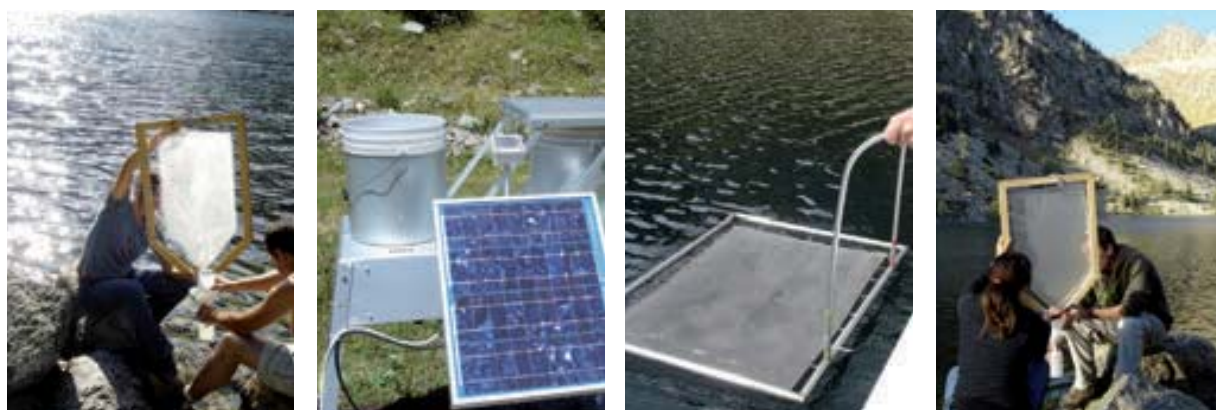


# La investigació al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici



IX Jornades sobre Recerca al Parc Nacional  
d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici

**Boí (Alta Ribagorça), 17, 18 i 19 d'octubre de 2012**



## Biblioteca de Catalunya - Dades CIP

### Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (9es : 2012 : Boí, Catalunya)

La investigació al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici : IX Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici : Boí (Alta Ribagorça), 17, 18 i 19 d'octubre de 2012  
Bibliografia. – Textos en català i castellà, resums en anglès, català i castellà  
ISBN 9788439390596

I. Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural II. Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici III. Títol

1. Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (Catalunya) – Congressos  
502.4(467.1:23Pirineus)(061.3)

### Generalitat de Catalunya

#### Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural

Foto portada: Montserrat Bacardit (Plataforma de mostratge de sediments en el treball del projecte OCUPA)

Fotos interiors: Emilio O. Casamayor (Projecte AERBAC)

Tiratge: 650 exemplars

Disseny: Aran Disseny

Dipòsit Legal: DL B-21618-2013

ISBN 9788439390596



# Interaccions entre arbre i arbust al llarg de l'ecotò entre el bosc i els prats alpins al Pirineu central

**Oriol Grau, Josep M. Ninot, José M. Blanco-Moreno**

Departament de Biologia Vegetal, Facultat de Biologia, Av. Diagonal 643, 08028, Barcelona, Catalunya

## Abstract

The aim of this study is to analyse the effect of the interactions between *Pinus uncinata* and the shrub community, together with environmental changes, as controlling factors of the spatio-temporal evolution of the forest-alpine grassland ecotone in the Central Pyrenees. We based this study on an experimental approach and also on observation in natural plots. This study confirms that positive and negative interactions between shrubs and trees, together with temperature changes and nutrient availability, are crucial to understand treeline dynamics and the recent treeline densification observed in the treelines in the Central Pyrenees.

**Keywords:** environmental change, facilitation, *Pinus uncinata*, *Rhododendron ferrugineum*, seedlings, treeline.

## Resum

L'objectiu d'aquest estudi és analitzar l'efecte de les interaccions entre *Pinus uncinata* i la comunitat arbustiva, juntament amb els canvis ambientals, com a factors reguladors de l'evolució espaciotemporal de l'ecotò entre el bosc i els prats alpins en els Pirineus Centrals. Vàrem basar l'estudi en una aproximació experimental i una altra d'observacional en parcel·les naturals. L'estudi confirma que les interaccions positives i negatives entre arbusts i arbres, juntament amb els canvis de temperatura i la disponibilitat de nutrients, són claus per entendre la dinàmica supraforestal i la densificació que s'ha observat recentment a escala regional al límit del bosc dels Pirineus Centrals.

**Paraules clau:** canvis ambientals, facilitació, límit supraforestal, *Pinus uncinata*, plançons, *Rhododendron ferrugineum*.

## Introducció

El límit superior del bosc és una zona de transició, on el bosc subalpí amb sotabosc subarbus-tiu dona lloc a una zona amb landes i prats alpins d'una forma més o menys progressiva (Ninot *et al.* 2007). Aquest ecotò ha sofert canvis importants en la seva localització altitudinal al llarg del segle, en resposta a diversos factors. Per exemple, els canvis climàtics, i principalment l'oscil·lació de temperatures, tenen una important incidència en tots aquests processos, tant directament sobre el desenvolupament vegetal, com sobre el balanç edàfic d'aigua i nutrients (Holtmeier & Broll 2005). Com que, a més, hi ha evidències que en temps pretèrits climàticament més càlids el límit forestal del Pirineu Central es trobava a més altitud (Cunill 2010), cal preveure que un augment de temperatures afavoreixi l'ascens del límit del bosc.

Tot i això, i malgrat l'important descens de l'explotació tradicional forestal i ramadera, ni al Parc Nacional ni als Pirineus Centrals en general no es detecta un ascens generalitzat del límit forestal durant les darreres dècades. Sí que es dona en localitats concretes, i sobretot allà on el límit del bosc havia estat abaixat antròpicament. En força casos s'observa més aviat una densificació d'arbres i de formes juvenils per sota del límit supraforestal, sense que aquest s'hagi desplaçat sensiblement durant les darreres dècades (Batllori & Gutiérrez 2008). Per aquest fet, si només es té en compte l'efecte dels canvis de clima i la baixada de la pressió ramadera i d'explotació forestal, s'arriba a la conclusió que fa falta completar l'actual model amb altres factors que expliquin l'evolució espaciotemporal de l'ecotò bosc-prats alpins. Hi ha diverses observacions que indiquen que en la dinàmica de la vegetació del límit supraforestal hi intervenen complexos processos de colonització, i de competència i facilitació entre plantes funcionalment diferents. Recentment s'ha documentat un increment en la densitat i productivitat de les comunitats subarbus-tives en algunes zones àrtiques i alpines, com a resposta al notable augment de temperatures de les últimes dècades esdevingut en aquestes àrees (Chapin *et al.* 1995, Tape *et al.* 2006). Alhora, és interessant considerar que els plançons d'arbres forestals subalpins solen progressar més a redós de subarbusts o d'altres elements protectors, que exerceixen un clar efecte facilitador en front de factors d'estrès abiòtic o d'herbivorisme (Smith *et al.* 2003, Batllori *et al.* 2009). Per tot això, es preveu que els canvis ambientals i d'ús del sòl influeixin en el funcionament i en la posició del límit supraforestal, però no pas directament,

sinó modelats per processos de facilitació i de competència existents entre la comunitat forestal i l'arbus-tiva. En el cas dels Pirineus Centrals, aquests processos se centren en la germinació i l'establiment de plançons de *Pinus uncinata*.

Per tal de millorar el model actual, en aquest estudi ens proposem d'investigar les interaccions ecològiques entre plançons de pi negre (*Pinus uncinata*) i matolls de neret (*Rhododendron ferrugineum*) a través de dues aproximacions: 1) establint un experiment factorial manipulatiu, on es fa un seguiment detallat de plançons de pi negre al llarg de tres anys, que permeti evidenciar si aquests factors poden controlar l'evolució espaciotemporal de l'ecotò bosc-prat alpí dels Pirineus; 2) a nivell observacional, descrivint els patrons observats en parcel·les d'estudi naturals. En la part experimental, partim de la hipòtesi que aquestes interaccions poden canviar de positives a negatives en funció de l'estrès abiòtic i biòtic present al llarg de l'ecotò bosc-prats alpins. Pel que fa a la part observacional, partim de la hipòtesi que si hi ha interacció entre els elements potencialment protectors i la distribució espacial del pi negre, la proporció d'individus en contacte amb aquests elements no serà proporcional al recobriment d'aquests elements.

## Material i mètodes

### Aproximació experimental

Es van establir unes parcel·les d'estudi al Serrat de Capifonts (Pallars Sobirà, Catalunya), localitat representativa d'un ecotò en situació poc antropitzada dels Pirineus Centrals. El límit del bosc s'hi situa a uns 2.400 m d'altitud, en un vessant esquistós regular, on el període vegetatiu es pot estimar en uns 150 dies, i la temperatura mitjana del mes més càlid, el juliol, és d'11,7°C. El bosc subalpí és una forma típica del *Rhododendro-Pinetum uncinatae*, el prat alpí correspon al *Hieracio-Festucetum supinae*, i les landes que clapegen l'ecotò pertanyen al *Saxifrago-Rhododendretum ferruginei* i al *Cetrario-Loiseleurietum procumbentis*.

Vam establir un total de 64 petites parcel·les de seguiment (de c. 0,65 m<sup>2</sup> cadascuna), corresponents a un experiment considerant quatre factors binaris (16 combinacions), amb quatre rèpliques per a cada combinació. Els factors es van establir simulant diferents situacions ambientals, concretament:

- situació respecte de l'ecotò (la meitat dins del bosc, i l'altra meitat al mosaic obert)
- temperatura (protegides per cambres de metacrilat - *open top chambers*, OTC - del tipus ITEX, que incrementen la temperatura estival a ran del sòl entre 1 i 2°C, o a l'aire lliure).

c) situació respecte de mates de *Rhododendron ferrugineum* (a redós, o bé allunyades)

d) fertilització (amb addició d'un compost d'NPK, o sense).

A cada petita parcel·la, l'estiu de 2006 vàrem trasplantar-hi 6 plançons de *Pinus uncinata* provinents de viver, de tres anys de vida i procurant seleccionar-los d'un interval de mides prou regular. Durant tres períodes de creixement hem avaluat la supervivència, el creixement, i els efectes d'herbivorisme o de danys per fred hivernal en tots els plançons (en total, 384). En l'anàlisi de les dades, hem considerat cada petita parcel·la (grup de sis plançons) com una mostra, i els quatre factors binaris com a factors independents. Les respostes de cada mostra les hem analitzat emprant models linears mixtos.

### Aproximació observacional

Es van seleccionar sis parcel·les dins el Parc Nacional o en altres zones del Pirineu Central: tres eren en substrat calcari (Gelada, Llebreja, Tésol) i tres en substrat àcid (Capifonts, Dellui, Encamp), cadascuna de 10 m d'ample i d'entre 100 i 180 m de longitud, establertes al llarg de l'ecotò que du del bosc tancat als prats alpins. Cadascuna d'aquestes parcel·les la vam subdividir en 5 segments, de baix a dalt del vessant, en funció del diàmetre mitjà dels pins, cada cop més petit, per afavorir la comparació entre parcel·les. Per a cadascun dels individus de pi (des d'estadi de plançó fins a adults) es van anotar els elements (pedres, arbustos) que els rodejaven i amb els quals estaven en contacte i que potencialment podrien haver exercit alguna influència en l'establiment dels pins. Per altra banda, es va avaluar el recobriment de cadascun d'aquells elements que hi havia a les parcel·les al llarg de l'ecotò.

### Resultats i discussió

#### Aproximació experimental

La supervivència dels plançons ha estat molt elevada durant el període experimental, però molts plançons situats sobre del bosc i allunyats de *Rhododendron* varen veure's greument afectats durant el primer hivern, que va ser especialment dur. La manca de neu va propiciar greus efectes de dessecació hivernal a un 55% dels plançons (Ninot *et al.* 2008). La taula 1 resumeix els efectes que mostren diferències significatives lligades a les diferents condicions que els plançons han trobat a les parcel·les. Entre les variables mesurades, l'alçada de la tija dels plançons resulta força indicadora de les diferents situacions experimentals. En concret, ha mostrat efectes

positius en presència de *Rhododendron*, i també en resposta a l'addició de nutrients i a l'increment de temperatura.

Els plançons situats a redós de *Rhododendron* van veure's afavorits per un efecte facilitador molt marcat per part d'aquest arbust, a través d'una millor estructura funcional i de protecció vers l'herbivorisme i els danys hivernals. Aquest efecte pot ajudar a explicar la densificació d'arbres joves observada al límit forestal, on els claps de *Rhododendron* solen ser abundants. Ara bé, també es va observar competència per la llum per part de *Rhododendron* sobre els plançons, ja que aquests mostraven una etiolació de les tiges en presència de l'arbust. Pel que fa a l'efecte del bosc, a la part superior de l'ecotò és on es van detectar millors condicions de creixement dels plançons de pins, en comparació amb les condicions forestals. Els efectes de la temperatura i de l'addició de nutrients van ser notables en els plançons després de dos períodes vegetatius, afavorint-ne el creixement.

En general, doncs, els canvis ambientals simulats i les interaccions entre les mates de *Rhododendron ferrugineum* i els plançons de *Pinus uncinata* es manifesten com a importants factors claus en la regulació de la dinàmica de l'ecotò que separa el bosc subalpí de les pastures alpines del Pirineu Central, fins i tot en un període força curt.

#### Aproximació observacional

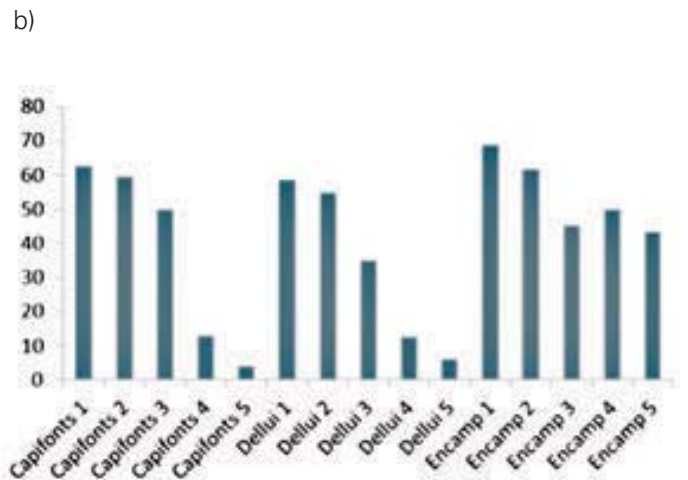
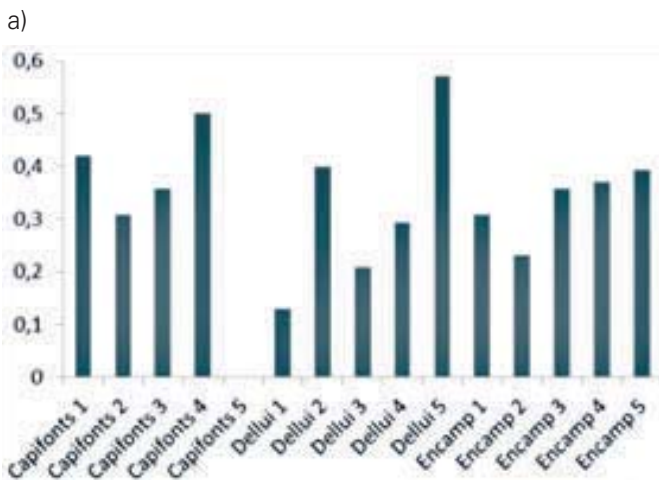
L'estudi de les parcel·les ens indica que hi ha certa interacció entre alguns dels elements estudiats i la distribució d'individus de pi negre al llarg de l'ecotò. Aquest és el cas que s'observa per *Rhododendron ferrugineum* i per a *Dryas octopetala*; en ambdós casos s'observa que la proporció d'individus en contacte amb aquests elements no és proporcional al recobriment d'aquests arbustos. Pel que fa a *Rhododendron* (Figura 1), tot i que el seu recobriment disminueix a mesura que ens desplacem cap a la part superior de l'ecotò, la proporció de pins associats a aquest arbust augmenta, indicant un efecte positiu entre la presència de l'arbre i de l'arbust a la part alta del límit supraforestal. Pel que fa a *Dryas* (Figura 2), observem que el seu recobriment és força alt cap a la part superior de l'ecotò comparat amb la part inferior de l'ecotò, però en canvi la proporció d'individus de pi associats a aquest subarbust disminueix, fet que indica que *Dryas* desafavoreix el reclutament de *Pinus*. L'anàlisi d'altres elements com la presència de roques o de *Vaccinium myrtillus* no revela cap patró clar que ajudi a entendre la distribució d'individus de pi.

**Conclusions**

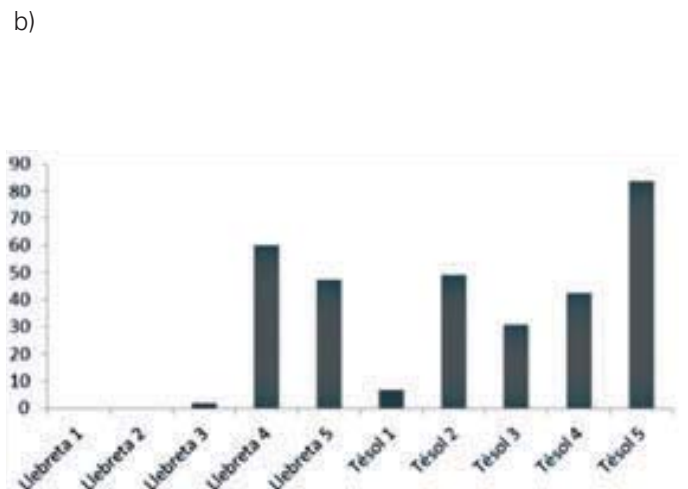
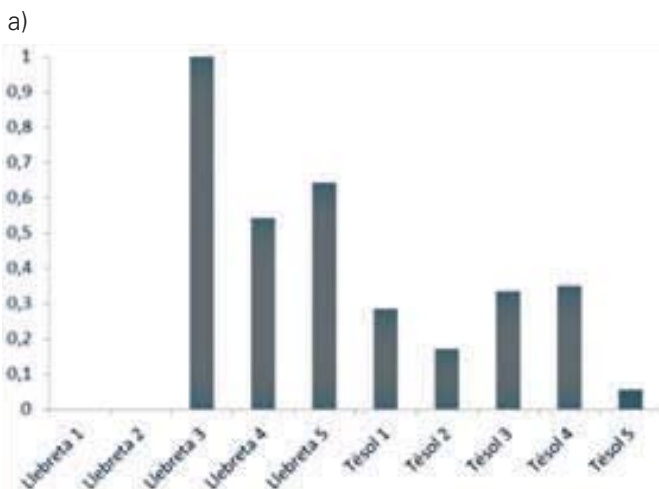
Aquest estudi confirma la importància de les interaccions entre arbres i arbusts en la densificació de pi negre a la transició en el límit superior del bosc. Experimentalment, les interaccions entre arbre i arbust es detecten en tot l'ecotò, amb poca diferenciació entre els ecosistemes forestal i alpí, tot i que els processos que s'hi donen són diferents. Els canvis ambientals analitzats produeixen també efectes significatius en el desenvolupament dels plançons forestals. L'estudi observacional ens indica que la distribució d'individus de pi negre es correlaciona positivament amb *Rhododendron* i negativament amb *Dryas*, indicant que la comunitat arbustiva pren un paper important per interpretar la distribució dels pins en el límit supraforestal. Cal doncs incloure tant els canvis ambientals com les interaccions entre arbres i arbusts com a factors reguladors de l'evolució espaciotemporal de l'ecotò entre el bosc i els prats alpins en els models d'estudi d'aquest ecosistema.

|                                      | 2007   | 2008   | 2009  |
|--------------------------------------|--|--|---|
| <b>Sota <i>Rhododendron</i></b>      | ↓ dany hivernal (fora del bosc)<br>↓ herbivorsime de gall fer (dins el bosc) | ↑ creixement proporcional de la tija 2007/2008<br>↓ herbivorsime de gall fer (dins el bosc)<br>↓ ramificació | ↑ creixement proporcional de la tija 2008/2009<br>↓ diàmetre de la tija |
| <b>Dins del bosc</b>                 | sense efectes visibles   | ↓ creixement proporcional de la tija 2007/2008<br>↓ ramificació  | ↓ creixement proporcional de la tija 2008/2009<br>↓ diàmetre de la tija |
| <b>Amb fertilització (NPK)</b>       | sense efectes visibles   | ↑ ramificació (fora del bosc)  | ↑ diàmetre de la tija   |
| <b>Dins de cambres tèrmiques OTC</b> | sense efectes visibles   | ↑ creixement proporcional de la tija   | ↑ creixement proporcional de la tija                                    |

**Taula 1.** Resum dels principals resultats que diferencien significativament els plançons segons els factors considerats respecte dels seus oposats (sense *Rhododendron*, fora el bosc, sense fertilitzant i sense OTC, respectivament), durant els tres anys de mostreig.



**Figura 1. a)** Proporció d'individus envoltats totalment per *Rhododendron ferrugineum* en les tres parcel·les amb substrat àcid. Les parcel·les estan subdividides en segments de l'1 al 5; 1 indica la part de baix de la parcel·la (zona forestal) i 5 la part superior de l'ecotò bosc-prats alpins; **b)** recobriment (%) de *Rhododendron*.



**Figura 1. a)** Proporció d'individus envoltats totalment per *Dryas octopetala* en dues parcel·les amb substrat calcari. Les parcel·les estan subdividides de l'1 al 5; 1 indica la part de baix de la parcel·la (zona forestal) i 5 la part superior de l'ecotò bosc-prats alpins; **b)** recobriment (%) de *Dryas*.

### Bibliografia

- BATLLORI, E., CAMARERO, J.J., NINOT, J.M. & GUTIÉRREZ, E. 2009. "Seedling recruitment, survival and facilitation in alpine *Pinus uncinata* tree line ecotones: implications and potential responses to climatic warming". *Global Ecol. Biogeogr.* 18: 460-472.
- BATLLORI, E. & GUTIÉRREZ, E. 2008. "Regional treeline dynamics in response to global change in the Pyrenees". *J. Ecol.* 96: 1275-1288.
- CHAPIN III, F.S., SHAVER, G.R., GIBLIN, A.E., NADELHOFFER, K.J. & LAUNDRE, J.A. 1995. "Responses of arctic tundra to experimental and observed changes in climate". *Ecology* 76, 3.
- CUNILL, R. 2010. *Estudi interdisciplinari de l'evolució del límit superior del bosc durant el període holocènic a la zona de Plaús de Boldís-Montarenyo, Pirineu central català*. Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- HOLTMEIER, F.-K. & BROLL, G. 2005. "Sensitivity and response of northern hemisphere altitudinal and polar treelines to environmental change at landscape and local scales". *Global Ecol. Biogeogr.* 14: 395-410.
- NINOT, J.M., CARRILLO, E., FONT, X., CARRERAS, J., FERRÉ, A., MASALLES, R.M., SORIANO, I. & VIGO, J. 2007. "Altitude zonation in the Pyrenees. A geobotanic interpretation". *Phytocoenologia* 37: 371-398.
- NINOT, J.M., GRAU, O., BATLLORI, E., CAMARERO, J.J. & CARRILLO, E. 2008. "Winter drought impairs pine regeneration at the Pyrenean treeline". In: *Droughts: Causes, Effects and Predictions*. Nova Science Publishers.
- SMITH, W.K., GERMINO, M.J., HANCOCK, T.E., & JOHNSON, D.M. 2003. "Another perspective on altitudinal limits of alpine timberlines". *Tree Physiol.* 23: 1101-1112.
- TAPE, K., STURM, M. & RACINE, C. 2006. "The evidence for shrub expansion in Northern Alaska and the Pan-Arctic". *Global Change Biology* 12: 686-702.