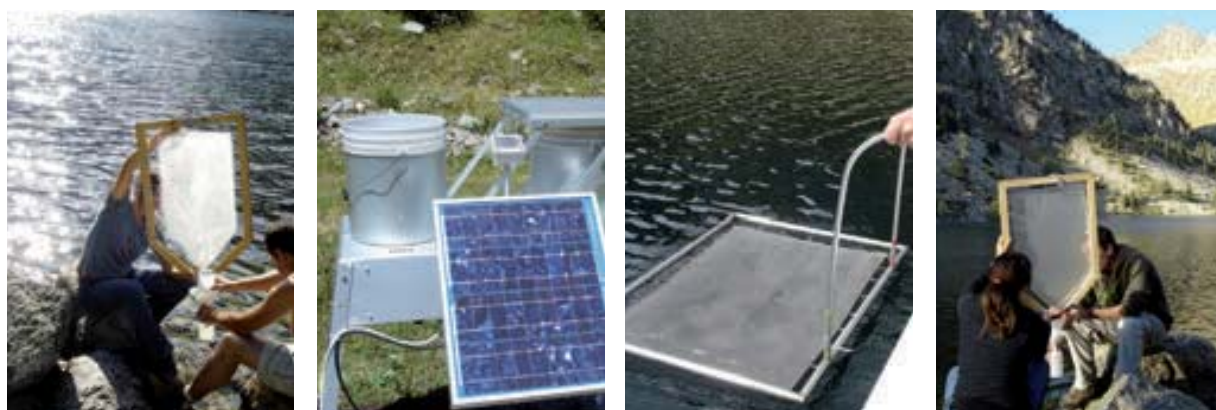


La investigació al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici



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



Estudi de la producció i la qualitat de llavor de *Pinus uncinata* ram. ex dc. al llarg del gradient altitudinal

Marc Talavera¹, Josep M. Ninot², Empar Carrillo¹

1. Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal 643, 08028 Barcelona

Abstract

Here we study the reproductive patterns of *Pinus uncinata* along the altitudinal gradient in the Pyrenees, from the mid subalpine belt to the treeline. From an ample sampling of cones in five locations, we have analyzed the seeds through morpho-functional traits and germination capacity. Whereas the increasing altitude produced no clear differences in seed weight and germination, a significant decrease in seed production was observed. It is concluded that forest expansion at the treeline is constrained by the low number of viable seeds produced, which points out the key effect of upward decreasing temperatures.

Keywords: High mountain, treeline, reproductive biology, forestation

Resum

Estudiem els patrons reproductius de *Pinus uncinata* al llarg del gradient altitudinal dels Pirineus centrals, des de mig estatge subalpí fins a la treeline. A partir d'una recol·lecció de pinyes en cinc localitats, hem analitzat la morfometria dels pinyons i la seva capacitat germinativa. Destaca que hi ha poques diferències altitudinals tant en el pes dels pinyons com en llur capacitat germinativa, però en augmentar l'altitud decreix significativament la producció de pinyons. Es conclou que la regeneració forestal a la treeline està limitada per la baixa disponibilitat de pinyons viables, i que els condicionants tèrmics en són els principals responsables.

Paraules clau: Alta muntanya, *treeline*, biologia reproductiva, reforestació

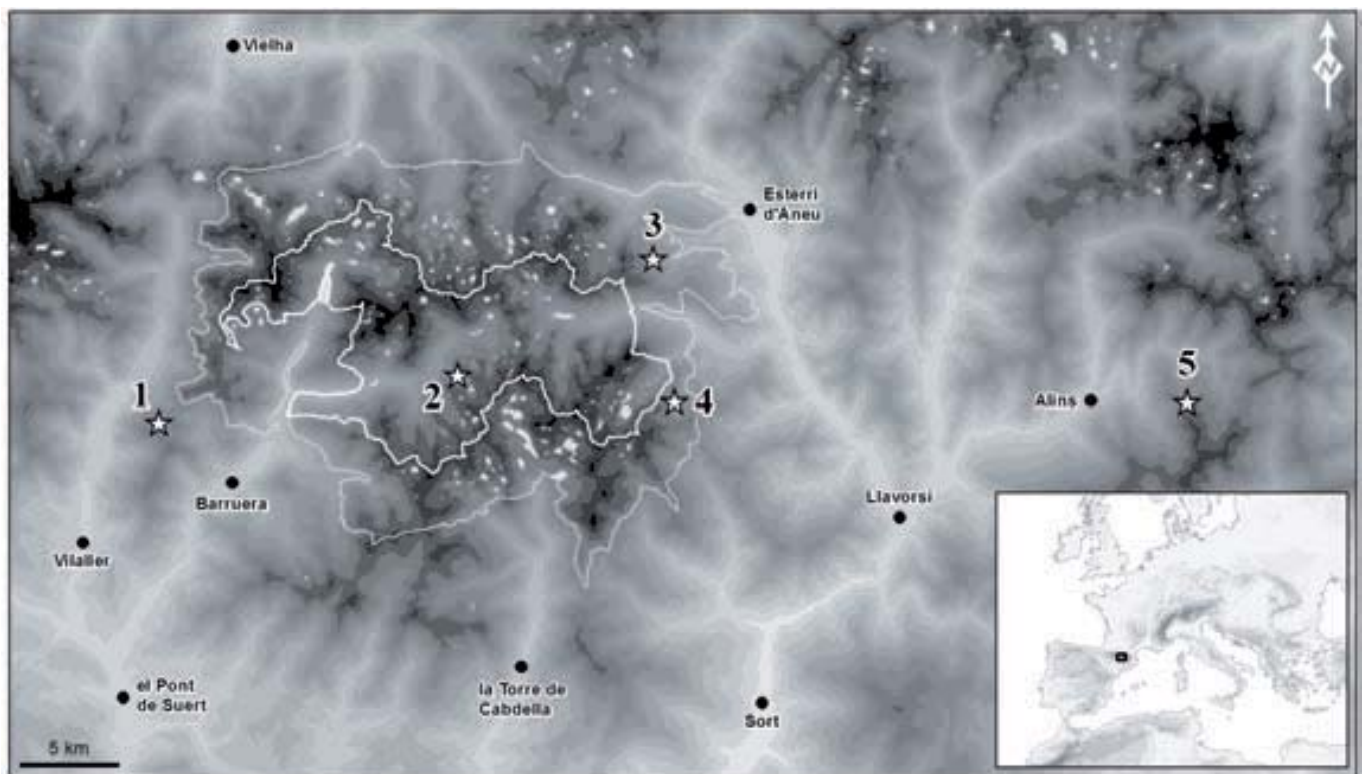


Figura 1. Localització de les 5 localitats estudiades. 1: Port de Gelada, 2: Estany de Dellui, 3: Son, lo Tésol, 4: Super Espot, Creu de l'Eixol, 5: Serrat de Capifonts.

Introducció

Aquest treball estudia els patrons reproductius de *Pinus uncinata* al llarg del gradient altitudinal dels Pirineus, des de la zona mitjana de l'estatge subalpí fins a la *treeline*, i com es veuen influenciats per la temperatura, pels factors ecològics i ambientals locals, i per l'autoecologia de l'espècie. Es desenvolupa en el context de canvi climàtic i d'usos del sòl, amb un clar increment de la temperatura que implica una millora de les condicions per a l'establiment de nous individus, (IPCC, 2007). Però tanmateix no es produeix un procés d'expansió forestal generalitzat a la zona de la *treeline* (Ninot *et al.*, 2008), circumstància que fa pensar en l'existència d'altres limitants poc estudiats fins ara. Per això, el nostre objectiu és determinar fins a quin punt la regeneració forestal a la *treeline* està limitada per una manca de diàspores viables de resultes de les baixes temperatures, i si els patrons reproductius observats en cada localitat mantenen coherència a escala regional, senyal que estan controlats principalment pel règim tèrmic.

Material i mètodes

Hem recol·lectat pinyes en cinc localitats del Pirineu occidental català (quatre al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici i una al Parc Natural de l'Alt Pirineu; Figura 1), i hem es-

tablert en cadascuna quatre parcel·les de mostreig seguint el gradient altitudinal, des de la zona mitjana de l'estatge subalpí fins a la *treeline*, on els pins són petits i reguats (*krummholz*). En cada parcel·la s'han mostrejat a l'atzar un mínim de cinc arbres, i s'ha obtingut un mínim de cinc pinyes de cadascun. Les principals variables reproductives mesurades en la pinya han estat la mida i el contingut en pinyons, el percentatge de pinyons plens, el pes dels pinyons i la capacitat germinativa (mitjançant tests de germinació en cambres d'ambient controlat al llarg de 121 dies). En les dues parcel·les extremes del gradient altitudinal, de dues de les localitats hem calculat també el nombre de pinyes produïdes per arbre i per àrea d'ocupació en el paisatge.

Resultats

Hem observat una disminució significativa, en el sentit ascendent del gradient altitudinal, per a les variables longitud de la pinya, nombre de pinyons totals, nombre de pinyons plens, nombre de pinyons buits, i nombre de pinyons plens per cm lineal de pinya. Per contra no hi ha diferències significatives per a les variables nombre de pinyes per individu potencialment reproductor, pes dels pinyons i capacitat germinativa (Taula 1).

El patró de germinació sí que reflecteix diferències significatives entre els diferents punts del gradient

Parcel·la del gradient altitudinal	Longitud pinya (cm)	Pinyons totals	Pinyons plens	Pinyons buits	Pinyons plens (%)	Pinyons plens/ cm de pinya	Pes pinyons (mg)	Germinació total (%)
Bosc dens altitud mitjana	4,79 ±0,68 a	46,8 ±22,4 a	37,5 ±22,3 a	9,3 ±9,3 a	77,8 ±20,0 a	7,67 ±4,20 a	9,65 ±2,61 a	63,4 ±21,1 a
Bosc dens altitud màxima	4,43 ±0,90 b	36,6 ±22,6 b	29,5 ±21,5 b	7,1 ±9,0 a	78,7 ±21,9 a	6,33 ±4,05 ab	9,06 ±2,57 a	66,1 ±24,4 a
Arbres dispersos	4,35 ±0,72 b	33,3 ±18,9 b	25,5 ±15,8 b	7,8 ±9,5 a	78,4 ±18,9 a	5,63 ±3,22 b	9,27 ±2,36 a	66,6 ±24,4 a
<i>Krummholz</i>	3,92 ±0,68 c	16,4 ±12,0 c	14,0 ±10,9 c	2,3 ±2,7 b	85,0 ±15,3 a	3,48 ±2,59 c	8,69 ±2,47 a	64,5 ±27,7 a

Parcel·la del gradient altitudinal	Germinació primer mes (%)	Germinació segon mes (%)	Germinació tercer mes (%)	Germinació quart mes (%)	Densitat (individus reprod./ha)	Pinyes per arbre	Alçada de capçada (m)	Ø de capçada
Bosc dens altitud mitjana	26,11 ±25,44 a	14,28 ±15,09 a	13,71 ±13,63 abc	9,05 ±8,63 a	1387,5 ±432,4 a	40,56 ±63,62 a	6,21 ±3,41 a	2,31 ±1,59 a
Bosc dens altitud màxima	26,75 ±29,16 a	20,54 ±18,42 ab	11,84 ±12,26 a	6,36 ±9,77 bc	-	-	-	-
Arbres dispersos	16,39 ±22,08 a	25,38 ±22,46 bc	17,02 ±14,71 b	7,86 ±9,86 ab	-	-	-	-
<i>Krummholz</i>	21,44 ±24,45 a	26,22 ±25,99 c	11,68 ±15,92 ac	3,7 ±7,75 c	48,85 ±1,63 b	35,94 ±58,28 a	2,55 ±1,11 b	1,95 ±0,88 a

Taula 1. Mitjanes i desviacions estàndard de totes les variables mesurades per a cada punt del gradient altitudinal. Per a una mateixa columna, les mitjanes seguides per una lletra diferent són significativament diferents, amb un nivell de significació de $p < 0,05$ (LSD test).

altitudinal, amb una tendència a una germinació més ràpida, però també més dilatada en el temps, en les dues posicions inferiors del gradient, i una germinació més retardada alhora que concentrada en les dues posicions superiors (Taula 1, figura 2). A més a més, per totes les variables analitzades hi ha un efecte significatiu del factor localitat, arbre, o de tots dos.

Discussió

Els resultats demostren l'efecte significatiu del gradient altitudinal, i en consonància del gradient tèrmic, en la reproducció de *Pinus uncinata*. Aquest efecte implica una disminució de la disponibilitat de diàspores viables a la zona de la *treeline* com a conseqüència d'unes pinyes més curtes i amb menys pinyons plens donada una mateixa longitud. Per contra, i a diferència del que s'esmenta en la bibliografia (Šenfeldr & Maděra, 2011), les baixes temperatures de la *treeline* no suposen una reduc-

ció ni del percentatge de pinyons plens, ni del seu pes, ni de la capacitat germinativa, ni del nombre de pinyes produït per arbre. Amb relació a l'efecte dels factors localitat, arbre i posició en l'arbre, malgrat que el gradient tèrmic té un clar efecte en la reproducció i que els patrons reproductius observats mantenen coherència a escala regional, no es pot menystenir l'efecte dels factors ambientals i ecològics que actuen a escala local, ni tampoc de la variabilitat poblacional en l'autoecologia de *Pinus uncinata*. El conjunt dels resultats es tradueix en el fet que a la *treeline* l'individu produeix tres vegades menys pinyons viables que a la zona mitjana de l'estatge subalpí (325 per individu i any en els *krummholz*, i 964 en el bosc dens a altitud mitjana); i a l'àrea, 84 vegades menys (dues ordres de magnitud de diferència: 15.854 pinyons viables per ha i any en els *krummholz*, i 1.337.986 en el bosc dens a baixa altitud). Aquesta baixa producció de pinyons a la *treeline* confirma que la regeneració forestal

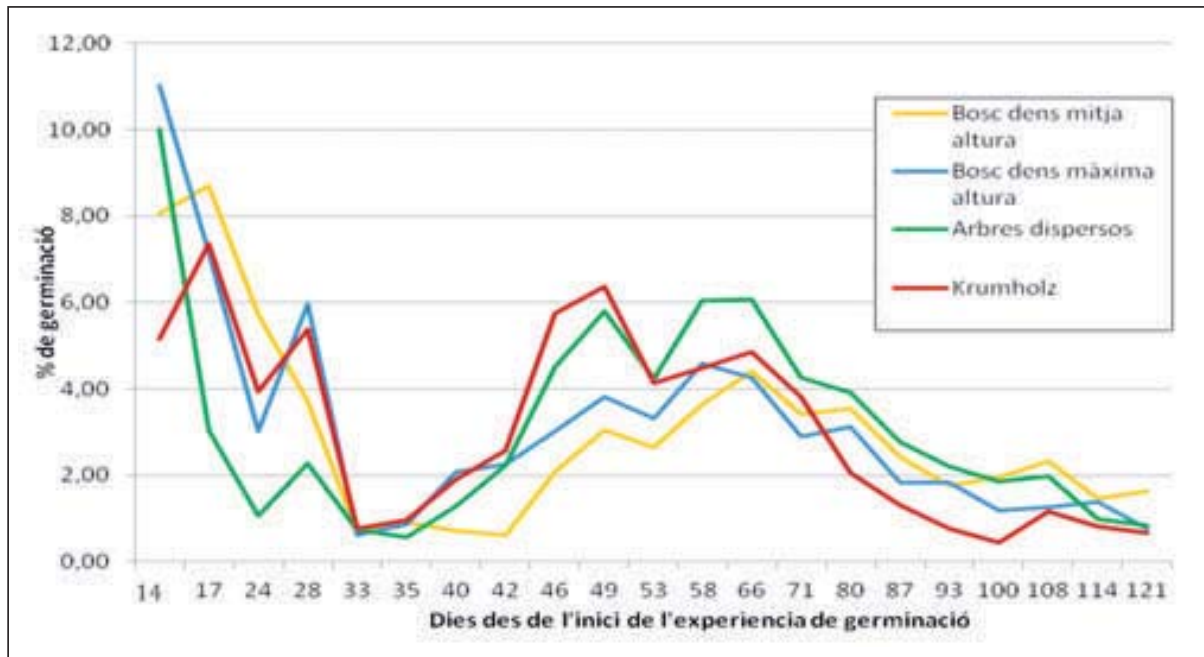


Figura 2. Patró de germinació (en percentatges puntuals sobre el total de pinyons sembrats) per a cadascun dels punts del gradient altitudinal analitzats.

a l'ecotò està fortament limitada per la temperatura, que actua no només a través de dificultar l'establiment de les plàntules, sinó també a través de limitar la producció de pinyons.

La disponibilitat de diàspores viables és el primer factor limitant, en ordre d'aparició, per a la regeneració forestal a l'ecotò. Aquesta constricció pot explicar per què, tot i el canvi climàtic ocorregut en les darreres dècades amb la consegüent millora de les condicions per a l'establiment d'individus, la densificació i el desplaçament altitudinal de la *treeline* dels Pirineus i de moltes altres zones àrtiques i alpines ha estat lent o nul (Dalen & Hofgaard, 2005; Dullinger *et al.*, 2004; Ninot *et al.*, 2008). Tot i produir-se pinyons viables a la *treeline*, la hipòtesi de l'existència d'una clara limitació de la regeneració forestal per manca de pinyons viables pren cos si es té en compte la sinergia produïda entre un conjunt de factors que actuen en el mateix sentit a la *treeline*. El primer és l'elevat grau de depredació exercit sobre les llavors dispersades (Castro, 1999; Worthy *et al.*, 2006; Smit *et al.*, 2006). El segon és el tipus de disseminació de *Pinus uncinata*, que, tot i ser anemòcora, es realitza principalment a curta distància (Batllori *et al.*, 2010), i només aïlladament

arribaria fins a 200 m (Dullinger *et al.*, 2004). El tercer i últim són les dures condicions ambientals de l'ecotò (Körner, 2007; Holtmeier & Broll, 2010), els pocs llocs favorables per a l'establiment (Munier *et al.*, 2010; Leonelli *et al.*, 2011), la competència amb els estrats herbaci i arbustiu (Munier *et al.*, 2010), i la depredació sobre les plàntules (Cairns & Moen, 2004; Speed *et al.*, 2010; Grau *et al.*, 2011). D'aquesta manera, com que hi ha molt poques diàspores viables disponibles, pràcticament cap aconseguirà superar tots aquests factors limitants.

Conclusions

Es conclou que la regeneració forestal a la *treeline* dels Pirineus està molt limitada per la baixa disponibilitat de pinyons viables, i que, dins dels components del canvi climàtic, els condicionants tèrmics en són els principals responsables. Alhora, es constata que els patrons reproductius es mantenen coherents a escala regional, cosa que corrobora una influència determinant de la temperatura. Tot i això, també són importants els factors ambientals i ecològics que actuen a escala local, i l'autoecologia de l'espècie expressada com a variabilitat entre arbres.

Bibliografia

- BATLLORI, E., CAMARERO, J.J., GUTIÉRREZ, E. (2010) Current regeneration patterns at the tree line in the Pyrenees indicate similar recruitment processes irrespective of the past disturbance regime. *Journal of Biogeography*, 37, 1938–1950.
- CAIRNS, D.M., MOEN, J. (2004) Herbivory influences tree lines. *Journal of Ecology*, 92, 1019–1024.
- CASTRO, J. (1999) Seed mass versus seedling performance in Scots pine: a maternally dependent trait. *New Phytologist*, 144, 153–161.
- DALEN, L., HOFGAARD, A. (2005) Differential regional treeline dynamics in the Scandes Mountains. *Artic, Antarctic, and Alpine Research*, 37, 284–296.
- DULLINGER, S., DIRNBÖCK, T., GRABHERR, G. (2004) Modelling climate change-driven treeline shifts: relative effects of temperature increase, dispersal and invasibility. *Journal of Ecology*, 92, 241–252.
- GRAU, O., NINOT, J.M., CALLAGHAN, T.V. (2011) Efecte dels arbusts en la dinàmica del límit superior del bosc de pi negre en resposta a simulacions de canvis ambientals als Pirineus centrals. In: *Actes del IX Col·loqui Internacional de Botànica Pirenaico-cantàbrica a Ordino, Andorra: 165-170. Monografies del CENMA (Centre d'Estudis de la Neu i de la Muntanya). Andorra.*
- HOLTMEIER, F.C., BROLL, G. (2010). Wind as an ecological agent at treeline in North America, the Alps, and the European Subarctic. *Physical Geography*, 31, 203–233.
- IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Pachauri, R.K. & Reisinger, A. eds.). IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- KÖRNER, C. (2007) Climatic treelines: conventions, global patterns, causes. *Erdkunde*, 61, 316–324.
- LEONELLI, G., PELFINI, M., MORRA DI CELLA, U., GARAVAGLIA, V. (2011) Climate warming and the recent treeline shift in the European Alps: The role of geomorphological factors in high-altitude sites. *AMBIO*, 40, 264–273.
- MUNIER, A., HERMANUTZ, L., JACOBS, J.D., LEWIS, K. (2010) The interacting effects of temperature, ground disturbance, and herbivory on seedling establishment: implications for treeline advance with climate warming. *Plant Ecology*, 210, 19–30.
- NINOT, J.M., BATLLORI, E., CARRILLO, E., CARRERAS, J., FERRÉ, A., GUTIÉRREZ, E. (2008) Timberline structure and limited tree recruitment in the Catalan Pyrenees. *Plant Ecology & Diversity*, 1, 47–57.
- ŠENFELDR, M., MADĚRA, P. (2011) Population structure and reproductive strategy of norway spruce (*Picea abies* L. Karst) above the former pastoral timberline in the Hrubý Jeseník Mountains, Czech Republic. *Mountain Research and Development*, 31, 131–143.
- SMIT, C., GUSBERTI, M., MÜLLER-SCHÄRER, H. (2006) Safe for saplings; safe for seeds? *Forest Ecology and management*, 237, 417–477.
- SPEED, J.D.M., AUSTRHEIM, D., HESTER, A.J., MYSTERUD, A. (2010) Experimental evidence for herbivore limitation of the treeline. *Ecology*, 91, 3414 – 3420.
- WORTHY, F., LAW, R., HULME, P.E. (2006) Modeling the quantitative effects of pre- and post-dispersal seed predation in *Pinus sylvestris* L. *Journal of Ecology*, 94, 1201–1213.