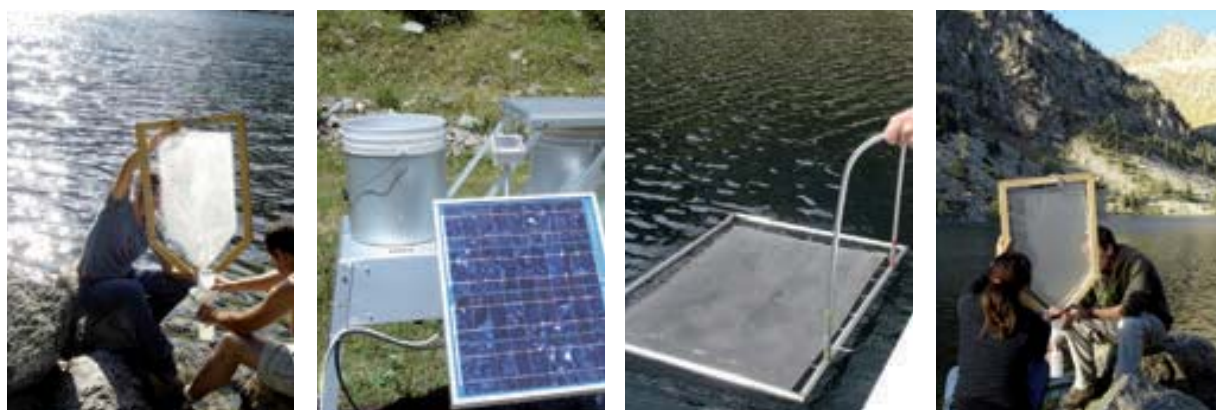


La investigació al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici



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



Canvis en la vegetació de les congegteres com a resposta a la variabilitat climàtica

Estela Illa, Artur Lluent, Empar Carrillo

GEOVEG (Grup de recerca de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació). IRBIO (Institut de Recerca de Biodiversitat)

Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona. Av. Diagonal, 643. Barcelona 08028.

Abstract

Monitoring a vegetation transect in one snowbed of the National Park reveals small changes in the species distribution after nine years. The set of plant communities remained the same, but we observed some shifts in the boundaries among them. The snowbed specialist species showed a trend to reduce their space occupancy, moving towards the central part of the snowbed, whereas some grassland species settled on the spaces left. Such changes could be related to the noticeable irregularities in the thermal and rainfall regimes from this period. These results indicate that monitoring snowbeds should be done at periods not longer than ten years.

Keywords: vegetation survey, snowbed, climatic change, Pyrenees, National Park, LTER

Resum

El seguiment d'un transsecte del monitoratge de congegteres del parc nacional establert l'any 2003 mostra canvis lleus en la vegetació després de nou anys. Les comunitats vegetals són les mateixes, si bé les fronteres entre elles han variat. Les espècies quionòfiles tendeixen a reduir l'àrea i es desplacen cap a l'interior de la congegtera, mentre que les espècies pradenques colonitzen aquests nous espais. Les dades meteorològiques del període mostren irregularitat en temperatures i precipitacions, fet que podria explicar els canvis detectats.

Els resultats mostren que l'interval de temps per repetir el mostreig de seguiment no hauria de ser superior a deu anys.

Paraules clau: seguiment vegetació, congegtera, canvi climàtic, Pirineus, Parc Nacional, LTER

Introducció

Dins del context de canvi climàtic és una evidència que a les zones de muntanya hi ha un clar retrocés de les glaceres (Haeberli & Beniston 1998) i tots els models apunten que durant el proper segle disminuirà de manera notable la innivació hivernal (Beniston *et al.* 2003, López-Moreno *et al.* 2009). En ambients alpins es donen gradients ecològics i florístics molt pronunciats deguts al microrelleu (Johnson and Billings 1962), que en les congesteres vénen condicionats sobretot pel gruix i la durada de la neu (Galen and Stanton 1995), i, en menor mesura, per l'aportació d'aigua al sòl procedent de la fosa i pel contingut en matèria orgànica del sòl (Stanton *et al.* 1994). En aquest sentit la vegetació pròpia de les congesteres, adaptada a completar el seu cicle en un breu lapse de temps lligat al règim de fosa de la neu, i a rebre una energia limitada durant el període vegetatiu (Illa *et al.* 2011), pot ser que es vegi afectada de forma més o menys ràpida per un canvi en les condicions climàtiques, tot i que la vegetació alpina presenta una alta resiliència i està adaptada a suportar fluctuacions ambientals i perturbacions severes (Körner 1999). Malgrat això les plantes de congenera són extremadament fràgils per la reduïda àrea que ocupen (Lluent *et al.* 2006b) i per la dificultat de trobar nous ambients favorables. Es preveu que el canvi climàtic segueixi afectant l'alta muntanya pirinenca amb una irregularitat meteorològica important (López-Moreno 2005, López-Moreno *et al.* 2009), fet que pot fer variar les condicions particulars de les congesteres (brevetat del període vegetatiu, manca d'eixut estival, protecció hivernal per la coberta de neu). Aquestes condicions aparentment desfavorables són justament les que permeten el creixement de les plantes quionòfiles i que en un ambient menys restrictiu serien desplaçades per les espècies pradenques dels voltants, molt més abundants i competitives (Kudo 1992, Schöb *et al.* 2008). Malgrat això no s'ha estudiat amb detall si es produeixen canvis en la vegetació de les congesteres, ni de la velocitat en què es poden donar. Amb la idea d'avaluar la magnitud d'aquest

canvi i de determinar-ne el caràcter, durant els anys 2003-2007 vam establir dins el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici diversos transectes permanents que segueixen el gradient de fusió de la neu (Lluent *et al.* 2006a). En cadascun d'ells es succeeixen una sèrie de submostres de les quals es van anotar la presència i recobriment de tots els tàxons vasculars i briòfits, fet que ens permet disposar d'una informació molt acurada sobre la distribució de les espècies al llarg del gradient de fusió, de com formen diferents grups de vegetació, i on se situen i com de graduals són les fronteres entre ells.

La nostra hipòtesi és que la irregularitat climàtica que pateix actualment l'alta muntanya pirinenca, amb una tendència a la disminució de les precipitacions hivernals i un augment de la sequera estival (Servei Meteorològic de Catalunya i dades pròpies), pot ocasionar d'una banda un retrocés de les espècies més quionòfiles cap a les zones més innivades de la congenera, i d'altra banda un avanç de les espècies pradenques més competitives. L'objectiu d'aquest treball és comprovar si s'han produït canvis en la distribució de les espècies i de les comunitats sobre el transecte d'una congenera situada sota el port de Ratera i estudiat per primera vegada l'any 2003.

Metodologia

El transecte objecte d'estudi es troba situat al vessant nord del port de Ratera, dins la zona perifèrica del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici (fig. 1).

El mostreig s'ha dut a terme durant l'òptim de vegetació (entre finals de juliol i mitjan agost) utilitzant la mateixa metodologia emprada l'any 2003 (Lluent 2007, Lluent *et al.* 2006a). El transecte establert és una línia que segueix el gradient de fusió de la neu i que va des d'un punt exterior a la congenera (condicions habituals d'innivació a l'estatge alpí) fins al seu interior (condicions de sobreinnivació).

Perpendicularment a la línia del transecte es delimita una superfície de 10 x 50 cm cada 20 cm, i s'anota la presència de les espècies que hi apa-



Figura 1. Situació de la congegistera estudiada al nord-est del port de Ratera, 2540 m, orientació nord i pendent suau (< 5°).

reixen i el seu recobriment estimat en classes (1 < 10%, 2 entre 10 i 50%, 3 > 50%). Al transecte de Ratera hi ha un total de 70 submostres, repartides en 14 metres.

Per fer l'anàlisi dels grups de vegetació hem utilitzat la tècnica d'agrupació no jeràrquica Fuzzy-C-means (Bezdek 1987), que permet agrupar les submostres en tants grups com es vulgui segons la seva composició florística. D'aquesta manera els grups resultants corresponen als conjunts més homogenis de submostres. De cada transecte, n'obtenim una matriu rectangular on les columnes són les espècies i les files, les submostres. Aquestes dades es transformen amb la distància de Hellinger (Rao 1995), que té en compte els valors de recobriment a l'hora de calcular la distància entre els objectes. Per tal de mirar si les diferents espècies discriminen entre els grups que podem distingir hem calculat la fidelitat de cada espècie a cada grup utilitzant el valor Φ de fidelitat (Chytrý et al. 2002) i considerant com a valor Φ llindar 0,3, el qual té una significació estadística inferior a 0,05 per a transectes de més de 46 mostres. Totes les anàlisis han estat realitzades amb el programa Ginkgo del paquet VegAna (Bouxin 2005; de Cáceres 2005).

Resultats

Els quatre grups en què es reuneixen les mostres són els mateixos que els observats el 2003 i corresponen a les mateixes comunitats vegetals. Concretament, de la part menys innivada a la més innivada, se succeeixen el prat climàtic de *Carex curvula* (*Gentiano-Caricetum curvulae*), la formació de *Salix herbacea* (*Anthelio-Salicetum herbaceae*), la comunitat quionòfila de petits hemicriptòfits (*Gnaphalio-Sedetum candollei*) i la formació briofítica de *Brachytecium glaciale* (fig.2). La distribució de les diferents formacions vegetals sobre el gradient de fusió de la neu és similar, si bé es detecten petites variacions en les submostres que corresponen a l'espai de contacte entre comunitats (fig.3). La frontera entre els grups 1 i 2 és més difusa el 2012 (el 2003 se situava entre els metres 2 i 2,60; mentre que el 2012 se situa entre els metres 2 i 3,40). La frontera entre els grups 2 i 3 s'ha definit més (el 2003 era força difusa i se situava entre els metres 5,40 i 6,50, mentre que el 2012 es detecta vora els metres 5,40 i 5,60). La formació de *Salix herbacea* (grup 2) redueix, doncs, superfície per tots dos costats del gradient. Finalment, la frontera entre els grups 3 i 4 segueix sent clara i ben definida, però el 2012 es situa més pròxima a la part més innivada.

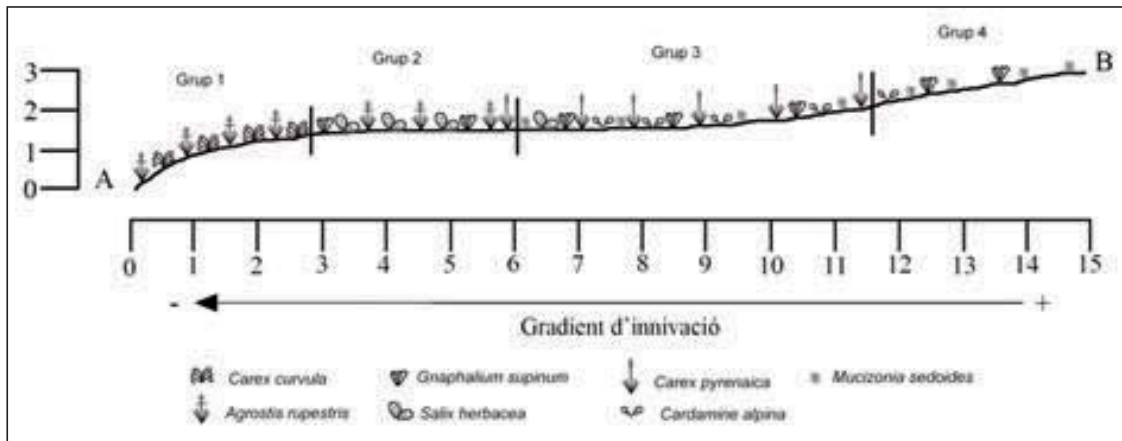


Figura 2. (extreta de Lluent 2007). Situació de les diferents formacions vegetals, amb les plantes més abundants, sobre el transecte de Ratera (grup 1- *Gentiano-Caricetum curvulae*; grup 2- *Anthelio-Salicetum herbaceae*; grup 3- *Gnaphalio-Sedetum candollei*; grup 4- formació de *Brachytecium glaciale* A- punt d'inici del transecte; B- punt final del transecte; escales numèriques en metres).

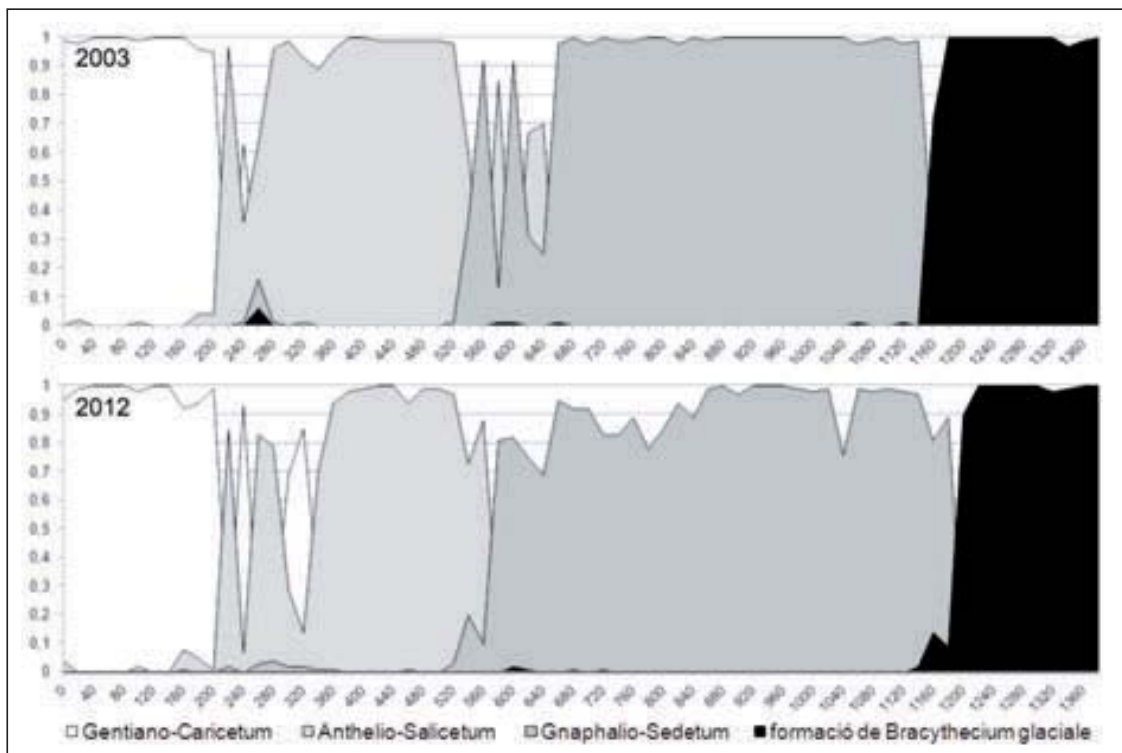


Figura 3. Pertinença de les submostres als diferents grups al transecte de Ratera els anys 2003 i 2012.

Si observem la fidelitat de les espècies a cada grup (fig. 4) veiem que també ha variat lleugerament. Al prat (*Gentiano-Caricetum curvulae*), les espècies fidels són estrictament pradengues, com era d'esperar. Tot i així, el 2003 *Anthelia juratzkana* (hepàtica de congegatera) sortia vinculada amb aquest grup, mentre que el 2012 és fidel al grup 2 (*Anthelio-Salicetum herbaceae*), com seria esperable. Als grups 3 (*Gnaphalio-Sedetum candollei*) i 4 (formació de molses) és on s'aprecien canvis més evidents. L'any 2003 l'única espècie que sortia fidel al 4t grup era el briòfit *Brachytecium glaciale*, mentre que el 2012 també apareixen com a espècies fidels al grup *Cerastium cerastoides* i *Cardamine bellidifolia*

subsp. *alpina*. La distribució d'aquesta darrera planta ens indica que s'han produït canvis en la vegetació de la part més innivada de la congegatera. L'any 2003 presentava una fidelitat molt elevada pel grup 3, mentre que el 2012 es pot considerar que és fidel als dos grups però amb un valor més baix. El conjunt d'espècies trobat al llarg del transecte per a l'any 2003 és de 37, i és pràcticament el mateix que el que s'ha observat el 2012 (39 tàxons). Apareixen de nou *Festuca eskia* i *Vaccinium uliginosum* i no s'ha detectat la presència de *Campanula scheuchzeri*, de la qual el 2003 només apareixia un sol peu en una submostra. Totes tres són espècies més generalistes que no les de congegatera.

2003	gr1	gr2	gr3	gr4	2012	gr1	gr2	gr3	gr4
<i>Carex curvula curvula</i>	0.95	-0.21	-0.38	-0.22	<i>Carex curvula curvula</i>	0.82	-0.09	-0.45	-0.2
<i>Primula integrifolia</i>	0.63	0.3	-0.51	-0.33	<i>Primula integrifolia</i>	0.71	0.21	-0.56	-0.26
<i>Polytrichum pliferum</i>	0.61	-0.17	-0.22	-0.13	<i>Gentiana alpina</i>	0.66	0.32	-0.6	-0.28
<i>Gentiana alpina</i>	0.59	0.35	-0.54	-0.31	<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	0.58	0.39	-0.57	-0.31
<i>Phyteuma hemisphaericum</i>	0.59	0.35	-0.54	-0.31	<i>Agrostis rupestris</i>	0.49	-0.12	-0.04	-0.36
<i>Agrostis rupestris</i>	0.57	0.24	-0.39	-0.36	<i>Leontodon pyrenaicus</i>	0.45	0.27	-0.4	-0.27
<i>Leontodon pyrenaicus</i>	0.54	-0.05	-0.24	-0.17	<i>Luzula spicata</i>	0.34	-0.09	-0.15	-0.07
<i>Anthelia juratzkana</i>	0.5	0.23	-0.41	-0.24	<i>Pedicularis kernerii</i>	0.34	-0.09	-0.15	-0.07
<i>Poa alpina</i>	0.42	-0.11	-0.37	0.19	<i>Plantago maritima alpina</i>	0.08	0.67	-0.44	-0.26
<i>Plantago maritima alpina</i>	-0.02	0.78	-0.48	-0.28	<i>Nardus stricta</i>	-0.18	0.62	-0.17	-0.28
<i>Sibbaldia procumbens</i>	-0.15	0.62	-0.27	-0.24	<i>Salix herbacea</i>	0.22	0.39	-0.12	-0.55
<i>Euphrasia minima</i>	0.36	0.59	-0.55	-0.35	<i>Sibbaldia procumbens</i>	-0.17	0.32	0.03	-0.21
<i>Salix herbacea</i>	0.23	0.55	-0.32	-0.45	<i>Anthelia juratzkana</i>	0.1	0.31	-0.16	-0.25
<i>Nardus stricta</i>	-0.09	0.53	-0.26	-0.2	<i>Polytrichum sexangulare</i>	-0.4	0.3	0.3	-0.32
<i>Cardamine bellidifolia alpina</i>	-0.42	-0.6	0.73	0.19	<i>Veronica alpina</i>	-0.37	-0.32	0.72	-0.22
<i>Mucizonia sedoides</i>	-0.38	-0.45	0.7	0	<i>Carex pyrenaica</i>	-0.45	0.09	0.63	-0.49
<i>Veronica alpina</i>	-0.37	-0.24	0.61	-0.14	<i>Sagina saginoides</i>	-0.4	-0.27	0.48	0.1
<i>Molsa acrocárpica</i>	-0.24	-0.32	0.59	-0.15	<i>Molsa acrocárpica</i>	-0.2	-0.21	0.46	-0.17
<i>Carex pyrenaica</i>	-0.49	0.36	0.55	-0.65	<i>Mucizonia sedoides</i>	-0.24	-0.25	0.39	0.01
<i>Polytrichum sexangulare</i>	-0.39	0.19	0.44	-0.39	<i>Gnaphalium supinum</i>	-0.2	0.17	0.37	-0.51
<i>Gnaphalium supinum</i>	0.21	0.28	0.36	-1	<i>Oreochloa disticha</i>	-0.15	-0.16	0.34	-0.12
<i>Taraxacum alpinum</i>	-0.16	-0.22	0.36	-0.04	<i>Arenaria biflora</i>	-0.02	-0.23	0.33	-0.18
<i>Sagina saginoides</i>	-0.29	-0.24	0.34	0.13	<i>Poa alpina</i>	-0.03	-0.27	0.32	-0.11
<i>Cerastium cerastoides</i>	-0.41	-0.16	0.3	0.2	<i>Brachythecium glaciale</i>	-0.2	-0.21	-0.36	1
<i>Brachythecium glaciale</i>	-0.2	-0.26	-0.34	0.95	<i>Cardamine bellidifolia alpina</i>	-0.36	-0.45	0.33	0.47
					<i>Cerastium cerastoides</i>	-0.23	-0.15	0.05	0.36

Figura 4. Fidelitats de les espècies als diferents grups de vegetació els anys 2003 i 2012.

La distribució i abundància de la majoria de les espècies es manté més o menys constant en 9 anys (fig. 5 i 6), tot i que alguns tàxons en concret mostren tendències inequívokes. Concretament, pel que fa a les plantes de congenera, hi ha espècies com *Cardamine bellidifolia* subsp. *alpina*, *Mucizonia sedoides* o *Cerastium cerastoides* que desapareixen d'algunes de les submostres situades cap a la part mitjana del transecte, corresponent al grup 3 (fig. 5). En alguns casos fins i tot ocupen submostres del grup 4, fet que es tradueix amb l'augment de fidelitat d'alguns d'aquests tàxons per a aquest grup. Pel que fa a algunes espècies típicament pradenques, com *Nardus stricta*, *Poa alpina* o *Agrostis rupestris*, s'aprecia com apareixen en submostres dels grups 2 i sobretot 3, en les quals el 2003 hi eren pràcticament absents (fig.6).

Discussió

A la congenera de Ratera, després de nou anys es continuen reconeixent les mateixes comunitats que es succeeixen sobre el gradient d'innivació, i les espècies que apareixen són les mateixes. Tot i això, s'aprecien canvis en la distribució d'aquestes espècies, que indiquen un retrocés cap a la zona interior de la congenera dels tàxons quionòfils així com un avanç d'algunes gramínies característiques dels ambients pradencs en aquesta mateixa direcció. Això confirma el que ja advertien diversos autors (Kudo 1992, Schöb *et al.* 2008) sobre la vulnerabilitat de les espècies quionòfiles davant les espècies pradenques que les envolten. El seguiment de les condicions ambientals *in situ* du-

rant un període de tres anys va mostrar una irregularitat interanual important pel que fa a la durada del període vegetatiu (Lluent 2007), que afectava el cicle reproductiu d'algunes espècies (Lluent *et al.* 2013). Les dades meteorològiques de l'observatori de la Bonaigua (Servei Meteorològic de Catalunya 2012) mostren també la irregularitat dels darrers anys, en què destaquen variacions de la temperatura mitjana anual de fins a 2°C i diferències en la precipitació de fins a 400 mm/any. Lluent (2007) no va detectar problemes de sequedat en el sòl cap dels anys en què va fer el seguiment, però tenint en compte que d'un any per l'altre la fosa de la neu es pot avançar i coincidir amb un estiu de baixes precipitacions (anys 2008, 2009, 2010), a la congenera es podrien arribar a donar moments d'estrès hídric que afectarien les espècies més higròfiles com *Cerastium cerastoides*. Així mateix, la tendència a la disminució de les precipitacions hivernals porta a una escassetat de neu que, ocasionalment, pot deixar part de la vegetació de la congenera parcialment descoberta i sotmesa a temperatures negatives molt baixes. S'ha comprovat que aquest fet perjudica les espècies quionòfiles fent que disminueixin la seva biomassa i productivitat (Baptist *et al.* 2010), mentre que aïllades per la coberta nival poden mantenir una certa activitat funcional (Körner 1999).

D'altra banda, un allargament del període vegetatiu permet a les espècies pradenques reproduir-se bé i colonitzar espais nous dins de les comunitats pròpies de la congenera, especialment si hi ha un baix recobriment de la vegetació i una certa reducció dels efectes de les espècies quionòfiles, sigui per mortalitat o per pèrdua de vigor i disminució del re-

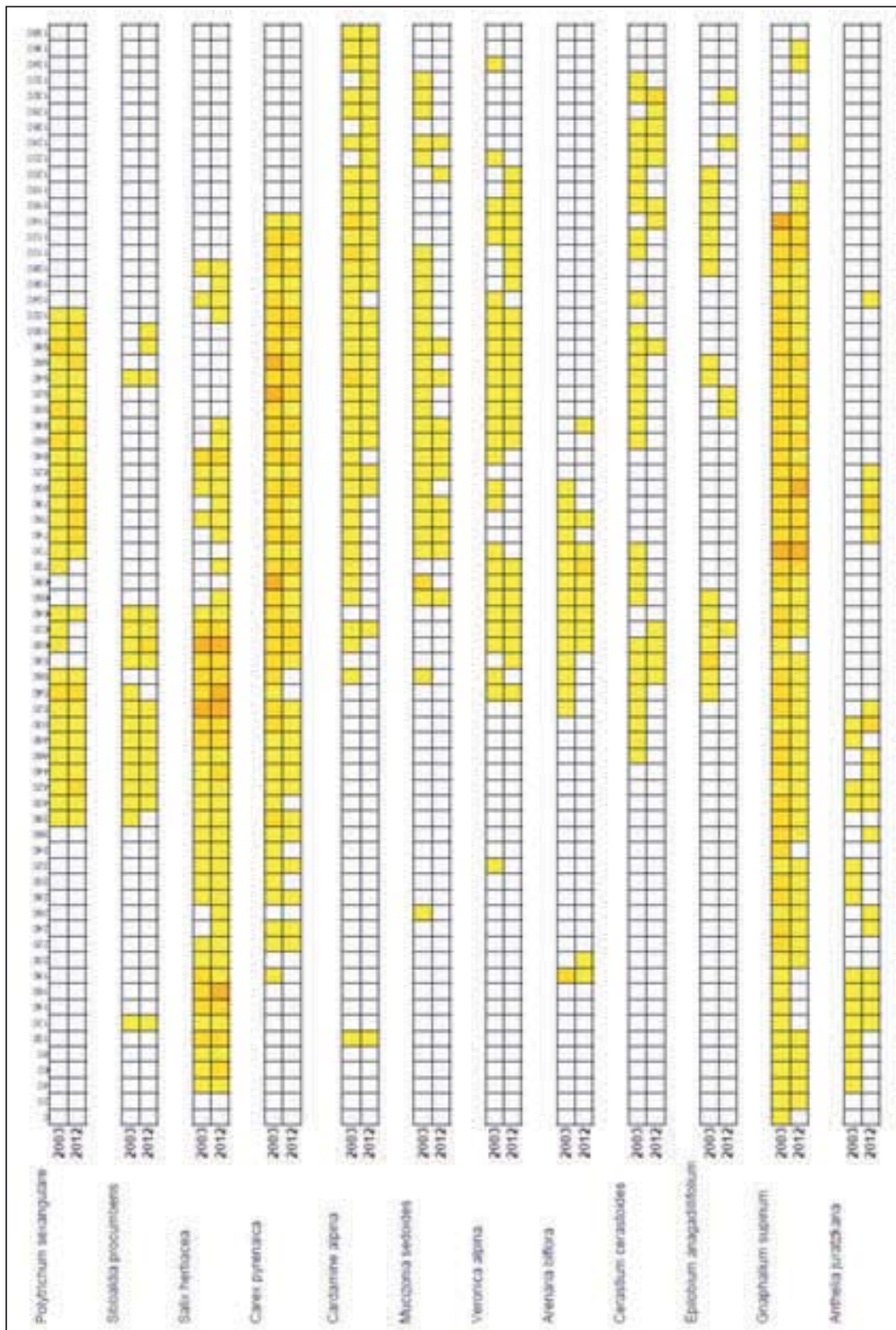


Figura 5. Abundància de les espècies de congestera per a cada submostra els anys 2003 i 2012 (el color més fosc indica més recobriment)

cobriment. Això podria explicar la reducció de la superfície ocupada per la formació de *Salix herbacea*. Desconeixem encara, però, com aquestes espècies es veuen afectades per les alteracions que el canvi ambiental provoca en altres organismes que hi interactuen: fongs micorízics, pol·linitzadors, depredadors, etc.

Un altre aspecte que cal tenir en compte a l'hora d'avaluar el canvi és el fet que la vegetació pròpia de les congesteres, a més d'estar condicionada

per un període vegetatiu curt (Körner 1999, Illa *et al.* 2011), també ho està pel desenvolupament més o menys profund del sòl (Braun-Blanquet 1948). Sovint el sector més innivat és el de sòl menys desenvolupat i més pedregallós, de manera que el retrocés cap a aquesta zona pot ser inviable per a les espècies quionòfiles. De fet, en congestes permanents o quasi, situades al peu de cingles i canals de la zona alpina solen ser rocams i no porten vegetació, o les plantes que hi viuen

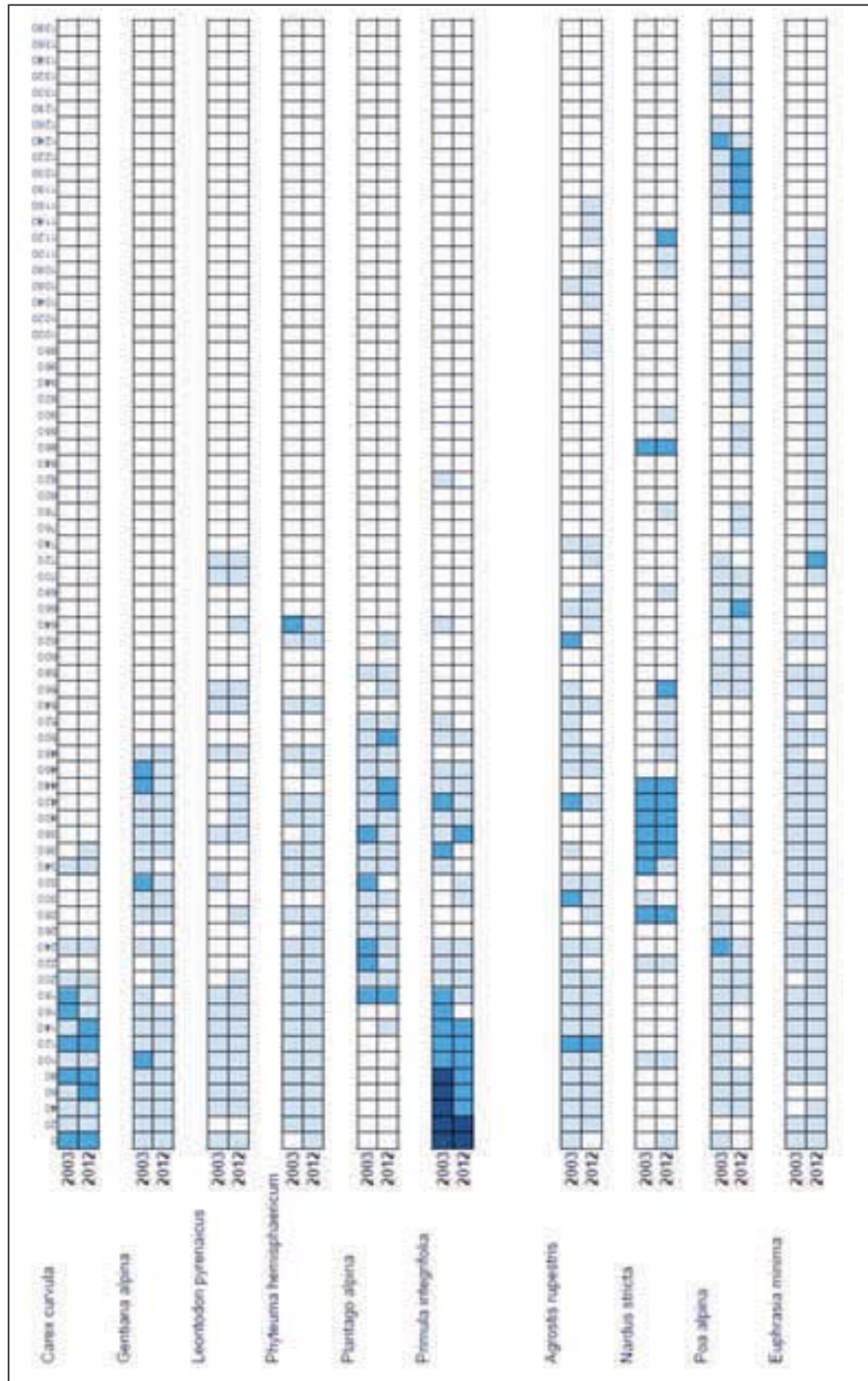


Figura 6. Figura 6. Abundància de les espècies del prat per a cada submostra els anys 2003 i 2012 (el color més fosc indica més recobriment)

són espècies pròpies de les zones rocalloses d'alta muntanya.

Conclusions

El període transcorregut des del primer mostreig ha estat prou llarg per detectar canvis en la vegetació. Les dades meteorològiques d'aquests darrers nou anys mostren una forta irregularitat anual, amb una tendència a la disminució de la precipitació d'hivern i d'estiu amb les subsegüents conseqüències pel que fa a la

durada del període d'innivació i a la disponibilitat hídrica estival. Els canvis que s'han produït en la vegetació són lleus però amb una direccionalitat més o menys clara: una retracció de l'àrea de les espècies quionòfiles i un augment de l'ocupació de l'espai d'unes poques espècies pradenques, principalment gramínies. Per tal de descartar que aquests canvis estiguin ocasionats per condicions locals, caldria recolzar els resultats d'aquest seguiment amb els de les restants estacions permanents establertes al Parc Nacional.

Bibliografia

- BAPTIST, F., FLAHAUT, C., STREB, P. & CHOLER, P. (2010). No increase in alpine snowbed productivity in response to experimental lengthening of the growing season. *Plant Biology* **12**: 755-764.
- BENISTON, M., KELLER, F., KOFFI, B. & GOYETTE, S. (2003). Estimates of snow accumulation and volume in the Swiss Alps under changing climatic conditions. *Theoretical and Applied Climatology* **76**: 125-140.
- BEZDEK, J. C. (1987). *Some non-standard clustering algorithms. Developments in numerical ecology*. P. L. Legendre, L., Springer-Verlag.
- BOUXIN, G. (2005). Ginkgo, a multivariate analysis package. *Journal of Vegetation Science* **16**(3): 355-359.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1948). *La végétation alpine des Pyrénées orientales*. Monografia de la Estación de Estudios Pirenaicos y del Instituto Español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal, Barcelona.
- CHYTRY, M., TICHY, L., HOLT, J. & BOTTA-DUKAT, Z. (2002). Determination of diagnostic species with statistical fidelity measures. *Journal of Vegetation Science* **13**(1): 79-90.
- DE CÁCERES, M. (2005). *La classificació numèrica de la vegetació basada en la composició florística*. Tesi doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona.
- GALEN, C. & STANTON, M. L. (1995). Responses of snowbed plant species to changes in growing-season length. *Ecology* **76**(5): 1546-1557.
- HAEBERLI, W. & BENISTON, M. (1998). Climate change and its impacts on glaciers and permafrost in the Alps. *Ambio*: 258-265.
- ILLA, E., LLUENT, A. & CARRILLO, E. (2011). Gradient tèrmic i canvis de vegetació en congesteres piriniques. *Actes del IX Col·loqui Internacional de Botànica Pirenaico-cantàbrica. Ordino. Andorra*: 209-216.
- JOHNSON, P. L. & BILLINGS, W. D. (1962). The alpine vegetation of the Beartooth Plateau in relation to cryopedogenic processes and patterns. *Ecological Monographs* **32**(2): 105-135.
- KÖRNER, C. (1999). *Alpine plant life: functional plant ecology of high mountain ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin.
- KUDO, G. (1992). Performance and phenology of alpine herbs along a snow-melting gradient. *Ecological Research* **7**(3): 297-304.
- LLUENT, A. (2007). *Estudi de l'estructura i funcionament de les comunitats quionòfiles en relació a la variació dels factors ambientals*. Tesi doctoral. Departament de Biologia Vegetal. Universitat de Barcelona
- LLUENT, A., ILLA, E. & CARRILLO, E. (2006a). Establiment d'una xarxa d'estacions per al seguiment de la vegetació de les congesteres del Parc Nacional. *In: VII Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*: 161-176.
- LLUENT, A., ILLA, E. & CARRILLO, E. (2006b). *Inventariació i localització de les congesteres del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, 4: La Vall d'Aran. Memòria final de projecte*. Informe tècnic del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici.
- LLUENT, A., ANADON, A., GRAU, O., NINOT, J.M. & CARRILLO, E. (2013). Phenology and seed setting success of snowbed plant species in contrasting snowmelt regimes in the Central Pyrenees. *Flora* (en revisió)
- LÓPEZ-MORENO, J. I. (2005). Recent Variations of Snowpack Depth in the Central Spanish Pyrenees. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* **37**(2): 253-260.
- LÓPEZ-MORENO, J. I., GOYETTE, S. & BENISTON, M. (2009). Impact of climate change on snowpack in the Pyrenees: Horizontal spatial variability and vertical gradients. *Journal of Hydrology* **374**(3-4): 384-396.
- RAO, C. R. (1995). A review of canonical coordinates and an alternative to correspondence analysis using Hellinger distance. *Qüestió* **19**: 23-63.
- SCHÖB, C., KAMMER, P. M., KIK VIDZE, Z., CHOLER, P. & VEIT, H. (2008). Changes in species composition in alpine snowbeds with climate change inferred from small-scale spatial patterns. *Web Ecology* **8**: 142-159.
- Servei Meteorològic de Catalunya 2012. www.meteo.cat
- STANTON, M. L., REJMANEK, M. & GALEN, C. (1994). Changes in vegetation and soil fertility along a predictable snowmelt gradient in the mosquito range, Colorado, U.S.A. *Arctic and Alpine Research* **26**(4): 365-374.