*, *Carlina acaulis*, *Cirsium acaule*, *Arabis ciliata*, *Thymus pulegioides*, *Galium verum*, *Carex caryophylla*.

Bibliografia

- BARKMAN J. Fidelity and character-species, a critical evaluation. *Vegetatio* 1989; 85: 105-16.
- BRAUN-BLANQUET J. *Fitosociología*. Madrid: Blume, 1979.
- CARRERAS J, CARRILLO E, MASALLES RM, NINOT JM, SORIANO I, VIGO J. Delimitation of the supra-forest zone in the Catalan Pyrenees. *Bull Soc Linn Provence* 1996; 47: 27-36.
- CARRERAS J, CARRILLO E. Cartografía a escala 1:50.000 de hàbitats de Catalunya. Generalitat de Catalunya, 2006. <<http://www.gencat.net/medi-amb/sig/habitats.html>>
- CARRILLO E, NINOT JM, 1998. Flora i vegetació de les valls d'Espot i de Boí. 2 volums. IEC, Arxius Sec Ciènc 99/1-2, 1998; 474 i 350 p.
- CARRILLO E, NINOT JM. Mapa de vegetació de Catalunya 1:50.000. Esterri d'Àneu 181 (33-9). IEC i ICC, 1998.
- DE CÁCERES M. La classificació numèrica de la vegetació basada en la composició florística. Barcelona, 2005. Tesi doctoral.
- DE CÁCERES M, FONT X, OLIVA F, VIVES S. GINKGO, a program for non-standard multivariate fuzzy analysis. *Advances in Fuzzy Sets & Systems* 2007; 2: 41-56.
- GRABHERR G. Overview: Alpine vegetation dynamics and climate change – a synthesis of long-term studies and observations. A: Nagy L et al. *Alpine Biodiversity in Europe*. Berlín: Springer, 2003: 399-409.
- GUISAN A, HOLTEN JI, SPICHTIGER R, TESSIER L, editors. Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian mountains. Ginebra: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, 1995.
- HOLTMEIER FK. Mountain timberlines. Ecology, Patchiness, and Dynamics. Dordrecht, Boston, Londres: Kluwer Academic Publishers, 2003; 369 p.
- KÖRNER CH. Alpine plant life. Functional plant ecology of high mountain ecosystems. 2a ed. Berlín: Springer, 2003; 344 p.
- MACQUEEN JB. Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations. Proceedings of 5th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. 1. University of California Press: 281-97. 1967.
- MONJE X. Estudio mediante sistemas de información geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural en Cataluña. Aproximación al caso del valle del Freser durante el periodo 1956-2000. *Acta Bot Barc* 2003; 49: 421-38.
- NINOT JM, CARRILLO E, BATLLORI E, CARRERAS J, FERRÉ A, GUTIÉRREZ E. Vegetation patterns across the timberline ecotone in the eastern Pyrenees. XVII Intern Bot Congr 2005. Viena.
- ORLÓCI L. Multivariate analysis in vegetation research. Dr. W. Junk. The Hague, 1978.
- PIQUÉ J, GRACIA M. Paisaje forestal. A: Diversos autors. Parque Nacional de Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. Talavera de la Reina: Canseco Editores, 2002: 153-64.
- VIRTANEN R, ESKELINEN A, GAARE E. Long-term changes in alpine plant communities in Norway and Finland. A: Nagy L et al. *Alpine Biodiversity in Europe*. Berlín: Springer, 2003: 411-422.