

ECOSISTEMES D'ALTA MUNTANYA: PRATS ALPINS I BOSCOS DE PI NEGRE

Empar Carrillo

Grup de Recerca de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació,
Universitat de Barcelona

The high mountain landscape in Alpine ranges is shaped as a result of the altitudinal variation of environmental factors (decrease in temperatures, growth period and soil-forming processes, increase of snow fall and wind incidence, etc.), which are reflected in a wide range of adaptive plant trends. These causes and trends are well exemplified in the Pyrenees, a typical Alpine system with marked particularities. The Pyrenean subalpine belt is the domain of Pinus uncinata woodlands. This plastic conifer may form various forest communities, differing in structure and understorey composition according to main exposure and substratum. In the central part of the range, from 2,300 m a.s.l. upwards, the extant pinewoods gradually become more open, and end at 2,400 m, giving way to the alpine belt. The transition zone between subalpine and alpine belts, or timberline, is an appropriate subject for the study of vegetation dynamics under global change – both climatic change and shifts in land use. The main feature of the alpine belt is the sharp partition of the landscape into dense, contrasted vegetation mosaics. Alpine pastures, mainly formed by short grasses and sedges, occupy the most favourable sites, whereas particular plant communities settle on a variety of habitats: scree, rocky surfaces, snow beds, fens, etc. The alpine mosaic also extends into the subalpine belt, where particular ground conditions prevent forest development. Above 2,700 m, rocky areas are dominant, and harbour sparse specialised communities and small spots of open, poor pastures. This zone, formed by a number of summit areas, corresponds to the subnival belt, while the uppermost peaks (above 3,000 m), bearing just a few sparse plant species, are an example of the nival belt. Both altitude belts are clearly greater in the Alps, where there are also large glaciers. As the mean temperatures continue to rise, glaciers and snow beds shrink and disappear. Thus, a rise of the alpine flora through the subnival and nival belts and into the vanishing snow beds may be anticipated, as well as the rarification –and eventual disappearance– of chionophilous plants.

Introducció

En el món de l'alpinisme, "alta muntanya" és el terme que s'utilitza per a definir les zones altes de les grans serralades. Són territoris ocupats per superfícies extenses de roques i tarteres, clapejades aquí i allà per pastures rases, i que sovint presenten encara el testimoni de glaceres o de neus permanents. Tant se val que siguin els Himàlaia, els Alps, els Andes, els Pirineus o Sierra Nevada ... el domini de l'element mineral sobre el món vegetal i un relleu abrupte fruit de la duresa climàtica els agermana. Ara bé, des del punt de vista biogeogràfic, aquest terme se sol restringir a l'alta muntanya de tipus alpi, aquella que es troba a la regió circumboreal.

Les condicions climàtiques i l'evolució històrica de la flora de les muntanyes circumboreals fa que presentin una zonació altitudinal de la vegetació molt semblant, i que ha rebut el nom de zonació alpina. Els diferents estatges altitudinals que se succeeixen en altitud estan definits per factors climàtics que es tradueixen en el domini de diferents formacions de vegetació. A grans trets aquesta

zonació és similar a la zonació latitudinal. No passa el mateix a les serralades d'altres regions de la terra, on la vegetació que trobem a les zones altes és del tot especial, fonamentalment per causes climàtiques, però també per causes històriques, en part responsables de les característiques de la flora del territori geogràfic on estan (Walter, 1976). De fet, a la península Ibèrica hi podem trobar muntanyes, com Sierra Nevada o el sistema Ibèric, que presenten un tipus de zonació anomenada mediterrània, bastant diferent de l'alpina.

La definició dels estatges de vegetació de les muntanyes alpines va ser feta a partir de l'estudi dels Alps (d'aquí el seu nom) i després s'ha anat estenent a la resta de massissos alpins. Als Pirineus, muntanyes alpines tant per la situació com per la història de la vegetació, hom hi diferencia els estatges submontà i montà, que constitueixen la muntanya mitjana (domini dels boscos caducifolis i de les avetoses i pinedes de pi roig), i els estatges subalpi, alpi, subnival i nival que corresponen a l'alta muntanya, el país dels boscos de pi negre, dels rasos alpins i dels roquissars culminals (Fig. 1).





Figura 1. Paisatge d'alta muntanya al Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici. L'heterogeni mosaic de vegetació alpina, per sobre del bosc subalpí, respon a la diversitat d'altitud, de rocam i de geoformes. (Foto: E. Carrillo).

Factors que condicionen els ecosistemes d'alta muntanya

Abans de parlar dels diferents ecosistemes que trobem a l'alta muntanya cal fer esment dels principals factors ambientals que condicionen el seu desenvolupament i el repartiment de l'espai. Les característiques d'aquest territori fan que poques vegades tinguem una comunitat dominant en el paisatge, sinó que és un conjunt divers el que l'ocupa, que fa un mosaic ben característic. Tenim un paisatge amb molts elements, la disposició dels quals és el resultat de la interacció de diversos factors ambientals que modelen el poblament biològic.

Són factors primordials:

- El relleu, condicionat alhora per la litologia, els processos tectònics i els erosius. Els diferents models geomorfològics que tenim a l'alta muntanya són en bona part deguts a l'activitat de les glaceres quaternàries, que van actuar de forma diferenciada sobre els diversos tipus de roca.

- El clima, que a l'alta muntanya es caracteritza per les baixes temperatures i les precipitacions elevades, una bona part de les quals són en forma de neu. De manera general podem acceptar que en pujar en altitud en sistemes muntanyosos, a més de disminuir la

temperatura, hi ha un augment de les precipitacions (producció de pluges orogèniques) que donen lloc a climes de tipus axèrics freds (amb alguns mesos de temperatura mitjana inferior a 0°C i sense cap període àrid o subàrid, ni estiu tèrmic). Les diferències de precipitació, que solen ser grans als estatges baixos (submontà i montà) segons la situació de l'indret en qüestió dins de la serralada, s'atenuen a l'alta muntanya, tot i que en alguns llocs n'hi ha encara d'importants. El vent és a l'alta muntanya un dels factors climàtics principals, ja que influeix, de manera directa o indirecta, sobre la distribució de la neu, la disponibilitat d'aigua, la transpiració i l'evaporació, la temperatura, etc. (Fig. 2). La distribució de les diferents comunitats vegetals va molt lligada a microclimes locals.

- El sòl, de formació molt lenta i difícil, amb predomini dels processos físics davant dels químics i biològics degut sobretot a les baixes temperatures. Aquest fet, més acusat a l'estatge alpí que a l'estatge subalpí, fa que trobem sovint sòls molt poc desenvolupats, que resisteixen l'erosió amb més o menys èxit. En les millors condicions, els sòls alpins presenten perfils amb dos horitzons, i són molt humífers superficialment. A l'estatge subalpí hom pot trobar, en canvi, sòls més ben constituïts, amb perfils complexos, també força humífers a l'horitzó superior, i de tendència eutròfica. Són relativament freqüents els sòls oligotròfics, pobres en elements nutritius, que apareixen sobretot en substrats granítics. A tota l'alta muntanya és important el procés de descarbonatació que es dona en els sòls formats a partir de roca mare calcària.

El material de base: la flora

El substrat i el clima condicionen la vida de les plantes, i possibiliten l'existència de diferents tipus de comunitats, que s'adapten a poc a poc als canvis. Aquestes comunitats depenen òbviament de l'element florístic que tenen de base. La flora de l'alta muntanya actual està formada per un nucli petit d'espècies relictas que provenen de la flora del terciari, un grup relativament important d'espècies oròfiles asiàtiques i àrtiques que poblaren les muntanyes alpines durant les glaciacions, i un grup d'espècies centreeuropees i mediterrànies que amb la retirada del glaç penetrà cap a zones més altes. Una part important de la flora de les muntanyes alpines, però, s'ha diferenciat "in situ", i s'ha estès després amb més o menys èxit.

La singularitat de la flora d'alta muntanya atreu molta gent. Hi ha un bon nombre d'espècies que no trobem enlloc més (encara que això passa també a altres indrets) i sovint moltes d'elles fan flors boniques. El que crida l'atenció és sobretot la mida grossa d'aques-





Figura 2. Individu de pi negre (*Pinus uncinata*) situat sobre el límit del bosc, mostrant els efectes del torb hivernal. Els cristalls de glaç arrossegats pel vent actuen com a abrasiu de l'epidermis de les fulles, i provoquen després la seva mort per dessecació. (Foto: E. Carrillo).

tes respecte a la de la planta (Fig. 3). No és estrany doncs que cridin l'atenció a molta gent. Així i tot, i sense voler decebre ningú, cal dir que la flora d'alta muntanya és pobra. Hi ha força més espècies a la muntanya mitjana que no a l'alta muntanya. I és que quan més pugem en altitud menys espècies trobem. En

termes generals l'alta muntanya pirinenca té al voltant de 1.300 d'espècies (Sesé et al., 1999). Si parlem de la riquesa florística de les serralades alpines el nombre d'espècies és molt més alt ja que el territori comprèn llavors des de les terres baixes fins als cims. No hi ha encara una flora completa dels Pirineus de



Figura 3. *Viola diversifolia*, petita planta de les tarteres que exhibeix unes flors sorprenentment grans en relació a la mida de les seves tiges i fulles. (Foto: E. Carrillo).





Figura 4. Zona de l'ecotò superior del bosc de pi negre (*Pinus uncinata*) a la vall Ferrera. Vist de prop, aquest límit no segueix una altitud fixa, sinó que dibuixa en el paisatge una línia ondulada que puja i baixa segons les característiques del terreny (orientació, pendent, relleu...). (Foto: E. Carrillo).

l'estil de la *Flora alpina* (Aeschimann et al., 2004), però podem utilitzar per treballar-hi flors regionals que comprenen part del seu territori: la *Flora dels Països Catalans* (Bolòs et al., 2005), l'*Atlas de la flora del Pirineo Aragonés* (Villar et al., 1997) i la *Flora del País Basco* (Aizpuru, 1999). Aquestes obres cobreixen tant el vessant meridional com bona part del vessant nord de la serralada.

Ecosistemes subalpins

Els límits altitudinals de l'estatge subalpi varien entre 1.600 i 1.800 m a la part inferior i entre 2.200 i 2.400 m a la superior, depenent en bona part del grau de continentalitat climàtica i, alguns cops, de l'exposició del vessant. Als Pirineus aquest estatge correspon típicament al domini dels boscos de pi negre (*Pinus uncinata*). S'han apuntat diverses causes per explicar el límit del creixement del bosc en altitud, però sembla que el factor determinant perquè els arbres passin a créixer cada cop més dispersos és la disminució del període amb temperatures més altes de 7°C al sòl forestal (Körner, 2003).

Hom pot diferenciar diversos tipus de bosc de pi negre que formen part del mosaic de vegetació de l'estatge subalpi. De composició florística diferent, es distribueixen segons la natura del sòl, la disponibilitat d'aigua i la innivació que tinguin. Així mateix

passa amb els matollars que s'estableixen a la part alta d'aquest estatge, i que fan el trànsit cap a l'estatge alpi. L'acció humana ha fet que una bona part d'aquests boscos i matollars hagin estat substituïts per pastures, cosa que ha fet augmentar notablement el grau de diversificació del paisatge.

Són també elements importants d'aquest paisatge un bon nombre de comunitats que van lligades a ambients particulars: els poblements de fonts i rierols, els herbassars megafòrbics, els de les clarianes de bosc, la vegetació dels estanys, de les tarteres, de les roques, etc.

Els boscos de pi negre

El pi negre (*Pinus uncinata*) s'enfila vessants amunt formant des de boscos densos fins a poblacions esclarissades. Troba el límit com a arbre al voltant dels 2.500 m, però s'han vist individus aïllats de port arbustiu, els anomenats "krumholz", fins a 2.700 m. Aquests darrers, tot i que no solen ser viables des del punt de vista reproductiu, són el testimoni de la capacitat colonitzadora de l'espècie.

Les millors pinedes són les que es fan en caients ombrívols i frescals, als vessants suaus, i a altituds que sobrepassen poc els 2.200 m. Llavors els pins són rectes, alts, i presenten una cobertura densa. Al voltant dels 1.800 m el pi negre sol barrejar-se amb el pi



roig (*Pinus sylvestris*) i amb l'avet (*Abies alba*) i constitueix en aquest darrer cas boscos especialment diversos on creixen algunes espècies montanes. El sotabosc quasi sempre està format per una coberta contínua de neret (*Rhododendron ferrugineum*) i de nabiú (*Vaccinium myrtillus*), però quan són boscos encarats a migdia el neret és substituït per altres mates més xeròfiles com la boixerola (*Arctostaphylos uva-ursi*) o el ginebró (*Juniperus communis* ssp. *nana*). Aquests boscos solells tenen també un aspecte molt diferent perquè no hi ha gairebé moltes i les espècies humícoles (*Pyrola minor*, *P. secunda*...), pròpies dels boscos boreals i presents també a les pinedes amb neret, hi manquen o hi són molt rares. Les diferències entre els boscos dits d'obac i de solell són degudes sobretot al manteniment de la coberta de neu durant l'hivern i la primavera. A part de la disponibilitat hídrica que suposa tenir una capa de neu que s'anirà fonent i s'anirà infiltrant a poc a poc a dins del sòl, aquesta dona una protecció davant de les temperatures negatives a les quals són molt sensibles els brots del neret. Aquest arbust desenvolupa ja a la tardor els borrons amb les poncelles que s'obriran a finals de la primavera següent, i només podran fer-ho si estan ben protegides de les glaçades.

El bosc de pi negre per sobre els 2.200-2.300 m creix més lentament, els arbres són menys alts, els troncs rabassuts i retorçats i les capçades no es toquen. És un bosc molt més lluminós que a poc a poc es va desfent en illes fins a arribar a confondre's amb els prats. A partir d'aquí només trobarem arbres isolats, sovint ajaguts o bé prenent formes en coixí. Això és el límit del bosc (Fig. 4). No hi ha una altitud determinada per aquest, depèn de la situació topogràfica del país, de la natura del substrat. Sovint s'acaben els arbres abans que el sotabosc, el qual cobreix el vessant encara per uns quants centenars de metres, transformat en un matollar alpí. Cada cop, però, el neret és més baix i amb ell s'hi barregen altres mates com *Vaccinium uliginosum* ssp. *microphyllum*, *Empetrum nigrum* ssp. *hermafroditum* (si el vessant és molt nivós) o *Loiseleuria procumbens* (quan el vessant està exposat al vent i a l'erosió). No són matollars gaire extensos o continus i es barregen amb el prat alpí, però constitueixen el trànsit entre l'estatge subalpí i l'alpí (Fig. 5).

És difícil determinar fins on pot arribar el bosc de pi negre de manera natural, especialment en aquells llocs on ara té el límit a una altitud molt més baixa que en indrets propers, o bé no existeix (Carreras et al., 1996). El que sembla segur és que a Europa el límit del bosc va ser abaixat ja fa molts anys per afavorir les pastures alpines (Walter, 1976) i que només en els indrets més escabrosos pot ser que estigui en el seu lloc natural. L'estudi de



Figura 5. Per sobre el bosc de pi negre (*Pinus uncinata*) sovint hi ha matollars de neret (*Rhododendron ferrugineum*) (a dalt), especialment a la zona on encara hi poden créixer alguns arbres dispersos. Els matollars nans de *Loiseleuria procumbens* es fan, en canvi, en indrets més alts, sovint a les carenes ventejades, barrejant-se amb les pastures de *Festuca airoides* (a baix). (Fotos: E. Carrillo).

la dinàmica del límit del bosc és un dels temes de recerca d'actualitat, ja que els canvis d'ús del territori (sobretot abandonament de pastura) i el canvi climàtic fan preveure modificacions en el paisatge d'alta muntanya. Treballs basats en l'estudi interdisciplinari de diverses parcel·les als Pirineus catalans, mostren alguns trets d'evolució comuns en les poblacions de la "timberline", però no es pot determinar per ara una resposta genèrica als canvis (Ninot et al., 2005).





Figura 6. Estany de Filià, a la vall Fosca. L'amabilitat del relleu esquistós propicià la desforestació de l'estatge subalpí d'algunes valls pirinenques, permetent l'establiment d'àmplies i diverses pastures. (Foto: E. Carrillo).

En terrenys calcaris de sòl poc madur el bosc de pi negre té una composició florística prou diferent. Perd el sotabosc arbustiu de neret i nabius i la majoria de les espècies boreoalpines, però en canvi hi són dominants espècies graminoides com la ussona (*Festuca gautieri*). La relació amb les pinedes boreals o alpines és llavors ben minsa.

Ecosistemes alpins

L'estatge alpi correspon a la zona situada per sobre el límit natural del bosc. Als Pirineus comença a partir dels 2.200-2.400 (2.500) m, segons el territori, i passa a l'estatge subnival cap als 2.700-2.800 m. La part baixa de l'estatge alpi, tal i com hem dit, és una zona de trànsit amb l'estatge subalpí, de manera que els matollars subalpins són substituïts muntanya amunt per landes rases, i els prats alpins davalen cap al subalpí quan els matollars falten.

De fet, en un país com el nostre on l'activitat de l'home a la muntanya es ve desenvolupant des de centenars d'anys enrere, es fa difícil dir on i com seria el límit inferior d'aquest estatge. L'interès per l'ampliació de les pastures d'estiu (els ports) va dur segles enrere a talar i cremar matolls i boscos de poc rendiment que per altra banda eren cau de feres que delmaven els ramats (Fig. 6). Encara avui, en temps d'abandó de les pràctiques ramade-

res de muntanya, hi ha extensos territoris com la Vall d'Aran on les pastures alpines s'estenen a altituds més baixes que les previsibles, i ocupen àrees potencialment boscoses (Carrillo i Vigo, 2002). Efectivament, l'actual manca de pastura fa que aquests prats es vegin progressivament envaïts per mates com la bruguerola (*Calluna vulgaris*), el neret (*Rhododendron ferrugineum*) o les escobes (*Genista balansae* ssp. *europaea*), que inicien el camí de la recuperació forestal.

Els prats rases alpins

Les comunitats més emblemàtiques de l'estatge alpi són les pastures rases que solen estar dominades (o quasi) per una sola espècie que confereix la fisiognomia del prat. Segons les condicions climàtiques i el tipus de substrat tindrem diferents tipus de prats. Hom admet que l'evolució del sòl a l'estatge alpi no arriba mai a donar sòls madurs i per tant es poden diferenciar bé dues grans unitats de vegetació segons les característiques de la roca mare: les pastures calcícoles i les acidòfiles. Als terrenys calcaris que tenen, però, precipitacions altes (o un període llarg d'innivació) pot haver-hi un rentat de carbonats del sòl, predominant, llavors, les comunitats acidòfiles. En les millors condicions edàfiques i sota condicions climàtiques normals podem



trobar en terrenys àcids els prats dominats per *Festuca airoides* o *Carex curvula*, i en terrenys carbonatats, els prats de *Kobresia myosuroides*. Tots ells són gespes de fulla curta en les quals s'hi fan un seguit de plantes menudes i de flors relativament grosses (*Gentiana alpina*, *Pulsatilla vernalis*, *Minuartia recurva*, *Gentiana verna*, *Dryas octopetala*, *Oxytropis campestris*, *Aster alpinus*,...) i han estat la pastura d'immensos ramats d'ovelles durant centenars d'anys. De les tres comunitats esmentades només el prat de *Festuca airoides* ocupa realment grans extensions, especialment als Pirineus orientals (Fig. 7) on el relleu suau l'afavoreix davant d'altres comunitats (Braun-Blanquet, 1948; Vigo, 1996). El prat de *Carex curvula* (molt semblant a l'anterior) es pot fer només si hi ha una coberta de neu hivernal constant, per això al país de la tramuntana queda reclòs als indrets on el vent no escombra la neu. Darrerament a Europa, les pastures de *Carex curvula* han estat estudiades amb la finalitat de comprendre millor la seva distribució i funcionament (Choler, 2002). Als Pirineus centrals, més nivosos, el relleu és més abrupte i les superfícies que no estan sotmeses a condicions microclimàtiques particulars són



Figura 7. Prats rasos alpins de *Festuca airoides* sobre el port d'Envalira. (Foto: E. Carrillo).

poques, de manera que cap dels dos prats té gaire protagonisme (Carrillo i Ninot, 1992; Carreras et al., 1993). Per altra banda, a l'estatge alpi els terrenys calcaris només són dominants als Pirineus centreoccidentals, i donen sempre relleus molt abruptes i rocosos. El prat de *Kobresia myosuroides* apareix doncs a tota la serralada, però fent clapes de poca extensió (Rivas-Martínez et al., 1991; Benito, 2005).

Aquestes pastures, anomenades climàtiques, cerquen terrenys poc inclinats com collades, carenes amples, vessants suaus o replans i fan mosaic amb altres comunitats condicionades pel relleu, l'exposició, el tipus de sòl, etc.

El mosaic alpi

A l'estatge alpi la colonització de la roca i el procés de formació del sòl és molt lent i, als Pirineus, on hi ha un cert predomini de roques dures, hi sovintegen els terraprims i els sòls poc formats. Aquests són colonitzats en els primers estadis d'alteració de la roca mare per espècies pioneres. Hom podria pensar que són plantes especialment adaptades, però sovint les que hi predominen són algunes "tot terreny" com *Poa alpina* o *Helictotrichon sedenense* o, també, espècies amb facilitat d'establiment per les seves característiques reproductives.

Un cas especial és el de les anomenades comunitats casmofítiques que poblen les escletxes de les roques. Aquest és un ambient molt particular per les condicions ambientals extremes que presenta. Les fissures retenen partícules fines de la roca que es descompon, pols i restes de matèria orgànica, que constitueixen el migrat substrat on arrelen les plantes. L'aigua de pluja s'infiltra i penetra a l'interior de la roca, igual com ho fan les arrels d'algunes llavors que hi germinen. És evident que tenen poc sòl per poder desenvolupar-se. Per altra banda cal afegir com a element condicionador els forts contrastos de temperatura que han de tolerar aquestes plantes a causa de la baixa inèrcia tèrmica de la roca. La majoria de les que hi viuen són exclusives d'aquests ambients. Presenten adaptacions, tant de la part vegetativa com de la part reproductora, que els permet ser competitives només en aquests indrets. Una de les formes biològiques que hi predomina és la de camèfit pulviniforme (petit coixinet arrapat a la paret). Aquests coixinets solen presentar una ramificació molt densa i retenen les fulles i les branquetes que es moren en el seu interior. La planta té així un dipòsit de matèria orgànica que es mineralitza a poc a poc i que pot aprofitar ella mateixa. Encara cal destacar l'interès d'aquests ambients com a refugi d'espècies que presenten àrees de distribució restringida





Figura 8. *Campanula jaubertiana*, espècie que només es fa en fissures de roca calcària dels Pirineus.
(Foto: E. Carrillo).

(endemismes), com moltes del gènere *Hieracium*, *Saxifraga* o *Campanula* (Fig. 8). N'és un exemple emblemàtic, tot i que la seva àrea s'estén més enllà dels Pirineus, l'orella d'ós (*Ramonda myconi*) dedicada alhora al pirineista occità Ramond de Carbonières i al botànic català Francesc Micó.

Hi ha un altre ambient rocallós, els esbaldregalls i tarteres, que comporta unes condicions restrictives diferents pel creixement de les plantes. Igual que en el cas anterior, no hi ha mai una vegetació contínua sinó més aviat unes poques plantes disperses condicionades aquí per la mobilitat del substrat, la presència de terra fina en profunditat, o les característiques de la roca mare. Malgrat l'aparent duresa del medi, les plantes que hi viuen tenen poques restriccions pel que fa a nutrients i disposició d'aigua (les pedres atrapen materials fins i matèria orgànica i condensen la humitat de l'aire donant una precipitació oculta), però han d'estar adaptades al moviment de les pedres. La caiguda de blocs de les parets adjacents, el pas del bestiar..., sovint provoquen petites allaus que enterren les plantes i el lent lliscar, per diferències de cohesió del substrat, les arrossega i tendeix a desarrelar-les. Per això, a les tarteres, hi predominen plantes amb sistemes radicals molt potents, sigui arrels pivotants i profundes o bé rizomes i arrels en forma de xarxa, adaptats a rebrotar (Fig. 9).

Si la tartera no és gaire mòbil hi poden créixer altres plantes d'estratègia colonitzadora i de mica en mica es transforma en una pastura pedregosa. Un estadi força més avançat

pel que fa al desenvolupament del sòl comporta pocs canvis florístics, però la vegetació s'hi fa més densa i podem parlar ja de pastures. Als terrenys àcids hi trobem els prats de gesp (*Festuca eskia*) i sobre roques calcàries, els d'ussona (*Festuca gautieri*). Aquestes dues gramínies formen gespes potents que engleven el substrat i es fan dominants als vessants molt pendents, generalment encarats cap a migdia. En aquesta situació el glaç-desglaç del sòl, especialment a la primavera, pot provocar el seu lliscament i fer que les tofes de les gramínies, arrelades en profunditat, prenguin formes arquejades com garlandes. El prat presenta de lluny un aspecte molt particular, com si fos una immensa graonada.

Als vessants obacs la protecció de la neu evita la congelació del sòl, de manera que es manté estable. Llavors el gesp pot créixer dens i espès, dominant el prat o repartint-se l'espai amb el pèl caní (*Nardus stricta*) o la regalèssia de muntanya (*Trifolium alpinum*). Aquesta pastura, que es coneix com a gespet tancat o gespet quionòfil, cobreix grans superfícies als Pirineus centrals catalans, especialment a la Val d'Aran. Mitjanament bona per tota mena de bestiar, va ser la pastura dels molts ramats de peu rodó (egües i mules...) que fins als anys 50 van criar-se en aquelles terres. És una comunitat poc diversa, ja que les espècies esmentades ocupen la major part de l'espai i acaparen els recursos. Només algunes que van fora de temps, com *Ranunculus pyrenaicus*, es poden beneficiar de l'espai lliure que queda en fondre's la neu de manera que el prat, adormit encara, queda



ple de les seves floretes blanques. El dinamisme i funcionament d'aquests prats van ser ben estudiats per Nègre (1977) especialment al vessant nord dels Pirineus.

La pastura d'ussona queda restringida als terrenys calcaris i als vessants amb solifluxió i crioturbació dels sòls, ja que en els protegits per la neu hi ha altres gramínies (*Poa alpina*, *Agrostis alpina*, *Helictotrichon sedenense*, *Festuca nigrescens*) més competitives que la ussona. Aquestes formen pastures denses on creixen petites herbes de fulla plana i àdhuc algunes mates (*Trifolium thalii*, *Gentiana verna*, *Astragalus* sp.pl. *Oxytropis* sp.pl. *Lotus corniculatus* ssp. *alpinus*, *Erigeron pyrenaicus*, *Salix pyrenaica*, ...) constituint una de les pastures més diverses de l'estatge alpi.

Si especials resulten les comunitats que poblen els sòls esquelètics o rocallosos, pobres en matèria orgànica, també ho són les que es fan sobre sòls torbosos i higromorfs. Aquí, la matèria orgànica es descompon molt lentament i s'acumula formant un entramat de fibres, molt fosc, sovint amarat d'aigua. Aquests ambients són coneguts amb el nom de molles, patamolls, aiguamolls, feners o, també, com a torberes, per similitud amb les torberes centreeuropees i boreals. Mentre que en aquests països cobreixen grans extensions de terreny i se'n reconeixen diversos tipus molt estandarditzats (segons la formació o no

de torba, segons la procedència de l'aigua, etc.) als Pirineus ocupen quasi sempre petites superfícies als marges dels estanys, als fons de les cubetes glacials reblertes de sediments, als marges de rierols... A les molles (en el sentit ampli de la paraula) hi ha un domini absolut d'herbes gramínoides, principalment de la família de les ciperàcies: els cotners (*Eriophorum* sp. pl.), els petits *Scirpus*, alguns dels quals formen gespes fàcils d'identificar pel color torrat que presenten des de mitjan d'estiu, els càrexs diversificats com en cap altre ambient pirinenc i presentant espècies indicadores de les condicions ambientals (*Carex limosa*, *C. curta*, *C. davalliana*...). A les molles no només hi ha diferenciació segons si l'aigua porta carbonats o no, sinó també per l'oscil·lació del nivell freàtic, per la dependència o no de l'aigua de les precipitacions,... A les més pobres en nutrients hi creixen algunes espècies insectívores, com la *Drosera rotundifolia* o les violes d'aigua (*Pinguicula* sp. pl.), que mitjançant la captura i digestió que fan de petits insectes obtenen un suplement de compostos nitrogenats. En totes les molles les molses hi tenen un paper important i en algunes arriben a formar-hi una catifa contínua de la qual sobresurten les plantes. Són especialment notables els esfagnes (*Sphagnum* sp. pl.), molt sensibles a la composició de l'aigua i a la dessecació, i que constitueixen la major



Figura 9. Entre les pedres d'algunes tarteres esquissos apareixen els petits brots de *Galium cometerrhizon*, que creixen a partir d'una àmplia xarxa de rels i rizomes. (Foto: E. Carrillo).





Figura 10. Congestera de neu al port de Ratera a mig juliol. La durada del període sense neu és un factor clau per al desenvolupament de la vegetació. Les plantes que hi viuen en tenen prou amb només dos mesos per créixer, florir i fer llavors. (Foto: E. Carrillo).

part de biomassa de la torba. Als Pirineus considerem que tenim autèntiques torberes perquè les espècies que les formen són les mateixes que a Europa, però la formació de torba (mena de carbó immadur format d'humus) és molt baixa.

Hi ha un altre tipus d'ambient molt particular que podem trobar tant a l'estatge alpi com a l'estatge subnivall: les congesteres. Són indrets on s'acumula la neu, sobretot a causa del vent, agafant gruixos molt més grans que els del seu voltant (Fig. 10). Això fa que la fosa sigui molt tardana i les plantes hagin de suportar un període molt llarg d'innivació (des d'octubre - novembre fins ben entrat l'estiu). Només unes poques hi creixen amb èxit, ja que les espècies d'altres ambients tenen dificultats per establir-s'hi. Són plantes capaces de revifar-se ben de pressa després de la fosa de la neu, i de florir i fer fruits en un curt estiu. Entre elles s'hi troben alguns arbusts nans, molt menuts, del mateix gènere que les salenques arbòries. És molt comú *Salix herbacea*, que fa brots mig enterrats, amb dues o tres fulletes arrodonides a cadascun que entapissen el terra humit, sobre substrats àcids. En indrets semblants, però sobre rocam calcari, hi podem veure altres salzes nans, principalment *Salix reticulata* i *S. retusa*. Si el sòl és sorrenc i

poc desenvolupat s'hi fan només herbes quionòfiles com *Gnaphalium supinum*, *Sibbaldia procumbens*, *Arenaria biflora* o *Cardanine bellidifolia* ssp. *alpina*. Aquests ecosistemes són molt sensibles als canvis d'innivació i poden retrocedir amb facilitat ja que no poden competir amb les espècies pradenques, quan el període vegetatiu s'allarga. Braun-Blanquet (1948) ja havia constatat aquest dinamisme en congesteres dels Pirineus Orientals. Actualment el Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici està duent a terme un projecte d'inventari i monitorització d'aquesta vegetació dins del seu territori. S'han marcat diverses parcel·les per a un seguiment a llarg termini i s'ha fet una cartografia de detall dels diferents tipus de vegetació que poblen les congesteres (Lluent et al., en premsa).

L'estatge subnivall

A l'estatge subnivall els prats ja no formen un tapís continuat, sinó que es fan de manera fragmentària als petits replans amb una mica de sòl o a les fissures amples on aquest no sofreix una erosió continuada. A partir de 2.800 o 3.000 m aquesta situació es generalitza. Podem parlar, també, d'un estatge subnivall topogràfic, quan ens trobem en crestes o



carenes escarpades d'altituds més baixes, on es reproduïen també les dures condicions climàtiques que trobem a partir de 2.800 m. Generalment el nombre d'espècies per estatge disminueix amb l'altitud i a l'estatge subnivall ja n'hi ha ben poques. La majoria són espècies que també trobem a l'estatge alpi, però n'hi ha unes quantes que podríem dir que el prefereixen. Poc vistosa, però també molt característica és una festuca endèmica dels Pirineus (*Festuca borderi*) que es fa entremig dels rocs de les crestes. Amb ella creixen un cert nombre d'espècies que trobem també a altres serralades alpines com *Saxifraga bryoides*, *Saxifraga moschata*, *Minuartia sedoides*, *Androsace ciliata*... o *Potentilla frigida*. Dins l'estatge subnivall hi ha només comunitats rupícoles especialitzades, congeneres i formacions poc denses constituïdes per petites plantes en coixinet. Localment va ser ben estudiat per Ballesteros i Canalís (1991) a la comarca de l'Alta Ribagorça.

L'estatge nival

Correspon al nivell altitudinal en què els prats desapareixen totalment. Únicament hi ha algunes plantes vasculares disperses que aprofiten els microrelleus favorables. Es barregen amb molses i líquens que poden ser localment abundants. Als Pirineus és pràcticament inexistent. Només a la part alta de la Maladeta o del massís del Mont Perdut, encara amb glaceres, podríem considerar-lo present. És interessant en aquests moments de canvi climàtic i de clar retrocés de les glaceres alpines de veure com responen les plantes d'aquestes altituds. Malauradament hi ha poques dades antigues sobre la distribució i abundància de les espècies als estats nival i subnivall. Als Pirineus per sobre dels 3.000 m hi ha 153 tàxons, per sobre dels 3.300 m se'n coneixen 24 (Sesé et al., 1999) i al Alps, on hi ha dades des de mitjan del segle XX, només 12 sobrepassen els 4.000 m, almenys l'any 1985 (Ozenda, 1985). El rècord altitudinal als Pirineus és per *Poa laxa*, una petita gramínia que arriba als 3.400 m i als Alps ho és per *Ranunculus glacialis* que arriba als 4.275 m.

El projecte GLORIA-Europe

Conscients de la situació de canvi climàtic actual, almenys pel que fa a l'augment de la temperatura, alguns científics van iniciar el 2001 un programa europeu per poder determinar canvis en la vegetació alpina. L'acrònim GLORIA fa referència al nom complet - The Global Observation Research Initiative in Alpine environments - i va precisat pel nom de la zona considerada (Europa). Es va triar com a objecte d'estudi la vegetació de les zones culminals de les muntanyes europees

perquè és un tipus de vegetació molt condicionada per la temperatura i perquè té poca influència humana. Als Pirineus hi ha una estació d'estudi constituïda per quatre cims del "Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido" en els quals es van recollir tant dades de temperatura com de flora (seguint un protocol estandarditzat i utilitzat a la resta d'estacions). El projecte (www.gloria.ac.at/res/gloria_europe/default.cfm) suposa tenir un punt de partida per a possibles futurs estudis sobre l'evolució de la vegetació en aquelles estacions.

Bibliografia

- AESCHIMANN, D., LAUBER, K., MOSER, D. I THEURILLAT, J.P. (2004). *Flora alpina*. Haupt Verlag, Bern.
- AIZPURI, I., ASEGUINOLAZA, C., URIBE-ECHEVARRÍA, P.M., URRUTIA, P. I ZORRAKIN, I. (1999). *Flora del País Vasco*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz.
- BALLESTEROS, E. I CANALÍS, V. (1991). La vegetació culminal dels massissos de Besiberis i de Mulleres (Pirineus centrals catalans). *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 59: 95-106. Barcelona.
- BENITO, J.L. (2005). *Flora y vegetación del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Sobrarbe, Pirineo central aragonés)*. Tesis doctoral inèdita.
- BOLÒS, O., VIGO, J., MASALLES, R.M. I NINOT, J.M. (2005). *Flora manual dels Països Catalans*. Pòrtic, Barcelona.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1948). La végétation alpine des Pyrénées Orientales. *Monografias de la Estación de Estudios Pirenaicos y del Instituto Español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal*, 9: 1-306.
- 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. *Bulletin de la Société linnéenne de Provence*, 47: 27-36.
- CARRERAS, J., E. CARRILLO, R.M. MASALLES, J.M. NINOT I J. VIGO (1993). El poblament vegetal de les valls de Barravés i de Castanesa. I - Flora i vegetació. *Acta Botanica Barcinonensis*, 42: 1-392.
- CARRILLO, E. I J.M. NINOT (1992). Flora i vegetació de les valls d'Espot i de Boí. *I.E.C. Arxius Secció de Ciències*, 99 (2): 1-350.
- CARRILLO, E. I VIGO, J. (2002). *Mapa de vegetació de Catalunya 1 :50.000. Memòria del full Isil 149 (33-8)*: 1-102. Institut d'Estudis Catalans, Generalitat de Catalunya i Universitat de Barcelona.
- CHOLER, P. (2002). *La distribution des pelouses alpines à Carex curvula (s.l.) en Europa: essai de biogéographie fonctionnelle et évolutive*. Thèse. Université J. Fourier-Grenoble I.



- KÖRNER, C. (2003). *Alpine Plant Life*. Springer. Berlin.
- LLUENT, A., ILLA, E. i CARRILLO, E. (en premsa). Inventario, cartografia y monitorización de los neveros del Parque Nacional de "Aigüestortes i Estany de Sant Maurici". *Bulletin de la Societé d'Histoire Naturelle de Toulouse*.
- OZENDA, P. (1985). *La végétation de la chaîne alpine*. Masson, Paris.
- NEGRE, R. (1977). Vue d'ensemble sur les pelouses à *Festuca eskia* et à *Festuca paniculata* en Pyrénées. *Documents Phytosociologiques*, n.s., 1: 181-194.
- NINOT, J.M., Carrillo, E., Batllori, E., Carreras, J., Ferré, A. i Gutierrez, E. (2005). *Vegetation Patterns across the Timberline Ecotone in the Eastern Pyrenees*. IBC. Vienna
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., BASCONES, J.C., DIAZ, T.E., FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, F. i LOIDI, J. (1991). Vegetación del Pirineo occidental y Navarra. *Itinera Geobot.*, 5: 5-456.
- SESÉ, J.A., FERRÁNDEZ, J.V. i VILLAR, L. (1999). La flora alpina de los Pirineos: un patrimonio singular. In *Espacios naturales protegidos del Pirineo*. Publicaciones del Consejo de protección de la naturaleza de Aragón, Huesca.
- VIGO, J. (1996). *El poblament vegetal de la vall de Ribes, II: les comunitats vegetals i el paisatge*. Monografies de l'Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona.
- VILLAR, L; SESÉ, J.A. i FERRÁNDEZ, J.V. (1997-2001). *Atlas de la Flora del Pirineo Aragonés*. Ediciones La Val de Onsera, Huesca.
- WALTER, H. (1976). *Vegetació i climes del Món*. Universitat de Barcelona. Barcelona.

