

ECOLOGIA I APROFITAMENT DELS ECOSISTEMES PRATÍCOLES DE LA VALL D'ALINYÀ

**JOSÉ MARÍA ARENAS,* IGNASI SERRA* I
MARIA TERESA SEBASTIÀ*,****

* Àrea d'Ecologia Vegetal i Botànica Forestal. Centre Tecnològic i Forestal de Catalunya. Pujada del Seminari, s/n, E-25280 Solsona.

** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària. Universitat de Lleida. Avinguda Alcalde Rovira Roure, 191, E-25198 Lleida.

ARENAS, J. M.; SERRA, I.; SEBASTIÀ, M. T. (2004). «Ecologia i aprofitament dels ecosistemes pràtics de la vall d'Alinyà». In: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 14), p. 537-553. ISBN: 84-7283-724-6

Resum

Per tal d'interpretar els ecosistemes pràtics de la vall d'Alinyà i preveure'n la possible evolució, es varen realitzar enquestes entre els ramaders. Tot i que el nombre d'explotacions ha davallat, moltes de les que funcionen han augmentat els seus efectius. Algunes són molt tradicionals i perilla la seva continuïtat; d'altres, més mecanitzades, preveuen la seva expansió. Les càrregues ramaderes són molt baixes globalment, però es detecta una heterogeneïtat en la seva distribució. La millora en infraestructures ramaderes i l'ordenació racional dels aprofitaments permetrien el desenvolupament de la ramaderia compatible amb el manteniment de la diversitat paisatgística i d'organismes. Segons els mateixos ramaders, per tal de millorar la situació es podrien desenvolupar denominacions d'origen i productes ecològics.

Els resultats de les anàlisis multivariants florístiques i la distribució dels tipus funcionals de plantes mostraren una elevada complexitat de la vegetació dels prats de la vall d'Alinyà. Entre els principals factors que explicarien una part d'aquesta complexitat es reconegueren el gradient altitudinal, els factors fisiogràfics i la gestió dels prats. Aquest darrer factor fou especialment important a l'estatge montà, on destacà la presència de matolls en moltes mostres. L'abundància de llenyoses en una bona part de les pastures montanes és indicadora de la infrautilització d'aquestes pastures respecte de temps passats, situació que contrasta amb la llarga permanència del bestiar als prats d'altitud. La complexitat dels prats es reflectí també en les característiques productives, i va quedar molta variabilitat sense explicar en la modelització de la biomassa. La riquesa florística influí sobre la productivitat dels prats, però de manera diferencial segons les comunitats. La relació fou més elevada per als prats subalpins. L'estudi revela una gran heterogeneïtat entre els diferents tipus de prats i dintre seu, en part relacionada amb l'etapa successional, que podria haver complicat la modelització de la productivitat.

PARAULES CLAU: diversitat, productivitat, paisatge, vegetació, pastures, farratges, ramaderia.

Resumen

Para interpretar los ecosistemas práticos del valle de Alinyà y prever su posible evolución, se realizaron encuestas entre los ganaderos. Aunque el número de explotaciones ha disminuido, muchas de las que funcionan han aumentado efectivos. Algunas son muy tradicionales y peligra su continuidad, otras, más mecanizadas, prevén su expansión. Globalmente, las cargas ganaderas son bajas, pero se detecta una gran heterogeneidad en su distribución. La mejora en infraestructuras y la ordenación racional de los aprovechamientos permitirían el desarrollo de la ganadería compatible con la diversidad paisajística y de organismos. Según propuestas de los mismos ganaderos, la situación se podría mejorar mediante denominaciones de origen y productos ecológicos.

Los resultados de análisis multivariantes florísticos y la distribución de los tipos funcionales mostraron la elevada complejidad de la vegetación de los pastos del valle de Alinyà. Entre los principales factores que explicarían una parte de dicha complejidad destacaron el gradiente altitudinal, los factores fisiográficos y la gestión de los pastos. El último factor fue especialmente importante en el piso montano, donde destacó la presencia de arbustos en muchas muestras. La abundancia de leñosas en estos pastos es indicadora de su infrautilización respecto a tiempos pasados, situación que contrasta con la larga permanencia del ganado en los pastos de altitud. La complejidad de los pastos se reflejó también en las características productivas, y quedó mucha variabilidad sin explicar en la modelización de la biomasa. La riqueza florística influyó sobre la productividad, pero de manera diferencial según el pasto. Los pastos subalpinos presentaron la mejor relación. El estudio reveló una gran heterogeneidad entre y dentro de los tipos de pastos, relacionada en parte con la sucesión, que habría complicado la modelización de la productividad.

PALABRAS CLAVE: diversidad, productividad, paisaje, vegetación, pastos, forrajeras, ganadería.

Abstract

In order to understand the grassland ecosystems of the Alinyà valley and predict their possible evolution, we carried out a survey amongst the livestock farmers. Although the number of holdings has decreased, many of the active ones have increased their volume. Some holdings are very traditional and their continuity is threatened, while other more mechanised ones intend to expand. Overall, stocking density is low, but highly heterogeneous in distribution. The improvement of infrastructures and the rational organisation of resources would allow a development of livestock farming compatible with the maintenance of landscape and species diversity. The farmers themselves suggest that the situation could be improved by developing products with a label of origin and by ecological production.

Multivariate analysis of the flora and the distribution of functional types of plants show the great complexity of the grassland vegetation of the d'Alinyà valley. Amongst the main factors explaining this complexity are the altitudinal gradient, physiographical factors, and the management of the grassland. This last factor is particularly important for the montane grasslands, where shrubs were present in many samples. The abundance of woody species in a good part of the montane pastures is an indicator of the low use of these pastures compared with their use in the past. This is in contrast with the long time spent by livestock on the high altitude pastures. The complexity of the grasslands was also reflected in their productivity characteristics, much of the variability remaining unexplained by the biomass models. Plant species richness influenced grassland productivity, but differentially according to the communities involved. The relationship was strongest for subalpine grasslands. The study showed great heterogeneity between and within the different grassland types, partly related to succession, and this would have complicated the productivity modelling.

KEYWORDS: diversity, productivity, landscape, vegetation, grasslands, forage, livestock farming.

1. INTRODUCCIÓ

El paisatge de la vall d'Alinyà, com el de moltes valls pirinenques, s'ha vist profundament modificat per l'actuació humana des de temps prehistòrics. No és possible entendre els trets paisatgístics i la vegetació sense considerar la profunda petjada que els humans deixen en la seva interacció amb l'entorn. Entre les activitats més importants d'aquesta actuació antròpica, a la vall d'Alinyà hi destaquen les agrícoles i ramaderes, que han tingut com a conseqüències paisatgístiques més importants la reducció de la superfície arbrada i l'establiment dels cultius, els prats de dall i les pastures. L'acció antròpica també té profundes repercussions sobre els aspectes naturalistes de la vall. És conegut que la pastura incrementa la biodiversitat dels ecosistemes si les pressions són moderades (hipòtesi de la pertorbació mitjana, Connell, 1978), i que el tipus de maneig modifica sensiblement la vegetació i, com a conseqüència, el paisatge (Bullock *et al.*, 2001; Farnsworth & Anderson, 2001). L'estat de la vegetació determina alhora la composició faunística i de microorganismes, i s'estableix un procés de retroalimentació entre els factors biòtics, els de gestió i el medi (Sebastià *et al.*, 1998). Les interaccions resultants influeixen sobre els processos funcionals dels ecosistemes pradencs, com ara el cicle de nutrients (Canals & Sebastià, 2000a).

Les interaccions entre els humans i el medi, però, són dinàmiques i introdueixen un altre element molt important amb vista a les interpretacions paisatgístiques i a l'elaboració d'un pla de gestió per al territori. Els darrers anys, la millora de les condicions productives globals ha portat a l'abandonament dels camps més marginals, de difícil accés i mecanització complicada. La conseqüència és la presència de nombrosos guarets, fàcilment reconeixedors pels marges de pedra, i la concentració dels conreus i prats de dall actius a la vora del poble. La davallada de la població a les zones rurals, generalitzada a escala europea, també afecta la vall d'Alinyà. La disminució del poblament agreuja el procés d'abandonament de les activitats agrícoles i ramaderes, la qual cosa contribueix a accentuar els canvis paisatgístics. Si, fruit d'aquests condicionants socioeconòmics, es produeix una davallada de la càrrega ramadera, s'abandonen pastures i comença el procés d'invasió per part del matollar. La conseqüència és una homogeneïtzació paisatgística, amb la desaparició d'ambients agrícoles i ramaders tradicionals, que repercuteix directament sobre la diversitat d'organismes que es mantenen en els ecosistemes agrosilvopastorals. Als Estats Units, per exemple, s'ha estimat que la reducció de les activitats pastorals des que s'obrí el Great Smoky Mountains National Park ha portat a la desaparició d'almenys noranta espècies de plantes afavorides per aquestes activitats des dels anys trenta (Hiram Rogers in Bryson, 1998). Recentment, s'ha obert un gran debat sobre la importància de la diversitat en el funcionament dels ecosistemes i els serveis que aquests ens ofereixen (Hector *et al.*, 1999; Naeem *et al.*, 1999; Waide *et al.*, 1999; Leps *et al.*, 2001). La pèrdua d'espècies i d'ambients agrosilvopastorals tindrà, sens dubte, conseqüències profundes sobre el paisatge i l'equilibri entre els organismes de la vall a curt, mitjà i llarg termini.

Amb aquesta problemàtica com a marc de referència, en aquest treball analitzem la situació ramadera de la vall d'Alinyà, i engegarem l'estudi de la diversitat i la productivitat dels ecosistemes pastorals de la vall.

2. MATERIAL I MÈTODES

2.1. SITUACIÓ DE LA RAMADERIA A LA VALL D'ALINYÀ

La situació ramadera de la vall d'Alinyà es va avaluar a partir de l'elaboració de les enquestes que es varen passar als ramaders de la vall i de les dades presentades a la PAC (Política Agrària Comunitària). L'enquesta seguí la metodologia proposada per Morera *et al.* (2000), i comprenia quatre grans blocs que caracteritzaven tant els ramaders com les explotacions: *a)* caracterització de l'enquestat; *b)* descripció general de l'explotació; *c)* descripció econòmica de l'explotació, i *d)* caracterització de l'activitat ramadera extensiva en zona de bosc. Comprenia preguntes de resposta tancada, multi-resposta, resposta oberta o d'opinió, resposta binària amb filtre, i donava lloc a diverses tipologies de variables (quantitatives contínues, discretes, binàries, proporció d'enquestats que comparteix una certa opinió, etc.). L'enquesta es va adreçar a tota la població de ramaders de la vall.

2.2. DIVERSITAT VEGETAL, ESTRUCTURA I PRODUCTIVITAT DELS ECOSISTEMES PASTORALS

L'anàlisi del *Mapa de cobertes del sòl de Catalunya* (CREAF, 2000) i les visites exploratòries a la vall d'Alinyà varen portar al reconeixement de tres grans unitats de paisatge d'interès pastoral prioritari: guarets, establerts sobre terrasses de cultiu abandonades en temps relativament recents; prats montans, establerts en zones no cultivades o sobre cultius antics on ja no es reconeixien les terrasses, i prats subalpins, per damunt dels anteriors, a partir dels 1.800 m d'altitud.

Es plantejà un mostreig estratificat, diferenciant-hi tres estrats corresponents a les unitats de paisatge esmentades anteriorment. Sobre un mapa es varen delimitar taques homogènies o polígons de prats, a partir de fotografies aèries, el mapa de cobertes i la confirmació directa al camp. Cada polígon es va assignar a un dels tres estrats. Per a cada estrat es varen seleccionar deu polígons a l'atzar, mitjançant nombres aleatoris generats per ordinador. Dins de cada polígon seleccionat es va fer una mostra d'una zona homogènia, centrada sobre la vegetació típica del polígon. A aquest efecte, es varen establir parcel·les de $2 \times 2 \text{ m}^2$, i a cada cantonada es marcaren quatre quadrats de $50 \times 50 \text{ cm}^2$, separats per una distància d'un metre. Dins de cada quadrat de $50 \times 50 \text{ cm}^2$, es dallà un subquadrat de $25 \times 25 \text{ cm}^2$, i la matèria recollida es guardà separatament per tal d'estimar la biomassa per espècies. A continuació es dallà la resta del quadrat de $50 \times 50 \text{ cm}^2$, per tal d'estimar la biomassa total. Les mostres es portaren al laboratori, on s'assecaren a l'estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ fins a pes constant. Les mostres dels subquadrats petits es varen guardar primer dins del congelador i, posteriorment, es varen separar per espècies i es van pesar independentment.

Per tal de determinar la variabilitat estructural dels prats estudiats, s'utilitzà una anàlisi de components principals (ACP) sobre la matriu de covariàncies amb rotació VARIMAX de la biomassa per espècies. Per tal de trobar grups homogènis de prats, es

va efectuar una anàlisi d'agrupament sobre les variables determinades pels dos primers eixos obtinguts a l'ACP.

Es modelitzà la productivitat de les pastures tenint en compte els factors fisiogràfics abiòtics mitjançant models lineals generalitzats i tècniques de regressió pas a pas, començant pel model amb totes les variables explicatives. Al model inicial, s'introduïren una variable ambiental quantitativa (l'altitud) i quatre variables ambientals indicadores: tipus de prat (guarets, montans, subalpins), orientació (nord, que inclou oest, i sud, que inclou est), pendent (< 20 % i > 20 %), pedregositat (nul·la o escassa, i mitjana o alta), presència de femtes (presents o no). També s'afegí una variable indicadora de la diversitat dels prats, que fou el nombre d'espècies presents en els subquadrats petits (un quart de m²). Aquest model es va millorar substituint el tipus de prat tal com havia estat definit en el mostreig, segons criteris paisatgístics, pel tipus de prat determinat a partir de l'anàlisi d'agrupament, segons criteris florístics. També es modelitzà la diversitat dels prats, representada pel nombre d'espècies per mostra, tenint en compte les variables ambientals, segons els procediments anteriors.

Finalment, s'analitzà la composició dels tipus funcionals dels prats dels quals es va fer una mostra. S'hi varen reconèixer sis categories: arbusts i mates no lleguminosos (*Thymus vulgaris*, *Lavandula latifolia*, *L. angustifolia*...), arbusts lleguminosos (*Genista scorpius*), gramínies, altres graminoides, fòrbies no lleguminoses, fòrbies lleguminoses. Aquestes categories s'agruparen posteriorment en tres: fòrbies, graminoides i espècies llenyoses. Es dugueren a terme ANOVA i tests LSD de comparació de mitjanes per tal de determinar les diferències en tipus funcionals entre els diferents tipus de prats considerats.

Les autories dels tàxons són les indicades al capítol d'aquest volum dedicat a la flora vascular (Sáez, Devis & Soriano, 2004).

3. RESULTATS

3.1. SITUACIÓ DE LA RAMADERIA A LA VALL D'ALINYÀ

En el moment en què es feren les enquestes, a la vall d'Alinyà hi havia set propietaris que eren ramaders, percentatge que correspon al 39 % dels propietaris (7/18 propietaris). Sis explotacions eren de boví extensives, i una era mixta (de boví amb un ramat gran d'ovelles i algunes cabres). La cabana estava per sobre de 150 caps de boví, 400 d'oví i 25 de cabrum. El 75 % de les explotacions que quedaven havia incrementat efectius els darrers anys, i el 75 % dels entrevistats pensava continuar amb l'explotació. El 100 % de mà d'obra utilitzada en les tasques ramaderes era familiar. El nombre de membres per família dedicats a les activitats ramaderes era bastant independent del nombre de membres del nucli familiar i oscil·lava en tots els casos entre 1 i 3 (figura 1). La dedicació familiar no augmentà amb el nombre d'unitats de bestiar gros a l'explotació (utilitzant l'equivalència de 1 UBG = 8 ovins), particularment en el cas de les explotacions de bovins, a causa d'un augment en la mecanització de les explotacions de boví més grans (figura 1).

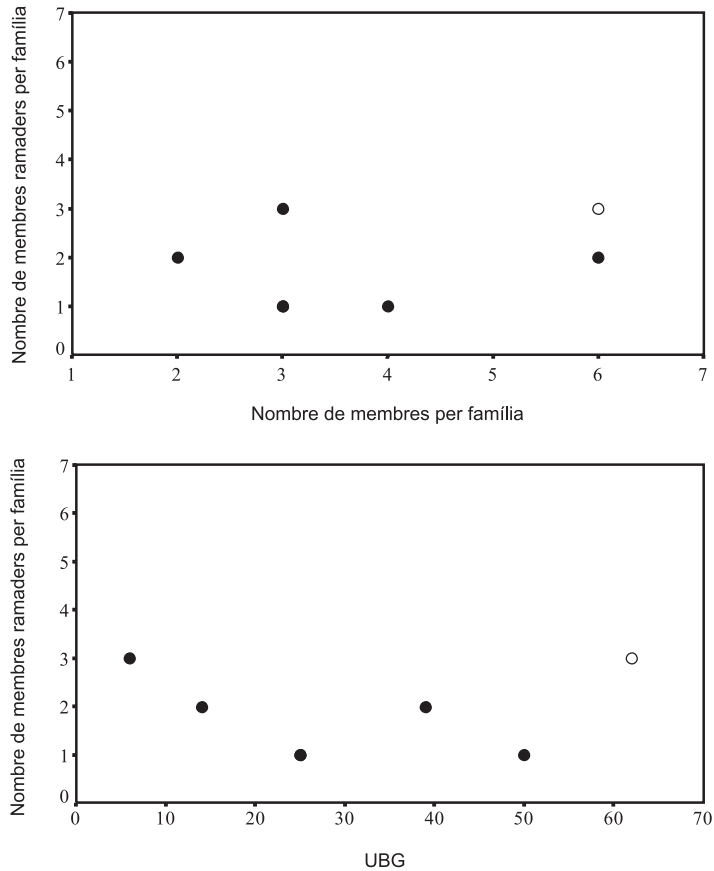


FIGURA 1. Nombre de membres dedicats a les activitats ramaderes segons el nombre total de membres per família (a dalt) i de les unitats de bestiar gros de l'explotació, UBG (a baix). Els cercles plens representen les explotacions bovines, el cercle buit, l'explotació mixta bovina i ovina.

El 43 % dels propietaris ramaders declarà que dedicava entre el 30 % i el 60 % del seu temps a les tasques ramaderes, la mateixa proporció hi dedicava més del 60 %, i només el 14 % (un propietari) hi dedicava menys del 30 %. Les activitats ramaderes representaren més del 40 % dels ingressos totals a més de la meitat de les explotacions, però aquest percentatge era independent del nombre de caps de bestiar, ja que, de vegades, explotacions grans comptaven amb altres entrades, sobretot dins del sector terciari. La major part de les explotacions rebien ajuts públics per animal segons hectàrees, particularment de la PAC, ajuts compensatoris de muntanya i primes per extensiu. Només una explotació té denominació d'origen per a la seva carn, però tots els propietaris mostren interès en una iniciativa d'aquestes característiques.

Dels conreus relacionats amb la ramaderia, el monocultiu d'alfals es trobava a més explotacions, però és el que ocupava menys hectàrees (figura 2). La trepadella fou la farratgera cultivada en més extensió, seguida per les barreges (constituïdes principalment per dàctil i trèvol blanc), tot i que es cultivaven en poques explotacions (figura 2). Tradicionalment, les pastures tenen una utilització diferencial al llarg del temps. Els

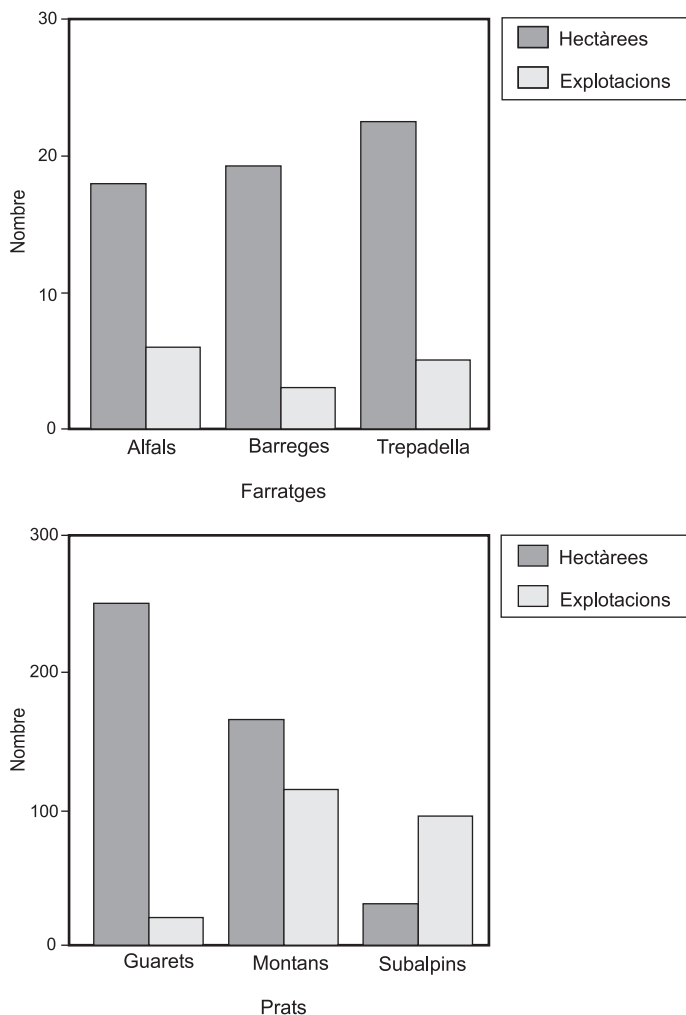


FIGURA 2. A dalt, superfície en hectàrees ocupada per diverses farratgeres i nombre d'explotacions on es cultiven. A baix, superfície ocupada pels tres tipus de prats diferenciats i nombre de polígons reconeguts en el paisatge per a cada tipus.

prats altimontans i els subalpins s'utilitzen a l'època de l'any més temperada, ja que el bestiar s'hi està des de l'abril-juny fins a l'octubre-novembre. Les pastures montanes s'utilitzen la resta de l'any. A l'hivern, es compren complements alimentaris de fora, principalment pinso vegetal per a l'engreix, palla i civada per al bestiar de cria. Uns càlculs aproximats indiquen que, globalment, les càrregues de bestiar són molt baixes, ja que no arriben a $0,20 \text{ UBG ha}^{-1} \text{ i any}^{-1}$. S'ha de tenir en compte, però, que en el càlcul d'aquesta xifra s'inclouen zones actualment abandonades, en les quals s'haurien de fer intervencions per facilitar el seu aprofitament. Les càrregues augmenten si es consideren únicament les pastures subalpines, fins a $0,55 \text{ UBG ha}^{-1} \text{ i any}^{-1}$ aproximadament. Tot

i que els caps de bestiar no són excessius, un aprofitament desigual de les pastures en el temps i en l'espai porta a situacions de sobreexplotació d'algunes zones (sobretot als obacs en altitud a prop dels abeuradors) i d'infrautilització d'altres (sobretot als solells i a les parts baixes de la vall). La major part de les terres que s'utilitzen com a pastures actualment són propietat de la Fundació Territori i Paisatge, i sovint es puja el bestiar comunalment a pasturar, sobretot en el cas del boví.

La raça de vacum predominant és la bruna pirinenca, sobretot en el cas de les mares, ja que es tracta d'una raça resistent i polivalent, i xarolesa per als mascles reproductors, ja que es tracta d'una raça càrnica. Aquesta és una combinació molt generalitzada a tot el Pirineu català. En l'època en què es varen realitzar les enquestes, els ramaders estaven molt preocupats per la problemàtica de les vaques boges, que produí un descens del valor del bestiar de gairebé el 70 % en els moments més crítics. Entre les mesures proposades pels mateixos ramaders davant una situació com aquesta, figuren un bon control dels animals per part de l'administració, un control sanitari estricte, unes compensacions econòmiques als ramaders, l'ús de les denominacions d'origen o de carns ecològiques (pinsos vegetals), el control de les compres de bestiar a l'estranger i la utilització de races locals.

La valoració del pasturatge dins del bosc fou homogèniament molt positiva pel que fa a l'efecte sobre la neteja del bosc, amb una puntuació de 10/10 per a aquesta característica segons la majoria de propietaris. En canvi, la major part valorà negativament l'efecte del bestiar sobre la regeneració del bosc. Més heterogènia fou la consideració de l'aportació de fems, amb valoracions des de força positives fins a molt negatives. Els motius principals pels quals es pastura al bosc foren la complementació de la dieta i la neteja del sotabosc com a mesura preventiva contra els incendis forestals. En un cas es tractava d'un fet circumstancial, derivat del trànsit del bestiar entre pastures. Les característiques del sotabosc per tal de ser òptim per al pasturatge eren que fos aclarit i net d'espècies llenyoses i de material sec, a prop de la casa, i preferentment ric en espècies d'interès farratger, tot i que els propietaris podien anomenar amb més facilitat les espècies nocives que les bones farratgeres.

3.2. DIVERSITAT VEGETAL, ESTRUCTURA I PRODUCTIVITAT DELS ECOSISTEMES PASTORALS

Els prats desenvolupats a l'estatge montà, situats per sota dels 1.800 m d'altitud, globalment representaven un 68,2 % de la superfície de pastures de la vall d'Alinyà, i d'aquesta xifra, el 26,5 % eren guarets aterratsats. Els prats montans no aterratsats, a més d'una superfície més gran, també ocupaven un nombre més gran de polígons (figura 2). Els guarets aterratsats, tot i que ocupen una superfície total més petita i són menys freqüents, presentaven una superfície més gran per polígon que les altres categories (figura 2). La diversitat, representada pel nombre d'espècies per mostra, no fou significativament diferent segons aquests tipus de prat, tipificats amb criteris paisatgístics. La biomassa dels guarets fou significativament més baixa que la dels altres tipus de prats (test de Tuckey, P-valor < 0,05; figura 3).

La vegetació dels prats fou molt heterogènia, fet palès en l'anàlisi de components principals, ja que fins a nou eixos presentaren valors propis per sobre d'1, la qual cosa

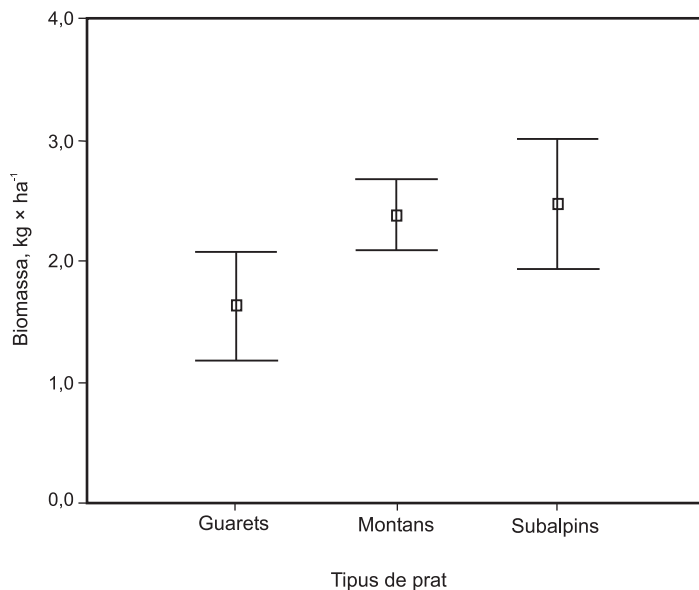


FIGURA 3. Biomassa mitjana per parcel·la i intervals de confiança del 95 %, segons el tipus de prat definit sobre la base de criteris paisatgístics: guarets, prats montans i prats subalpins.

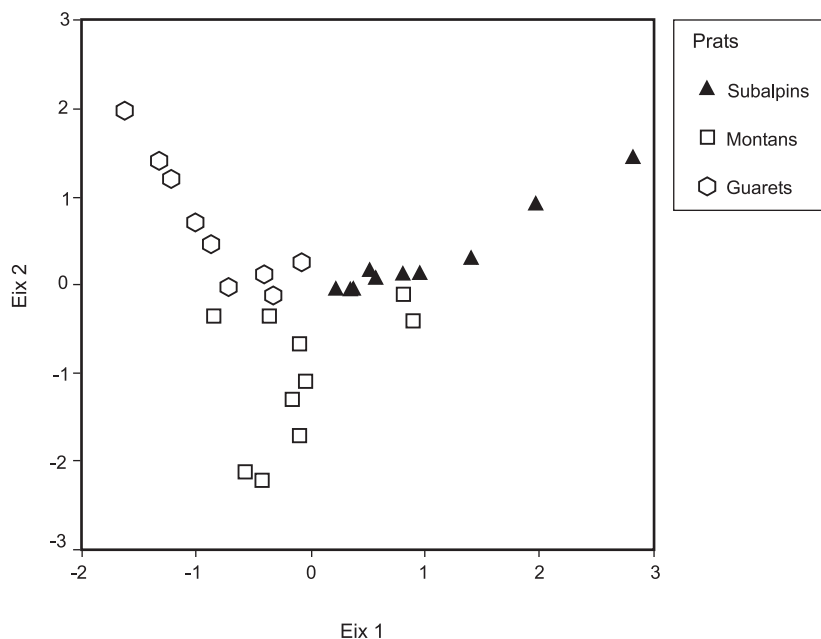


FIGURA 4. Ordenació de les mostres al llarg dels dos factors principals de variació generats a partir de l'anàlisi de components principals sobre variables de biomassa de les espècies. Es representen els tipus de prats definit sobre la base de criteris paisatgístics.

explica en conjunt el 73,4 % de la variabilitat de les mostres. Els dos primers eixos explicaren el 27,6 % de la variabilitat conjuntament (16,8 % i 10,8 % respectivament). Els prats subalpins es diferenciaven més dels montans no aterassats i dels guarets que aquests dos darrers grups entre ells, i se situaven a la part positiva de l'eix 1, el qual recull la màxima variabilitat de les mostres (figura 4). El segon eix afectà, sobretot, els prats montans i els guarets, els quals se situaven al llarg del gradient generat per aquest eix. Els prats montans no aterassats se separaven força clarament dels altres cap a la part negativa del segon eix (figura 4).

L'anàlisi d'agrupament diferencià cinc grups de prats segons la seva composició florística (figura 5). Els prats florísticament més diferenciats dels altres foren els prats subalpins xèrics (SX), dominats per *Koeleria vallesiana*, *Festuca gautieri*, *Carex humilis* i *Globularia cordifolia*. Un altre grup de prats ben diferenciat comprenia prats mèsics de l'estatge montà (MM), tots sobre guarets aterassats i dominats per *Lolium*

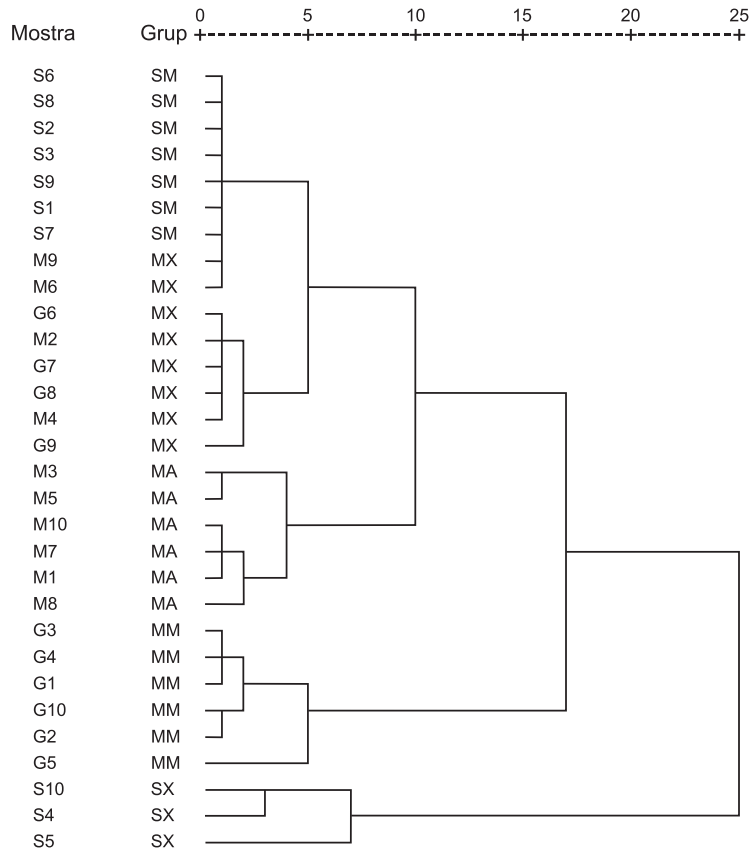


FIGURA 5. Representació dels grups resultants de l'anàlisi d'agrupament. Les mostres indiquen els tipus de prats definits segons criteris paisatgístics (G, guarets; M, prats montans no aterassats; S, prats subalpins), i els grups, els tipus de prats definits segons criteris florístics (SX, prats subalpins xèrics; MM, prats montans mèsics; MA, prats montans amb matolls; MX, prats montans xèrics; SM, prats subalpins mèsics).

perenne, *Arrhenatherum elatius*, *Dactylis glomerata* i *Plantago sempervirens*. Un tercer grup estava constituït per prats amb matolls (MA), tots a l'estatge montà i tots desenvolupats sobre prats montans (segons criteris paisatgístics), on eren freqüents arbusts i mates com ara *Thymus vulgaris*, *Genista scorpius* o *Lavandula angustifolia*, i les gramínies *Brachypodium retusum* i *Festuca gr. rubra*. Un quart grup reunia prats montans i guarets xèrics (MX), tots a l'estatge montà i dominats per espècies com ara *Brachypodium phoenicoides*, *Genista scorpius*, *Santolina chamaecyparissus*, *Ononis* sp. pl. i *Potentilla neummanniana*. Finalment, un cinquè grup reunia mostres subalpines amb dues de montanes. Les dues mostres montanes, on abundaven *Globularia cordifolia*, *Brachypodium*

TAULA 1. Resultats de la modelització de la biomassa segons diverses variables del medi físic i de diversitat. Es mostren las variables retingudes al model final.

Font	g. ll.	F	p-valor
Intersecció	1	14,220	0,002
Tipus de prat (florístic)	4	9,472	< 0,001
Pedregositat	2	3,721	0,042
Pendent	1	6,405	0,020
Altitud	1	4,571	0,045
Nombre d'espècies	1	12,996	0,002

$R^2 = 0,687$ (R^2 corregida = 0,543)

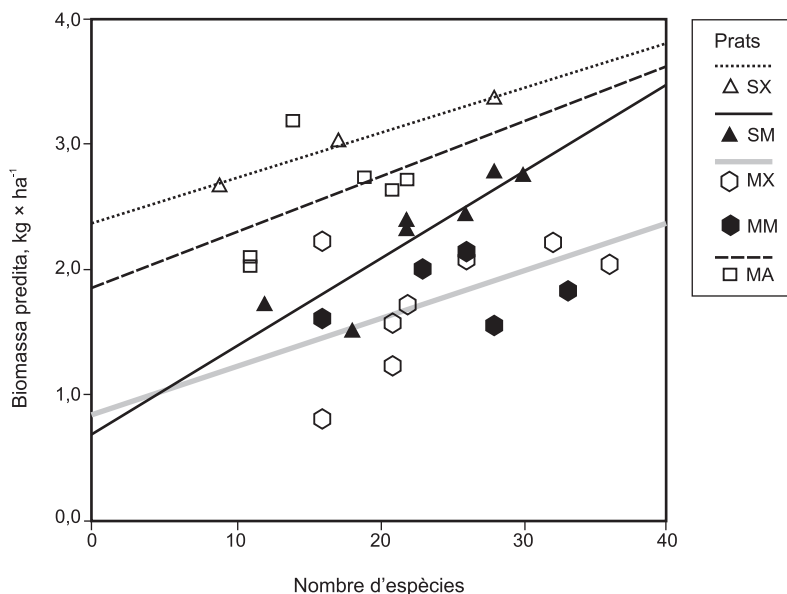


FIGURA 6. Relació entre la biomassa predita i el nombre d'espècies per mostra d'un quart de m². Es representen els diferents tipus de prats sobre la base de la composició florística mitjançant diferents símbols, així com les rectes de regressió, excepte per a MM. SX, prats subalpins xèrics, $R^2 = 0,98$; SM, prats subalpins mèsics, $R^2 = 0,80$; MM, prats montans mèsics, $R^2 = 0,004$; MA, prats montans amb matolls, $R^2 = 0,26$; MX, prats montans xèrics, $R^2 = 0,29$.

retusum, *Teucrium polium* i *Aphyllanthes monspeliensis*, s'incloueren dins dels prats montans xèrics, i amb els prats subalpins es formà un darrer grup de prats subalpins mètics (SM), dominat per *Festuca rubra* ssp. *commutata*, *Potentilla neumanniana*, *Carex caryophyllea* i *Alchemilla* gr. *hybrida*.

Els models de biomassa tenint en compte el tipus de prat segons criteris paisatgístics, a més de variables fisiogràfiques i de diversitat, foren poc explicatius (menys del 10 % de la variabilitat de la variable d'interès), i només la variable tipus de prat fou significativa (figura 3). La consideració del tipus de prat segons criteris florístics incrementà la variabilitat explicada pel model fins al 54,6 %. Les variables retingudes al model final foren tipus de prat segons criteri florístic, altitud, pendent, pedregositat i nombre d'espècies per mostra (taula 1). Destaca la relació entre la variable productiva (biomassa) i la variable de diversitat (nombre d'espècies per mostra). Aquesta relació, en general, fou positiva, i indica que la diversitat afavoreix una productivitat més elevada, però depenent del tipus de prat (figura 6). La relació fou més acusada en els prats subalpins, més baixa en els montans xèrics i amb matollars, i pràcticament nul·la en els prats montans mètics (figura 6). A part de la seva relació amb la biomassa, la diversitat per mostra fou independent de la resta de factors considerats.

Es trobà una distribució diferencial dels tipus funcionals de plantes dins dels tres grups de prats segons criteris paisatgístics (figura 7). Els prats montans no aterassats presentaren una biomassa significativament superior de llenyoses que els altres dos grups, mentre que els prats subalpins tenien una quantitat més gran de graminoides que els altres (figura 7). Els tipus funcionals es distribuïren d'una manera més irregular entre els tipus de prats reconeguts sobre la base de criteris florístics. Mentre que les pastures mètiques subalpines tenien més proporció de graminoides, els prats montans xèrics i amb matollars presentaven una proporció més gran de llenyoses, però l'elevada variabilitat dins dels grups feu que aquestes diferències no fossin significatives.

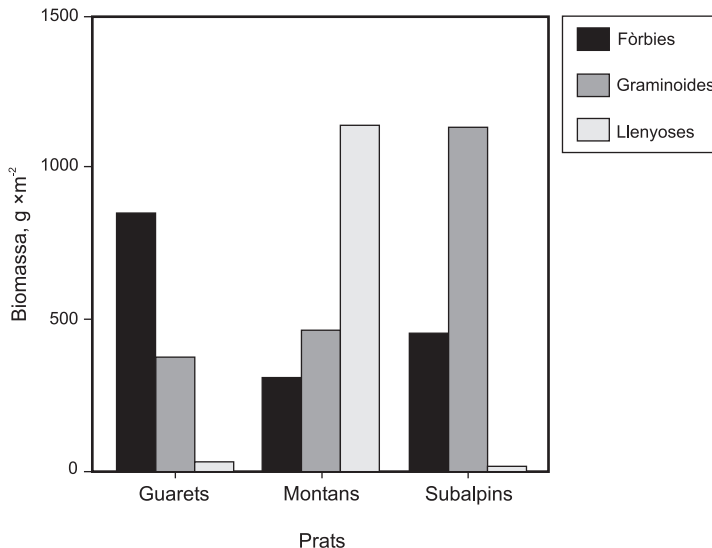


FIGURA 7. Biomassa per tipus funcional d'espècies, dins els tres tipus de prats definits segons criteris paisatgístics.

4. DISCUSSIÓ

4.1. SITUACIÓ DE LA RAMADERIA A LA VALL D'ALINYÀ

A la vall d'Alinyà, com a molts llocs dels Pirineus, s'ha produït una davallada de les activitats agrícoles i ramaderes. Les explotacions que hi resten mostren una situació heterogènia, des d'explotacions molt tradicionals que no tenen assegurada la continuïtat, fins a la professionalització i modernització d'altres, els propietaris de les quals sovint tenen altres fonts d'ingressos, però han ampliat l'explotació i mostren interès en la seva continuïtat. Gràcies a la modernització, aquestes explotacions sovint són les que necessiten menys mà d'obra (figura 1). L'ampliació de les explotacions, quan es produeix, es fa molts cops a partir de terrenys propers a l'explotació que altres propietaris deixen, amb la qual cosa els terrenys més allunyats del poble van essent progressivament abandonats, i s'hi inicia el procés de la successió vegetal. Aquesta situació es fa palesa particularment als prats montans, que d'aquesta manera s'enriqueixen en espècies llenyoses (figura 7) i es perden les pastures. En canvi, bona part dels prats subalpins són fortament utilitzats durant un període molt llarg de l'any, i es produeixen unes desigualtats de càrregues en l'espai i en el temps, entre diferents tipus de pastures, i dintre d'un mateix tipus. Aquests problemes es deuen, en part, a la manca d'infraestructures ramaderes, com ara la disponibilitat de punts d'aigua. Un bon pla d'ordenació de les pastures hauria de corregir aquests desequilibris, que poden donar lloc a una pèrdua dels prats per sobreexplotació en uns casos, per abandonament en d'altres. Les mesures correctores, com ara una millora en la distribució dels punts d'aigua, probablement permetrien no tan sols mantenir la cabana actual de bestiar, sinó fins i tot incrementar-la. Però calen estudis més aprofundits per tal de determinar exactament quines serien les mesures més adients i on caldria aplicar-les.

4.2. DIVERSITAT VEGETAL, ESTRUCTURA I PRODUCTIVITAT DELS ECOSISTEMES PASTORALS

Tant els resultats de les anàlisis multivariants florístiques (figures 4 i 5) com la distribució dels tipus funcionals i de les formes de creixement de plantes (figura 7) indiquen l'elevada complexitat de la vegetació dels prats de la vall d'Alinyà. En aquest estudi es reconegué l'actuació d'una varietat de factors del medi físic que, interactuant entre ells, i amb els factors de gestió, explicarien almenys una part d'aquesta complexitat. La vegetació dels prats comprèn un mosaic de comunitats determinat, en primer lloc, pel gradient altitudinal que es troba a la vall (prats montans o subalpins); en segon lloc, pels factors fisiogràfics que influeixen sobre la fertilitat de la localitat considerada (prats mèsics o xèrics) i, en darrer lloc, per l'ús (aterrassat o no aterrat i grau d'invasió per mates i matollars). Aquest darrer factor fou especialment important a l'estatge montà, on les comunitats pràtiques més fèrtils es desenvoluparen sobre guarets recentment abandonats (figura 5) i on la proporció d'espècies llenyoses era més elevada en els prats montans no aterratats. El domini de les llenyoses és un fenomen relacionat amb

la pressió d'utilització dels prats i és un indicador de l'actuació dels processos de successió. Com més baixa sigui la pressió per part del bestiar o faci més temps que s'ha abandonat la pastura, més gran serà la biomassa llenyosa esperada. L'abundància de llenyoses en una bona part de les pastures montanes és clarament indicadora de la infrautilització d'aquestes pastures respecte a temps passats. Aquesta situació contrasta amb la durada de permanència elevada del bestiar als prats d'altitud.

La complexitat dels prats es reflectí també en les característiques productives. Tot i que la inclusió com a variable explicativa de la classificació dels prats segons criteris florístics millorà els models descriptors de la biomassa, molta de la variabilitat quedà sense explicar. D'altra banda, els patrons trobats corroboren la hipòtesi que la diversitat afavoreix la productivitat (Hector *et al.*, 1999), i coincideixen amb alguns resultats del nostre equip en pastures subalpines sota condicions d'escalfament (Sebastià *et al.*, en premsa). Cal destacar la dependència d'aquest patró respecte del tipus de comunitat considerat. Alguns autors proposen que la relació diversitat-productivitat depèn del tipus particular d'espècie dominant a cada ecosistema (Lepš *et al.*, 2001), i que, a més, és altament dinàmica, de manera que canvia en l'espai i també en el temps (Cardinale *et al.*, 2000).

Aquest estudi revela una gran heterogeneïtat entre les diferents menes de prats considerades inicialment sobre la base de criteris paisatgístics i dintre d'un mateix tipus, particularment pel que fa als prats montans (evident també en el conspecte sintaxonòmic de la vegetació; Soriano & Devis, 2004), i apunta que una part d'aquesta heterogeneïtat podria estar relacionada no tan sols amb els factors abiòtics i el seu efecte sobre les interaccions biòtiques (Canals & Sebastià, 2000b), sinó també amb l'etapa successional que representen les diferents mostres (figura 7). Per tant, per tal de millorar els models descriptors de la productivitat, que tan útils serien per gestionar el maneig de les pastures de la vall, i aprofundir alhora en els factors que modulen les relacions entre productivitat i diversitat, caldria ampliar aquest estudi per tal d'incloure-hi el tipus de gestió i els canvis originats per la dinàmica temporal d'aquests ecosistemes. Es podria explorar, llavors, si existeixen altres factors amagats que actuen sobre la diversitat florística dels prats (figures 5 i 6).

5. CONCLUSIONS

La situació naturalista actual de la vall d'Alinyà en tots els seus aspectes s'explica pels condicionants del medi físic i les interaccions biològiques, però també, de manera important, pel tipus d'utilització dels diferents ecosistemes fins al moment actual per part dels seus habitants. Dins de les activitats antròpiques, l'ús agrosilvopastoral repercuteix de manera important sobre el medi a diferents escales, des del paisatge (figura 2) fins a la parcel·la (figura 3). Per tal de desenvolupar un pla d'ordenació racional de les pastures, indispensable per promoure el desenvolupament sostenible de la vall d'Alinyà, s'han de tenir en compte tant els condicionants ecològics com els socioeconòmics, els quals determinaran els usos agrosilvopastorals futurs de la vall, i aplicar-hi, si escau, mesures correctores.

AGRAÏMENTS

La realització d'aquest treball no hagués estat possible sense la participació de diversos col·laboradors. Bernat Veciana, Blai Capella i Maite Monclús varen col·laborar en el mostreig i el processat de les mostres. Christian Dal Zenaro passà llargues hores separant espècies al laboratori. Noemí Palero col·laborà en la pesada i organització de les mostres. El nostre company Ignasi Soriano, amablement, ens proporcionà informació sobre els aspectes botànics. Josep Maria Ninot ens ajudà a resoldre alguns dubtes amb les espècies, i Josep Vigo i Rosa Maria Canals revisaren una versió anterior de l'article. Josep Germain fou sempre un bon suport i ens resolgué molts dubtes. Volem agrair especialment els ramaders de la vall d'Alinyà per la seva disponibilitat a respondre les enquestes i a proporcionar informació sobre l'estat de la ramaderia a la vall, com també a la Institució Catalana d'Història Natural, que feu possible la realització d'aquest treball, i a la Fundació Territori i Paisatge, que li donà suport econòmic.

BIBLIOGRAFIA

- BRYSON, B. (1998). *A walk in the woods. Rediscovering America on the Appalachian Trail*. Nova York: Broadway Books.
- CANALS, R. M.; SEBASTIÀ, M. T. (2000a). «Soil nutrient fluxes and vegetation changes on molehills». *J. Veg. Sci.*, 11, p. 23-30.
- CANALS, R. M.; SEBASTIÀ, M. T. (2000b). «Analyzing mechanisms regulating diversity in rangelands through comparative studies: a case in the southwestern Pyrenees». *Biodiversity and Conservation*, 9, p. 965-984.
- CONNELL, J. H. (1978). «Diversity in tropical rainforests and coral reefs». *Science*, 199, p. 1302-1310.
- COMAS, L.; OBON, B.; MATA, T.; VAYREDA, J.; IBÀÑEZ, J. J. (2004). «Els boscos de la vall d'Alinyà». In: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 14), p. 471-503.
- HECTOR, A.; SCHMID, B.; BEIERKUHNLIN, C.; CALDEIRA, M. C.; DIEMER, M.; DIMITRAKOPOULOS, P. G.; FINN, J.; FREITAS, H.; GILLER, P. S.; GOOD, J.; HARRIS, R.; HOGBERG, P.; HUSS-DANELL, K.; JOSHI, J.; JUMPPONEN, A.; KÖRNER, C.; LEADLEY, P. W.; LOREAU, M.; MINNS, A.; MULDER, C. P. H.; O'DONOVAN, G.; OTWAY, S. J.; PEREIRA, J. S.; PRINZ, A.; READ, D. J.; SCHERER-LORENZEN, M.; SCHULZE, E. D.; SIAMANTZIOURAS, A. S. D.; SPEHN, E. M.; TERRY, A. C.; TROUMBIS, A. Y.; WOODWARD, F. I.; YACHI, S.; LAWTON, J. H. (1999). «Plant diversity and productivity experiments in European grasslands». *Science*, 286, p. 1123-1127.
- FARNSWORTH, K. D.; ANDERSON, A. R. A. (2001). «How simple grazing rules can lead to persistent boundaries in vegetation communities». *Oikos*, 95, p. 15-24.
- LEPŠ, J.; BROWN, V. K.; DIAZ LEN, T. A.; GORMSEN, D.; HEDLUND, K.; KAILOVÁ, J.; KORTHALS, G. W.; MORTIMER, S. R.; RODRIGUEZ-BARRUECO, C.; ROY, J.; SANTA REGINA, I.; VAN DIJK,

- C.; VAN DER PUTTEN, W. (2001). «Separating the chance effect from the other diversity effects in the functioning of plant communities». *Oikos*, 92, p. 123-134.
- MORERA, Q.; BAIGES, M. T.; SEBASTIÀ, M. T. (1999). «La ramaderia extensiva al Solsonès: diagnòstic i possibilitats d'incorporació al Pla de Prevenció d'Incendis Forestals». *Actes de les IV Jornades Internacionals de Desenvolupament Rural*, p. 281-292.
- NAEEM, S.; CHAPIN III, F. S.; COSTANZA, R.; EHRLICH, P. R.; GOLLEY, F. B.; HOOPER, D. U.; LAWTON, J. H.; O'NEILL, R. V.; MOONEY, H. A.; SALA, O. E.; SYMSTAD, A. J.; TILMAN, D. (1999). «Biodiversity and ecosystem functioning: maintaining natural life support processes». *Issues in Ecology* [Washington: ESA], 4.
- SÁEZ, L.; DEVIS, J.; SORIANO, I. (2004). «Flora vascular de la vall d'Alinyà». In: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 14), p. 237-300.
- SEBASTIÀ, M. T.; CANALS, R. M.; GAMARRA, J. G. P. (1998). «After sigmatism: what we learned about spatiotemporal changes in grassland communities after 10 years». *Acta Bot. Barcinon.*, 45, p. 587-602.
- SEBASTIÀ, M. T.; DE BELLO, F.; TAÜLL, M. «Legume responses to grazing along climatic gradients in North-Eastern Spain». *Proceedings of the 1st COST 852 meeting*. [En premsa]
- SORIANO, I.; DEVIS, J. (2004). «Mapa de vegetació de la vall d'Alinyà. Memòria explicativa». In: GERMAIN, J. [ed.]. *Els sistemes naturals de la vall d'Alinyà*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 14), p. 301-341.
- WAIDE, R. B.; WILLIG, M. R.; STEINER, C. F.; MITTELBACH, G.; GOUGH, L.; DODSON, S. I.; JUDAY, G. P.; PARMENTER, R. (1999). «The relationship between productivity and species richness». *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 30, p. 257-300.

