

# Canvis de la vegetació en el domini potencial del bosc de pi negre al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici en el període 1956-2008

Aleix Puente<sup>1\*</sup>, Jordi Carreras<sup>1</sup>, Empar Carrillo<sup>1</sup> & Josep M. Ninot<sup>1</sup>

.....

## ABSTRACT

### Vegetation changes in the forest domain of the mountain pine in the Aigüestortes i Estany de Sant Maurici National Park from 1956 to 2008

The aim of this study is to evaluate the landscape changes occurred in the *Pinus uncinata* domain in the subalpine belt of the "Aigüestortes i Estany de Sant Maurici" National Park during the second half of the twentieth century. The sharp decline in the traditional exploitation (i.e., forestry and livestock grazing) might have produced a rise in the forest area. Photointerpretation (scale 1:5000) of white/black aerial images from 1956 and colour orthoimages from 2008 have led us to develop a diachronical mapping using ArcGIS 9.3 and ArcInfo.

The map is based on 14 physiognomical vegetation units clearly distinct on the images, and covers 15,287 ha. Most of this area (86.23%) is potentially colonisable by subalpine pinewoods of *Pinus uncinata*, while the rest is occupied by permanent vegetation communities.

Spontaneous reforestation, basically consisting of a densification of former forest areas, is reflected in small net changes -2.01% rise of dense forest, or 1.55% decrease of grasslands. The vast majority of changes are progressive, namely along the secondary succession through close serial units. Half of the total regressive change areas are directly caused by the impact of human activities (ski resort or water reservoirs), mainly in the buffer zone of the Park.

**Key words:** diachronic, GIS, landscape ecology, *Pinus uncinata*, Pyrenees, subalpine, vegetation dynamics

## RESUM

En aquest treball avaluem els canvis de paisatge ocorreguts al domini potencial dels boscos de *Pinus uncinata*, a l'estatge subalpí del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, durant la segona meitat del segle vint. L'important declivi ocorregut en d'explotació agropecuària tradicional feia preveure una notable recuperació forestal. A partir de la fotointerpretació d'imatges en blanc i negre de 1956 i d'ortoimatges de 2008, hem creat una cartografia diacrònica emprant el programari ArcGIS 9.2.

El mapa resultant té 14 unitats fisiognòmiques identificables en pantalla i cobreix una superfície de 15.287 ha de la qual la major part (un 86,23%) és àrea potencial dels boscos subalpins de *Pinus uncinata*, i la resta correspon a vegetació permanent.

1. Grup de Recerca de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació (GEOVEG) Departament de Biologia Vegetal, Universitat de Barcelona. Av. Diagonal 645, E-08028 Barcelona

\* aleixpuente@gmail.com

Durant el passat mig segle, els canvis nets han estat relativament lleus; el bosc dens ha augmentat un 2,11%, i les pastures han disminuït un 1,55%. Bona part de la reforestació correspon a densificació arbòria en àrees que ja eren forestals. La gran majoria dels canvis són de tipus progressiu, en el sentit de la successió secundària. La meitat dels canvis regressius, sobretot ocoreguts a la zona perifèrica, són resultat de les activitats antròpiques, principalment construcció d'embassaments i obertura de pistes d'esquí.

**Mots clau:** ciència del paisatge, diacrònic, dinàmica de la vegetació, *Pinus uncinata*, Pirineus, SIG, subalpi

## Introducció

El mosaic paisatgístic és el resultat de la interacció dinàmica i inestable entre factors abiòtics (climàtics, geològics) i biòtics (competència interespecífica, efectes de l'explotació antròpica dels recursos naturals...). La vegetació és un important component del paisatge, que permet analitzar els factors esmentats per tal com els integra i resumeix.

En general, la població dels Pirineus es va mantenir més o menys estable fins a mitjans del segle XVIII, quan va créixer fins a assolir el màxim a mitjans del segle XIX (Nadal 2002). Es va arribar a un intens aprofitament dels recursos forestals, així com a una elevada pressió agrícola i ramadera. Actualment, el declivi de la població rural i la desaparició de les formes d'explotació tradicional produeixen canvis apreciables en el paisatge dels Pirineus (Lasanta-Martínez *et al.* 2005), com a moltes àrees de muntanya d'arreu del món.

A l'estatge subalpi dels Pirineus s'ha documentat un augment de la superfície forestal en detriment d'una disminució de les pastures secundàries (Monje 2003, Roura-Pascual 2005, Améztegui *et al.* 2010). En el cas concret del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, l'estricta regulació lligada a la seva figura de protecció implica la minimització de les activitats d'aprofitament dels recursos naturals. Per aquest motiu constitueix un laboratori d'assaig excepcional per a l'anàlisi dels efectes dels canvis socioeconòmics en els ecosistemes.

A l'àrea d'estudi s'han documentat parcialment els canvis forestals de l'estatge subalpi en diversos treballs (Piqué & Gràcia 2004, Camarero & Gutiérrez, 2004) però no tenim una estimació global dels canvis de la vegetació d'aquest estatge al conjunt del Parc ni de la velocitat amb que succeeixen. La possibilitat d'utilitzar fotos aèries antigues, rectificades en ortoimatges, ens permet abordar amb precisió la quantificació d'aquests canvis.

L'objectiu genèric d'aquest treball és avaluar els canvis i analitzar la dinàmica espacial de la vegetació subalpina del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici durant el període 1956-2008.

## Metodologia

### ÀREA D'ESTUDI

L'àrea d'estudi comprèn el domini potencial dels boscos de pi negre (*Pinus uncinata*) del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici, pràcticament la totalitat de l'estatge subalpí. Com a límit superior es va utilitzar la línia supraforestal traçada per Carreras et al (1996) i el límit inferior s'ha extret a partir de la cartografia de la vegetació de Catalunya (Carrillo & Ninot 1998). L'àrea d'estudi, compresa entre els 1600 (1527) m i els 2400 (2555) m, fa una àmplia franja entre l'estatge alpí, illa biogeogràfica restringida a les cotes més elevades dels Pirineus, i l'estatge montà, àmpliament estès per les terres basals. La complexitat del relleu hi origina una gran heterogeneïtat d'ambients amb condicions ecològiques diverses, que possibiliten l'establiment de diferents comunitats vegetals tipificades en diversos treballs fitocenològics (Carrillo & Ninot 1992, Ninot et al. 2007).

Als vessants obacs hi ha extenses pinedes acidòfiles del *Rhododendro-Pinetum uncinatae*, a vegades barrejades amb avet (*Abies alba*). Les àrees no forestals són un mosaic constituït per claps de matollar de neret (*Rhododendron ferrugineum*), gespets d'afinitat alpina a les cotes altes (*Selino-Festucetum eskiae*) i a les zones planes pastures subalpines secundàries de caràcter mesòfil (*Alchemillo-Nardetum strictae*) o bé higròfil (*Selino-Nardetum strictae*).

A les solanes, força desforestades i de fort pendent, hi trobem un paisatge format per un mosaic complex on els boscos esclarissats de pi negre (*Arctostaphylo-Pinetum uncinatae*) es barregen amb matollars de ginebró (*Juniperus communis* ssp. *nana*) i escobes (*Genista europaea* ssp. *balansae*), pastures xeròfiles de sudorn (*Hieracio-Festucetum paniculatae*), pastures esglaonades de gesp (*Carici-Festucetum eskiae*) i vegetació de zones rocoses (*Androsacion vandellii*, *Saxifragion mediae*, *Dryopteridion oreadis*...)

Sobre substrat calcari, als obacs hi poden créixer pinedes calcícoles mesòfiles del *Pulsatillo-Pinetum uncinatae*, i als solells pinedes xeròfiles de l'*Arctostaphylo-Pinetum uncinatae rhamnatosum alpini*. A les àrees desforestades, que predominen tant als obacs com als solells, hi trobem una gran diversitat de matollars, tapissos subarbuscívols i prats (*Juniperion nanae*, *Primulion intricatae*, *Elymion*, *Festucion scopariae*).

En alguns fons de vall s'hi fan retalls de prats altimontans silicícoles mesòfils (*Chamaespartio-Agrostidetum*), ja en el seu límit altitudinal superior.

### CARTOGRAFIA DIACRÒNICA

La cartografia diacrònica l'hem realitzat a partir de les imatges aèries del vol de 1956, rectificades i georeferenciades per poder comparar-les amb les

ortofotografies aèries en color de l'any 2008 (sèrie 1:5.000 amb un píxel de 50 cm), i quantificar amb precisió la magnitud dels canvis. A partir de la fotointerpretació de les imatges, mitjançant les aplicacions de SIG ArcGis 9.2 i ArcInfo a una escala 1: 5.000, hem generat una cobertura de polígons amb dos camps d'informació, referents a la vegetació de 1956 i de 2008.

Tot i que la informació cartogràfica sobre la vegetació de l'àrea estudiada és força detallada (Carrillo & Ninot 1998, Pérez-Haase 2008) ha calgut resumir-la definint unitats fisiognòmiques simples, distingibles a les imatges de 1956. Hem diferenciat 14 unitats de vegetació, que comentem seguidament, agrupades en 3 blocs conceptuals:

A) Unitats serials no antròpiques. Hi incloem les unitats cartogràfiques que es poden assimilar a les comunitats que conformen les sèries de successió de les pinedes subalpines. Ordenades de major a menor complexitat estructural i maduresa, són:

1. Bosc dens. Pinedes, tant silícioles com calcícoles, amb un estrat arbori més o menys dens.
2. Bosc dispers. Pinedes amb estrat arbori esclarissat, sense estrat arbustiu. En molts casos es tracta de zones de transició entre pastures i bosc, o bé de pastures amb un estrat arbori espars.
3. Matollar amb arbres dispersos. Matollars, bàsicament de *Rhododendron ferrugineum* o de *Genista europaea* ssp. *balansae*, amb arbres esparsos.
4. Bosquines caducifòlies. Bedollars secundaris i avellanoses mesohigròfiles dels marges dels corredors d'allaus.
5. Matollars. Comunitats arbustives tant dels solells, dominades per *Juniperus communis* ssp. *nana*, per *Genista europaea* ssp. *balansae* o per *Arctostaphylos uva-ursi*, com dels obacs (abarsetars, dominats per *Rhododendron ferrugineum*).
6. Prats. Engloba sobretot els prats propis de l'estatge subalpí, però també algunes comunitats herbàcies o subarbustives típicament alpines (que es troben a la part alta del domini de *Pinus uncinata* quan aquest falta), i alguns prats altimontans que s'estableixen als indrets més favorables de la zona inferior.
7. Prats poc densos. Formacions herbàcies amb recobriments baixos, que colonitzen terrenys rocallosos (caos de blocs estabilitzats, tarteres...).

B) Unitats de comunitats permanents. Corresponen a indrets amb condicions ecològiques particulars, que propicien comunitats fora de la dinàmica de la successió secundària general, i que n'impedeixen l'evolució a curt termini. La superfície ocupada per aquests tipus de comunitats és relativament reduïda. Són de caràcter natural, llevat d'alguns estanys amb presa artificial que n'ha elevat el nivell. Són:

8. Roques amb arbres dispersos. Superfícies rocoses molt pendents on no pot establir-se un sòl ben estructurat, i que duen arbres arrelats en fissures i relleixos.
9. Tarteres. Esbaldregalls i caos de blocs, sovint totalment erms.
10. Àrees rocoses. Afloraments de roca mare que constitueixen parets més o menys inclinades. Les seves característiques topogràfiques dificulten la quantificació precisa de les superfícies.
11. Molleres. Formacions herbàcies i muscinals que s'originen sobre sòls torbosos o de caràcter higromorf.
12. Estanys. Masses d'aigua naturals, o d'origen artificial recent.

C) Unitats serials antròpiques. Són les unitats que corresponen a alteracions severes de la vegetació per l'efecte directe d'activitats humanes d'explotació dels recursos naturals.

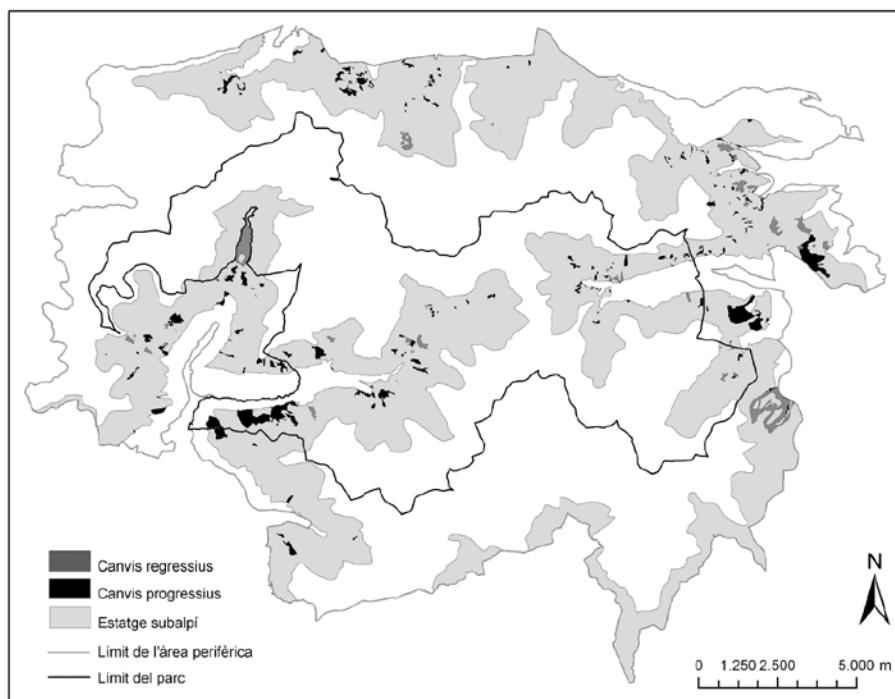


FIGURA 1. Mapa de l'àrea d'estudi on s'indiquen les àrees de canvi en el període 1956-2008.

13. Àrees afectades per activitats antròpiques. Hi agrupem les àrees de tala i les zones afectades per la construcció d'estacions d'esquí o d'infraestructures hidroelèctriques.
14. Conreus abandonats. Tenen una migrada representació dins l'àmbit de l'àrea d'estudi.

## Resultats

El 86,23% de l'àrea d'estudi és colonitzable potencialment per pinedes de pi negre, mentre que la resta correspon als diversos tipus de comunitats permanents. Les masses forestals (bosc dens i dispers) ocupaven l'any 1956 el 35,3% del territori cartografiat.

La superfície total on hem detectat canvis és de 863,7 ha (5,65 %). El 75 % d'aquests canvis són de tipus progressiu, en el mateix sentit de la dinàmica successional, i la resta són regressius, en sentit invers. Una gran proporció d'aquests canvis s'observen a l'àrea perifèrica del Parc, i són causats bàsicament per l'acció directa de les activitats humanes (construcció d'infraestructures hidroelèctriques i d'estacions d'esquí, àrees de tala). Malgrat això, a la zona meridional de l'àrea d'estudi (vall d'Àssua i vall Fosca), molt desforestada i per tant dominada per prats, no s'hi han produït canvis (fig. 1).

Els canvis nets entre les proporcions de superfície ocupada per les unitats de vegetació cartografiades són petits (fig. 2). Els més destacables són l'increment del 2,07 % de bosc dens i la pèrdua d'un 1,55 % de prats respecte el total de la superfície potencial d'ocupació.

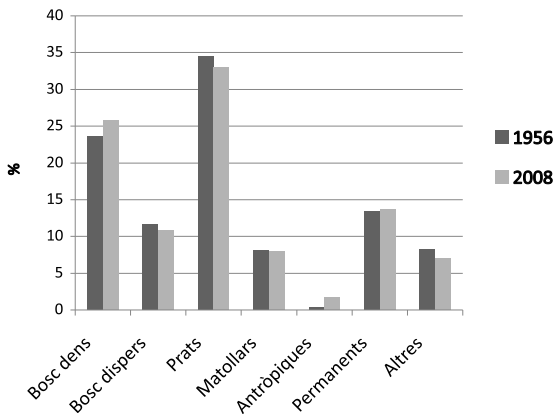


FIGURA 2. Canvis més destacables durant el període 1956-2008.

TAULA 1. Superfície ocupada per cada unitat de llegenda i percentatge de canvi net entre el 1956 i el 2008 respecte l'àrea total

		1956 (ha)	2008 (ha)	1956 (%)	2008 (%)	canvi net (%)
Unitats serials	Boscs densos	3.620,05	3.936,28	23,68	25,75	2,07
	Boscs dispers	1.784,17	1.645,44	11,67	10,76	-0,91
	Matollar i arbres dispersos	1.233,43	1.213,63	8,07	7,94	-0,13
	Bosquines caducifòlies	27,63	27,73	0,18	0,18	0,00
	Matollars	1.227,48	1.204,12	8,03	7,88	-0,15
	Prats	4.114,45	3.877,24	26,91	25,36	-1,55
	Prats poc densos	1.164,02	1.159,77	7,61	7,59	-0,02
Unitats antròpiques	Conreus abandonats	2,65	0	0,02	0	-0,02
	Àrees antròpiques	56,67	117,72	0,37	0,77	0,40
Unitats permanents	Roques i arbres dispersos	668,34	666,49	4,37	4,36	-0,01
	Tarteres	1.070,99	1.068,81	7,01	6,99	-0,02
	Àrees rocoses	70,15	70,15	0,46	0,46	0,00
	Molleres	37,57	35,87	0,25	0,23	-0,02
	Estanys	209,22	263,55	1,37	1,72	0,35
Total		15.286,82	15.286,82			

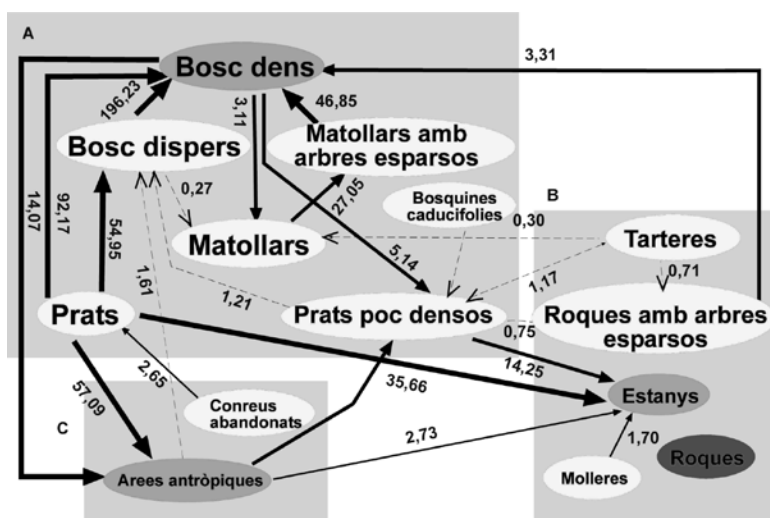


FIGURA 3. Canvis de superfície (ha) produïts entre les diferents unitats cartografiades classificades en unitats serials (A), unitats permanents (B) i unitats serials antròpiques (C), durant el període 1956-2008. El gruix de les fletxes és un indicador de la magnitud dels canvis.

Els canvis nets en les unitats permanents són molt més petits que els de la resta d'unitats (taula 1). En el cas de les àrees rocoses no es detecten canvis. L'augment de superfície dels estanys es deu a la construcció de preses durant les dècades dels anys 60 i 70 (Estany de Cavallers i Estanh Major de Colomers).

Les unitats que experimenten un balanç positiu són el bosc dens, els estanys i les àrees antròpiques. Per exemple, en el cas del bosc dens els guanys són d'un 2,21%, i les pèrdues de tan sols un 0,15% (fig. 3).

## Discussió

La gran heterogeneïtat del relleu i dels materials geològics, així com els efectes directes i indirectes de les activitats d'aprofitament dels recursos naturals, condicionen l'estructura i la composició de les comunitats biòtiques creant un complex mosaic paisatgístic en evolució constant però lenta.

L'impacte de l'explotació secular dels recursos de l'estatge subalpí queda reflectit en la baixa proporció de bosc dens l'any 1956 respecte de la seva àrea potencial. Des del 1956 hem observat una tendència a la reforestació (augment del bosc dens en un 2,01 % en detriment d'un 1,55 % de pèrdua de pastures secundàries). La reforestació ha tingut lloc sobretot a partir de la densificació de l'estrat arbori (bosc dispers, matollar amb arbres dispersos), més que no pas directament a partir de prats.

Estudis a escala de parcel·la (Piqué & Gràcia 2004, Carrillo *et al.* en premsa) corroboren aquest procés de reforestació a partir de masses forestals preexistents. En estudis referents a l'ecotò prat alpí-pinedes, Camarero & Gutiérrez (2004) també afirmen que no es produeix un avanç forestal sinó una densificació del bosc. L'ecotò prat secundari-bosc i les àrees talades o cremades són les zones més dinàmiques i on l'avanç forestal és més palès.

La reforestació d'àrees de pastura origina boscos immadurs que presenten una composició florística dominada per espècies herbàcies pradenques i generalistes. Per contra, la reforestació a partir de matollars amb arbres dispersos origina boscos amb una composició florística rica en espècies de caràcter forestal (Carrillo *et al.* en premsa).

El 75% de les superfícies de canvi són de caràcter progressiu. Els canvis regressius són menys freqüents, i es localitzen majoritàriament a l'àrea perifèrica del Parc. Els canvis que s'estenen per superfícies més grans es deuen a l'impacte directe d'accions humanes (construcció d'infraestructures hidroelèctriques, estacions d'esquí). Altres canvis que afecten a superfícies més petites es troben distribuïts per tota l'àrea d'estudi d'una manera més homogènia, i es deuen principalment a l'impacte de perturbacions naturals, sobretot allaus.



## Agraïments

Aquest treball ha estat finançat pel Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (projecte 69/2005). La direcció del Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici el suport donat en diferents fases de l'estudi. També volem agrair a l'Albert Ferré l'ajut en aspectes de SIG.

## Bibliografia

- AMÉZTEGUI, A., BROTONS, L. & COLL, L. 2010. Land-use changes as major drivers of mountain pine (*Pinus uncinata* Ram.) expansion in the Pyrenees. *Global Ecol. Biogeogr.* 19 (5): 632-641.
- CAMARERO, J. L. & GUTIÉRREZ, E. 2004. Pace pattern of recent treeline dynamics: response of ecotones to climatic variability in the Spanish Pyrenees. *Climatic Change* 63: 181-200.
- CARRERAS, J., CARRILLO, E., MASALLES, R. M., NINOT, J. M., SORIANO, I. & VIGO, J. 1996. Delimitation of the supra-forest zone in the Catalan Pyrenees. *Bull. Soc. linn. Provence* 47: 27-36.
- CARRILLO, E. & NINOT, J. M. 1992. La Flora i la vegetació de l'alta muntanya de les valls d'Espot i Boí (Pirineus Catalans). *IEC. Arx. Secc. Ci.* 99: 1-350.
- CARRILLO, E. & NINOT, J. M. 1998. *Full 181, Esterrí d'Àneu. Mapa de vegetació de Catalunya 1:50 000* [document cartogràfic]. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- CARRILLO, E., CASAS, C., MARMÍ, M., BAGARIA, G., PUENTE, A., CARRERAS, J. & NINOT, J. M. (2010). Reforestació de l'estatge subalpí per boscos de *Pinus uncinata*: diversitat i estructura. *IX Jornades sobre Recerca al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*: 67-76. Generalitat de Catalunya, Lleida.
- INSTITUT CARTOGRÀFIC DE CATALUNYA 2008. Ortoimatges en color de Catalunya 1:5.000. Barcelona
- LASANTA, T., VICENTE SERRANO, S. M. & CUADRAT, J. M. 2005. Mountain mediterranean landscape evolution caused by the abandonment of traditional primary activities: a study of the Spanish Central Pyrenees. *Applied Geography* 25: 47-65.
- MONJE, X. 2003. Estudio mediante sistemas de información geográfica (GIS) de la evolución de la vegetación natural de Cataluña. Aproximación al caso del valle del Freser durante el período 1956-2000. *Acta Bot. Barcin.* 49: 421-438.
- NADAL, J. 2002. Evolució del paisatge de la muntanya mitjana mediterrània. Tesi doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- NINOT, J. M., CARRILLO, E., FONT, X., CARRERAS, J., FERRÉ, A., MASALLES, R. M., SORIANO, I. & VIGO, J. 2007. Altitude zonation in the Pyrennes. A geobotanic interpretation. *Phytoecologia* 37: 371-398.
- PÉREZ-HAASE, A. 2008. *Full 181, Esterrí d'Àneu. Mapa de vegetació de Catalunya 1:50 000*. [document cartogràfic]. <http://www.ub.edu/geoveg/cat/semhaveg.php>
- PIQUÉ, J. & GRÀCIA, M. 2004. Canvis en el paisatge forestal de les valls d'Espot i de Sant Nicolau entre els anys 1957 i 1997. *VI Jornades d'Investigació al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici*: 211-223 Generalitat de Catalunya, Lleida.
- ROURA-PASCUAL, N., PONS, P., ETIENNE, M. & LAMBERT, B. 2005. Transformation of a rural landscape in the Eastern Pyrenees between 1953 and 2000. *Mountain Research and Development* 25(3): 252-261.