

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

ARXIU DE LES SECCIONS DE CIÈNCIES, CXXXIX
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES



M. CARME CASAS I ARCARONS

**ESTUDI TIPOLÒGIC,
ECOLÒGIC I FUNCIONAL DE LES
PASTURES DE LA PLANA DE VIC**

**Estudi tipològic, ecològic i funcional
de les pastures de la plana de Vic**

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS
ARXIU DE LES SECCIONS DE CIÈNCIES, CXXXIX
SECCIÓ DE CIÈNCIES BIOLÒGIQUES

M. CARME CASAS I ARCARONS

Estudi tipològic, ecològic i funcional de les pastures de la plana de Vic

BARCELONA
2008

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP

Casas i Arcarons, M. Carme (Maria Carme)

Estudi tipològic, ecològic i funcional de les pastures de la plana de Vic. —

(Arxius de les seccions de ciències / Institut d'Estudis Catalans, Secció de Ciències Biològiques ; 139)

Bibliografia

ISBN 9788492583157

I. Vigo, Josep, ed. II. Institut d'Estudis Catalans. Secció de Ciències Biològiques III. Títol

IV. Col·lecció: Arxius de les seccions de ciències ; 139

1. Pastures — Vic, Plana de 2. Ecologia de les pastures — Vic, Plana de

633.2(467.1 Os)

L'edició d'aquesta obra
ha estat a cura de Josep Vigo i Bonada,
membre de l'Institut d'Estudis Catalans

Disseny gràfic de la sobrecoberta: Maria Casassas

© M. Carme Casas i Arcarons

© 2008, Institut d'Estudis Catalans, per a aquesta edició

Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: desembre de 2008

Tiratge: 450 exemplars

Text revisat lingüísticament per la Unitat de Correcció del Servei Editorial de l'IEC

Compost per fotocomposició gama, s. l.

Carrer d'Aristides Maillol, 9-11. 08028 Barcelona

Imprès a Limpergraf, SL

Polígon industrial Can Salvatella. Carrer de Mogoda, 29-31. 08210 Barberà del Vallès

ISBN: 978-84-92583-15-7

Dipòsit Legal: B. 52644-2008

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del copyright, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

Taula

PRÒLEG	7
REGRACIAMENTS	9
PREÀMBUL	13
ABREVIACIONS	17
1. El medi físic	19
1.1. Situació geogràfica i límits de la plana de Vic	19
1.2. Substrat i relleu	19
1.3. Clima	23
1.4. Vegetació	28
PART I: TIPIFICACIÓ DE LES PASTURES	
2. Tipus de prats i pastures	33
2.1. Introducció	33
2.2. Metodologia	34
2.3. Descripció de les comunitats	35
2.4. Síntesi	49
PART II: ELS FACTORS AMBIENTALS I LES PASTURES	
3. Factors climàtics: temperatures	63
3.1. Introducció	63
3.2. Metodologia	64
3.3. Dades climàtiques del període d'estudi	66
3.4. Resultats	68
3.5. Discussió	75
4. Factors edàfics	81
4.1. Introducció	81
4.2. Metodologia	82

4.3.	Resultats	87
4.4.	Discussió	110
5.	Els factors ambientals i la distribució de les pastures	117
5.1.	Introducció	117
5.2.	Metodologia	119
5.3.	Resultats	120
5.4.	Discussió	130
PART III: RÈGIM HÍDRIC DELS SÒLS, BIOMASSA I PRODUCCIÓ DE LES JONCEDES MESÒFILES I DELS LLISTONARS		
6.	Característiques de les parcel·les	139
6.1.	Introducció	139
6.2.	Situació de les parcel·les	139
6.3.	Composició florística	140
6.4.	Els sòls de les parcel·les	146
6.5.	Dades climàtiques del període d'estudi	155
7.	Règim hídric dels sòls de les joncedes mesòfiles i dels llistonars	161
7.1.	Introducció	161
7.2.	Metodologia	162
7.3.	Resultats	165
7.4.	Discussió	184
8.	Biomassa i producció primària aèria de les joncedes mesòfiles i dels llistonars	195
8.1.	Introducció	195
8.2.	Metodologia	197
8.3.	Resultats	202
8.4.	Resum i discussió	229
9.	Conclusions generals	239
ANNEXOS		
Annex 1.	Registres de temperatures	245
Annex 2.	Resultats de les anàlisis físicoquímiques dels sòls	253
Annex 3.	Descripció i classificació dels perfils edàfics corresponents a les joncedes mesòfiles i als llistonars	257
Annex 4.	Característiques de les mostres de sòls utilitzades per a l'estudi del règim hídric del sòl de les joncedes i dels llistonars	271
BIBLIOGRAFIA		277
ÍNDEX GENERAL		293

Pròleg

Fidel a la seva voluntat de posar a disposició de tothom la ciència feta a casa nostra, l'Institut d'Estudis Catalans ha anat publicant regularment els estudis científics elaborats a través dels seus projectes de recerca o presentats a les convocatòries dels diferents premis. Dintre de les publicacions de l'Institut, n'hi ha moltes que pertanyen al cercle de la catalanística, és a dir, que fan referència a temes específicament catalans, com són ara els lingüístics, els culturals o els territorials. Val a dir que, entre aquests darrers, hi tenen un pes ben notable els relatius al component biològic del medi natural de les terres catalanes. Fent un repàs dels títols apareguts de l'any 1948 ençà, n'hi compto uns trenta-tres d'aquesta mena, referents a la fauna, la flora, la vegetació, l'ecologia, la taxonomia..., ço que es tradueix, del 1980 fins ara, en un títol cada any. D'altra banda, constato que, d'aquestes publicacions naturalístiques, gairebé la meitat fan referència al món vegetal, cosa que d'antuvi pot semblar sorprenent i que només deu ser explicable, suposo, per l'habitud, mai no abandonada a casa nostra, de fer botànica en català.

L'obra sobre les pastures de la plana de Vic que teniu a les mans s'inscriu, doncs, en la tradició botànica catalana, a la qual tant ha col·laborat l'Institut editant monografies, recopilacions, revisions i altres treballs extensos, difícils d'enquibir, sense fragmentar-los, en revistes especialitzades i, ensems, molt interessants de poder ser consultats en forma de volums unitaris. Aquesta obra, que constituï la tesi doctoral de l'autora, pren com a base d'observació uns quantos dels tossals que s'eleva sobre aquella planura i que conserven encara una bona representació de les comunitats vegetals originàries. Les pastures, tot i fer-hi clapes poc extenses, hi mostren una diversitat notable, d'acord amb les condicions ambientals concretes de cada indret i de cada situació, cosa que facilita de poder-les relacionar amb factors ecològics diversos, com ara la inclinació del terreny, l'orientació del vessant o el desenvolupament del sòl. Aquest treball aporta, evi-

dentment, dades topoclimàtiques i pedològiques concretes; i hi afegeix encara l'avaluació i el seguiment de la productivitat de cada mena de pastura. L'obra inclou, ben lògicament, una anàlisi de la composició i l'estructura de les diferents comunitats vegetals reconegudes, que inicialment serveix com a base de partida i que, en darrer terme, integra els resultats de les dades ambientals. Tal com fan altres treballs geobotànics semblants elaborats els darrers anys, aquest va força més enllà de les observacions i les descripcions botàniques prèvies, assajant una anàlisi causal i funcional que les complementa i que ajuda a una comprensió més global del paisatge i dels sistemes naturals.

No és pas la primera vegada que se m'ha encomanat d'escriure un pròleg per a obres d'aquesta mena. Ho faig encara de bon grat i, ni que pugui semblar reiteratiu, torno a manifestar la meva satisfacció pel fet que l'Institut continuï estant compromès a divulgar el coneixement del medi natural del nostre país.

JOSEP VIGO
Membre de la Secció de Ciències Biològiques

Regraciaments

En les línies següents vull manifestar el meu agraïment a totes les persones que amb el seu ajut han fet possible la realització d'aquest treball, que es va iniciar com una tesi de llicenciatura i que finalment va acabar com una tesi doctoral.

A Josep M. Ninot, que ha dirigit aquest treball, per les seves orientacions i pels seus consells, pel seu ajut en el treball de camp i per la paciència i pel temps dedicat a la revisió, tant de fons com de forma, del text que ve a continuació. Els seus consells en la redacció de la memòria han ajudat a fer-la més entenedora, i la seva bona disponibilitat per resoldre qualsevol classe de problema ha estat essencial per al desenvolupament del treball que presentem en aquesta memòria.

A Josep Vigo per haver estat el mestre motivador durant els estudis d'especialitat i per l'acurada revisió lingüística que ha fet de tota la memòria.

A Ramon Vallejo, que m'ha orientat i aconsellat en els aspectes edàfics de què s'hi tracta, i que ha revisat també alguns capítols d'aquesta memòria. Els seus suggeriments han estat sempre interessants i enriquidors.

A M. Teresa Sebastià pels seus valuosos suggeriments en alguns aspectes metodològics de l'estudi de la biomassa aèria, i pels seus consells i les seves orientacions en el tractament de les dades. Li agraeixo també el temps dedicat a la revisió d'una part del treball.

A Ramon Josa, de l'Escola d'Agricultura de Barcelona, per la seva col·laboració en algunes anàlisis dels sòls de la primera fase de l'estudi.

Al senyor Manel Pérez, cap de la Unitat de Sòls del Servei del Laboratori Agroalimentari de Cabrils, que em va facilitar les determinacions en aquest centre d'alguns paràmetres edàfics de la segona fase de l'estudi.

A Malu Calle i a Vladimir Zaiats, del Departament de Física i Matemàtica Aplicada de la Universitat de Vic (UVIC), i a Conxita Arenas, del Departa-

ment de Bioestadística de la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona (UB), per haver-me resolt alguns dubtes en els tractaments de les dades i en l'aplicació de les anàlisis estadístiques.

A tots els membres de la Unitat de Botànica del Departament de Biologia Vegetal de la UB que han participat d'una manera o d'una altra en l'elaboració d'aquest treball; en particular a Xavier Font pel seu ajut i els seus consells en el tractament informàtic dels inventaris i en la realització de les anàlisis multivariants, i a Ignasi Soriano pel seu ajut en l'elaboració de les taules d'inventaris; a Xavier Sans, amb qui he discutit alguns aspectes del treball; a Daniel Ruiz per l'elaboració del mapa topogràfic de la plana de Vic, i a tots els altres companys que m'han donat suport (Ramon M. Masalles, Empar Carrillo, Jordi Carre-ras...). A Roser Guàrdia, per les múltiples discussions enriquidores i per l'encoratjament constant que m'ha donat per continuar la realització del treball, i també per haver tingut la paciència de revisar algun dels capítols.

A Isabel Serrassolses i a Joan Romanyà, que em varen acompanyar al camp en la descripció d'alguns perfils dels sòls; i tant a ells com als seus companys d'equip (Pere Rovira, Pere Casals, Jaume Fons, Teresa Sauras...) per haver-me resolt diversos aspectes edafològics i per haver-me facilitat informació sobre sòls. A Pere Rovira, a qui agraeixo, a més, el dibuix que em va fer del transecte del turó. A Agnès Hereter, que em va ajudar en algunes analítiques de sòls de la primera fase del treball.

A Víctor Canalís, que ha revisat i ha determinat bona part dels briòfits que apareixen en els inventaris.

A Jaume Boixadera, del Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl de la Universitat de Lleida (UdL), per la revisió de la descripció i la classificació dels perfils edàfics.

A tots els amics i companys de la UVIC amb qui he compartit la realització de la segona fase de la tesi i la redacció d'aquesta memòria. En especial a Ester Vinyeta, que em va acompanyar al camp en més d'una ocasió i amb qui he discutit alguns aspectes de la tesi i he compartit també alguns moments difícils; a Anna Dalmau, que ha estat una constant animadora, i a tots els altres professors del Departament de Química i Biologia (Consol Blanch, Joaquim Espona, Àngels Galán, J. M. Serrat, Xavier Serra, Josep Turet, Jordi Viver...); a Josep Illa i a Emili López per la seva comprensió i pel suport que m'han donat. Vull també esmentar Albert Baucells i els companys del Servei d'Informàtica (Xavier Molas, Jordi Tuneu, Núria Vila, Josep Font i Josep Bisquert), que m'han ajudat a resoldre alguns misteris dels ordinadors i dels programes informàtics.

A tots els alumnes d'Enginyeria Tècnica Agrícola de la UVIC (Núria Alonso, Anna Salvans, Carme Míguez, Sonia Méndez...), que han col·laborat

en el processament de les mostres vegetals al laboratori i als alumnes becaris i col·laboradors del Servei d'Assaig i Recerca Tecnològica de la UVIC, que en algun moment o un altre m'han donat un cop de mà en algunes analítiques.

A totes aquelles persones que m'han proporcionat informació sobre diferents aspectes estudiats en aquesta memòria, en especial a Frederic Fillat i a Cristina Chocarro per la informació sobre la producció de pastures, i a Josep Peñuelas i a Robert Savé per la discussió fructífera sobre els aspectes referits a l'estrès hídric de les plantes.

A Manel Dot, de l'Agrupació Astronòmica d'Osona, per la seva amabilitat a facilitar-me bona part de les dades climàtiques que apareixen en aquest treball.

A Lluís Matavaques, naturalista amateur i gran coneixedor de la zona estudiada, per les discussions fructíferes mantingudes, sobretot en la primera fase del treball.

A la meva família pel suport que m'ha donat, i en especial al meu pare, amb qui m'hauria agradat compartir aquest moment final, i a la meva mare per la seva comprensió per no haver-li dedicat, durant la realització d'aquesta tesi, les atencions i el temps que es mereix; a la Maira per haver donat un cop de mà en el processament de mostres, i a en Marc i en Jordi per haver-me ajudat a instal·lar les parcel·les experimentals.

I a tots els altres amics que m'han donat suport durant tot aquest temps i m'han animat a continuar, molt especialment a Miquel Saborit, que m'ha fet costat i m'ha encoratjat constantment, malgrat haver patit les meves absències per la dedicació del temps lliure a la realització d'aquesta tesi, sobretot durant la fase de redacció de la memòria final.

Al Patronat d'Estudis Osonencs per la concessió del Premi Plana de Vic pel treball corresponent a la versió inicial dels primers capítols d'aquesta memòria, el qual va ser, a més d'un ajut econòmic, un estímul per continuar treballant.

Finalment vull agrair a la Secció de Ciències Biològiques de l'Institut d'Estudis Catalans la publicació d'aquesta obra.

Preàmbul

PLANTEJAMENT I OBJECTIUS GENERALS

La vegetació de la plana de Vic fou descrita fa ja alguns anys per Bolòs (1959) en una obra sintètica que inclou alguns inventaris de les principals associacions vegetals. També Lapraz (1962-1976) publicà inventaris d'algunes comunitats, dintre d'obres d'abast geogràfic més general. Passats ja força anys d'aquests treballs, semblava interessant d'iniciar estudis més aprofundits sobre la vegetació de la Plana abordant-hi els aspectes ecològics i funcionals de les comunitats vegetals.

En el paisatge actual de la plana de Vic destaquen com a indrets especialment interessants per a l'estudi de la vegetació els turons margosos que s'aixequen ací i allà envoltats de conreus. La diversitat de relleus que presenten fa que s'hi trobi una variada gamma de comunitats vegetals, majoritàriament pradenques, corresponents a la sèrie de degradació de les rouredes de roure martinenc (*Buxo-Quercetum pubescentis*). Aquestes comunitats reflecteixen la diversitat d'unitats fitogeogràfiques de la Plana, que van des de la vegetació mediterrània típica fins a la de tendència eurosiberiana, passant per les unitats de transició corresponents.

L'objecte d'estudi d'aquesta tesi és el conjunt de pastures naturals i seminaturals que conformen el mosaic de vegetació dels turons i dels relleus marginals de la Plana.

L'estudi que presentem en aquesta memòria s'ha realitzat en dues fases diferents. En la primera, que correspon a la primera i la segona parts del llibre, es va abordar l'estudi fitocenològic del conjunt de pastures que hi ha en els turons de la Plana i d'alguns dels factors ecològics, climàtics i edàfics que incideixen en la distribució espacial de les comunitats vegetals. L'objectiu general d'aquesta

primera fase fou el coneixement detallat de totes les pastures de la plana de Vic en els aspectes fitosociològic i ecològic. A més, ens interessava esbrinar també quins són i com actuen els principals factors abiòtics que en determinen la composició i la distribució. Les dades corresponents a aquesta primera fase de l'estudi varen ser preses durant els anys 1985 i 1986, i bona part dels resultats corresponents que s'exposen en aquesta memòria han estat ja publicats (Casas i Ninot, 1995, 1996 i 1999).

Posteriorment, en una segona fase, corresponent a la tercera part de la memòria, ens va semblar interessant aprofundir en alguns aspectes funcionals de les dues comunitats més esteses actualment en els turons: les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*), força afins a les comunitats centreeuropees, i els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum* subass. *brachypodietosum retusi*), típica-ment mediterranis. En aquestes comunitats són dominants *Brachypodium phoenicoides* i *B. retusum* respectivament. L'objectiu fou conèixer la influència del règim hídric del sòl en la dinàmica estacional de la biomassa aèria en unes comunitats situades en posicions topogràfiques contrastades. Ens va semblar interessant centrar-nos en aquestes pastures i avaluar amb detall els efectes que tenen els factors ambientals limitants en el seu funcionament. En aquesta segona fase es van realitzar, per una banda, l'estudi detallat del règim hídric del sòl al llarg de l'any i a diferents profunditats, i, per l'altra, la dinàmica estacional de la biomassa aèria i la producció primària neta de les comunitats esmentades.

Estructura de la memòria

Després del capítol introductori (capítol 1), en què es descriuen les característiques generals del medi físic de la plana de Vic (geologia, clima i vegetació general), la resta del treball està estructurat en tres parts, d'acord amb els objectius generals plantejats.

A la primera part es fan la descripció i la tipificació del conjunt de prats i pastures naturals i seminaturals que hi ha en els turons de la Plana (capítol 2).

La segona part se centra en l'estudi dels factors ecològics que incideixen en la composició i la distribució dels diferents tipus de pastures. Pel que fa als factors climàtics, ens hem centrat en l'estudi de les temperatures ambientals que s'enregistren en posicions topogràfiques contrastades (capítol 3), les quals han permès avaluar les diferències microclimàtiques que hi ha en els diferents vessants dels turons. Quant als factors edàfics, s'hi estudien les característiques fisicoquímiques i l'evolució del contingut i del potencial hídric dels sòls a la zona de màxim arrelament en les comunitats descrites (capítol 4). En el capítol 5 s'estableixen les relacions causals entre els factors ecològics considerats i la distribució de les pastures.

En la tercera part del treball es presenta l'estudi detallat de les joncedes mesòfiles i dels llistonars. En el capítol 6 es descriuen les característiques florístiques i edàfiques de les parcel·les on s'ha fet l'estudi d'aquestes comunitats, i s'hi recullen també les dades climàtiques del període d'estudi. Al capítol 7 exposem l'evolució del règim hídric del sòl a diferents nivells i al llarg de l'any; i al capítol 8, la dinàmica estacional de la biomassa aèria, tant a escala de la comunitat com en la dels grups funcionals d'espècies que les formen, considerant en cada cas la biomassa de l'espècie de *Brachypodium* corresponent.

A cada capítol hi ha una introducció que centra el tema del qual s'hi tracta i un apartat on es descriu la metodologia que s'hi ha aplicat. Els resultats es discuteixen a cadascun dels apartats i a l'últim capítol (capítol 9) sintetitzem les conclusions generals.

Abreviacions

%	percentatge	C	carboni
<	inferior a	C	estació de la carena
>	superior a	CE	conductivitat elèctrica
°C	graus centígrads	Centreeur.	centreeuropeu
°	graus	cgr	correcció segons el contingut de graves
Ø	diàmetre	Ch	camèfits
α	nivell de significació estadística	CIC	capacitat d'intercanvi catiònic
θ	contingut volumètric d'aigua	cm	centímetre
Ψ	potencial hídric	C/N	relació carboni/nitrogen
a. t.	amplitud tèrmica	Corg	carboni orgànic
ab.	abril	CRAD	capacitat de retenció d'aigua disponible
ag.	agost	DA	densitat aparent
AC	anàlisi de correspondències	DR	densitat real
ACP	anàlisi de components principals	des.	desembre
AD	aigua disponible	dS	decisiemens
AFC	anàlisi factorial de correspondències	E	est
al.	altres	etc.	etcètera
ANOVA	anàlisi de la variància	ETP	evapotranspiració potencial
ANPP	producció primària aèria neta (<i>annual net primary production</i>)	F	valor de la prova estadística F de Snedecor
AU	aigua útil	FAO	Organització per a l'Alimentació i l'Agricultura (<i>Food and Agricultural Organization</i>)
B.	<i>Brachypodium</i>	feb.	febrer
Br-Aphy	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>		

FSI	fracció seca indiferenciada	PA	Palau
G	geòfits	pH	acidesa-basicitat del sòl
g	gram	pl.	plàntula
g. ll.	graus de llibertat	Pl-Aphy	<i>Plantagini-Aphyllanthesum</i>
gen.	gener	Plurireg.	pluriregional
gr.	grup	<i>r</i>	coeficient de correlació
h	hora	S	estació del sollell
H	hemicriptòfits	S	sud
jul.	juliol	<i>s. l.</i>	<i>sensu lato</i>
K	potassi	SE	sud-est
kg	quilogram	set.	setembre
km	quilòmetre	sign.	nivell de significació estadística (o significació)
kPa	quilopascals	sp.	espècie
log	logaritme	SPSS	programa estadístic d'anàlisi i gestió de dades (<i>Statistical Product and Service Solutions</i>)
m	metre	subass.	subassociació
m. o.	matèria orgànica	Submedit.	submediterrani
MA	Malla	subsp.	subespècie
màx.	màxim	SW	sud-oest
Medit.	Mediterrani	T	temperatura
meq	mil·liequivalents	Th	teròfits
mg	mil·ligram	Tm	temperatura mitjana
Mg	magnesi	T màx.	temperatura màxima
mín.	mínim	T mín.	temperatura mínima
mm	mil·límetre	T mitj.	temperatura mitjana
MO	Mont-rodon	UB	Universitat de Barcelona
<i>n</i>	nombre de casos (o de mostres)	UdL	Universitat de Lleida
N	estació de l'obaga	USDA	Departament d'Agricultura dels Estats Units (<i>United States Department of Agriculture</i>)
N	nitrogen	UTM	Universal Transverse Mercator
N	nord	UVIC	Universitat de Vic
N	normal (normalitat)	v.	versió
n. s.	no significatiu	var.	varietat
NE	nord-est	<i>vs.</i>	<i>versus</i>
N-Kj	nitrogen Kjeldhal	W	oest
nov.	novembre		
NW	nord-oest		
oct.	octubre		
<i>p</i>	probabilitat		
P	fòsfor		
P	precipitació		

1. El medi físic

1.1. SITUACIÓ GEOGRÀFICA I LÍMITS DE LA PLANA DE VIC

La plana de Vic correspon a l'àrea que forma el nucli central de la comarca d'Osona, situada a l'extrem nord-oriental de la Depressió Central Catalana, entre el Prepirineu i la Serralada Prelitoral. Correspon a una conca d'erosió, d'uns 30 km de llargada per 10 km d'amplada en sentit nord-sud, excavada en els materials tous de l'Eocè pels rius Ter i els seus afluents, a la part nord, i pel Congost, a la part sud. S'estén entre els 400 m i els 600 m d'altitud (figura 1). Fisiogràficament constitueix l'extrem nord-oriental del territori ausossegàrric, el qual comprèn els altiplans i les conques centrals de la Depressió Central Catalana.

Els límits de la plana de Vic es poden situar en el conjunt de serralades que l'envolten, amb altituds superiors a 700 m, corresponents a les altres unitats perifèriques de la comarca. La limiten les serres de Bellmunt i Puigsacalm pel nord, els altiplans del Collsacabra pel nord-est i l'est, les Guillerries i el Montseny per la banda sud-oriental, els relleus de la capçalera del riu Congost i els cingles de Bertí pel sud, i els altiplans del Moianès i del Lluçanès per ponent.

1.2. SUBSTRAT I RELLEU

1.2.1. *Materials geològics*

La plana de Vic i les serralades que l'envolten són constituïdes essencialment per roques sedimentàries carbonàtiques d'origen terciari: lutites, gresos, conglomerats i calcàries, dipositades damunt d'un sòcol paleozoic i mesozoic (Busquets *et al.*, 1979)(figura 2).



FIGURA 1. Mapa topogràfic de la plana de Vic.

La majoria de roques de la part central de la Plana són lutites calcàries. Corresponen a les margues gris-blaves de la formació *margues de Vic* (FMV), que afloren formant els turons testimoni característics del paisatge.

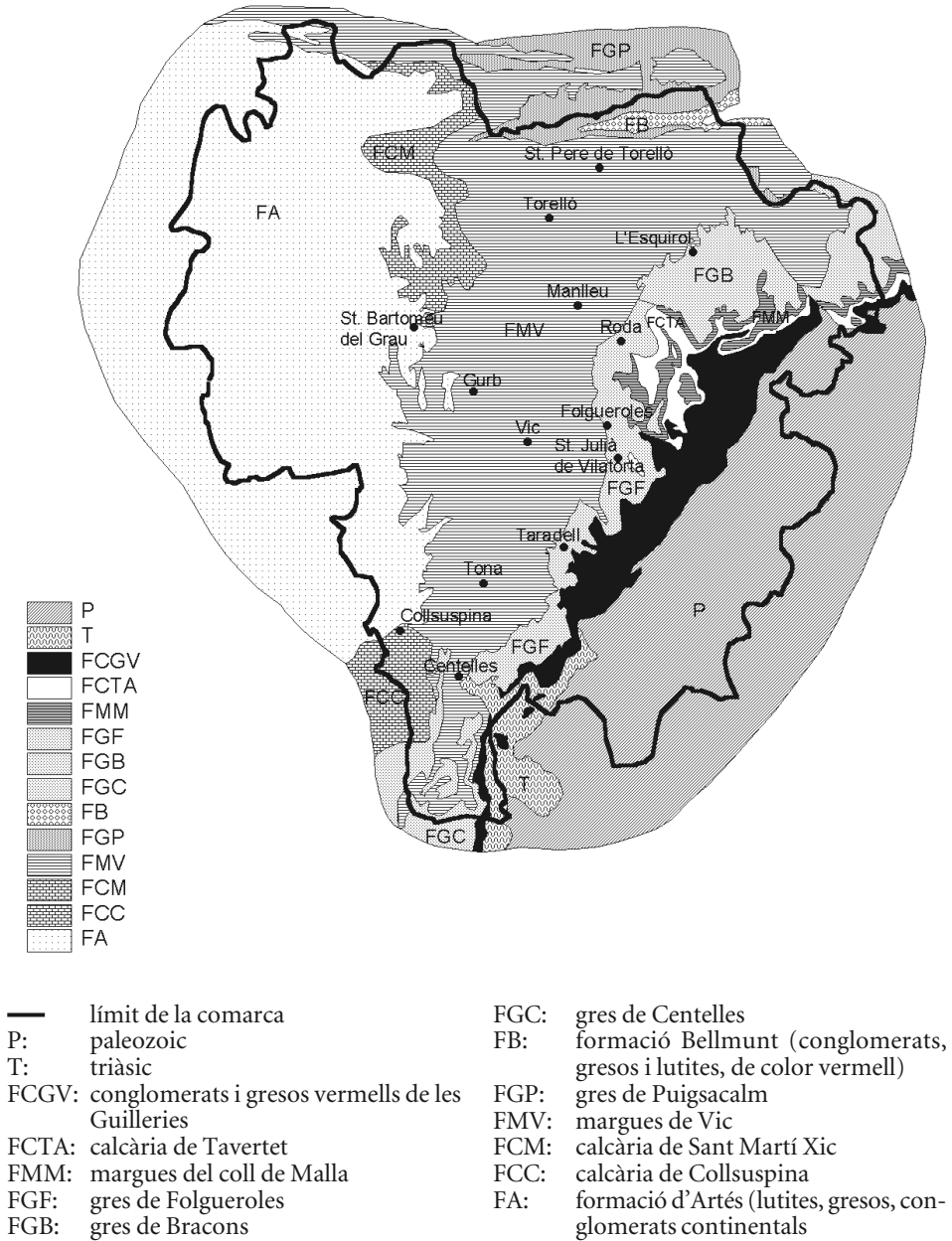


FIGURA 2. Mapa geològic d'Osona, redibuixat a partir de Reguant *et al.* (1986).

Els gresos calcaris són força abundants a tota l'àrea de llevant que envolta la Plana. Constitueixen els replans suaus del Collsacabra, les roques que hi ha sobre les carenes de Tavèrnoles, Savassona i Sant Pere de Casserres, i també les que hi ha damunt les serres de ponent, la Creu de Gurb, Sant Julià Sassorba, Sant Sebastià, etc. Corresponen majoritàriament a la formació *gres de Folgue-roles* (FGF), que cap al nord passa al *gres de Bracons* (FGB), i cap al sud, al *gres de Centelles* (FGC).

Els conglomerats d'origen terciari, de la formació *conglomerats i gresos vermells de les Guillerries* (FCG), afloren a la part de llevant, fora de l'àrea que correspon estrictament a la Plana, formant les cingleres que van des de Tardell cap a Sau i arriben fins a les de Tavertet i el Far. Hi ha també conglomerats d'origen quaternari formant part de les terrasses fluvials del Ter.

Trobem roques calcàries, de la formació *calcària de Tavertet* (FCTA) a les parts superiors d'algunes de les serralades que envolten la Plana, com ara els cingles del Far, de Sant Joan de Fàbregues, de Tavertet, i les cingleres d'Aiguafreda i de Sant Miquel del Fai. Apareixen també algunes capes primes de calcàries argiloses, de les formacions *calcària de Collsuspina* (FCC) i *calcària de Sant Martí Xic* (FCM), intercalades entremig de les margues, a la banda de ponent de la Plana, en els vessants meridionals de la Creu de Gurb, de Sant Bartomeu, de Sant Sebastià, etc. (figura 2).

En els relleus del sector de ponent, des de Sant Bartomeu del Grau fins a Collsuspina i en alguns indrets de la part central de la Plana, per sobre de les margues es troben capes de roques evaporítiques (guixos i anhidrites) de la formació *guixos de Collsuspina*.

Per sobre de totes aquestes unitats es disposen els sediments quaternaris, materials més moderns que recobreixen discontinuament tota la zona. Segons Reguant *et al.* (1986) n'hi ha de tres tipus diferents:

- materials al·luvials: corresponen a les terrasses fluvials dels rius que travessen la Plana: Ter, Congost, Gurri, Meder, etc.;
- materials col·luvials que recobreixen parcialment els turons;
- materials col·luvials que s'acumulen a les àrees deprimides; són aprofitats com a terres de conreu al fons de la Plana.

Per l'extrem sud i sud-est de la Plana tot aquest conjunt de roques es posa en contacte amb les roques del Paleozoic (granits, granodiorites, pissarres i esquists) que formen el massís del Montseny, i amb les del Triàsic que afloren a la vall del Congost, en el límit d'Osona amb el Vallès.

1.2.2. *Relleu*

El relleu actual de la plana de Vic és el resultat de l'acció erosiva de di-

ferents factors externs sobre el conjunt de materials que la formen (Calvet *et al.*, 1980).

La xarxa fluvial que la travessa ha anat buidant el paquet important de materials tous que ocupaven la part central, corresponents a la formació *margues de Vic*. Com a resultat d'aquesta erosió s'ha format una depressió central més o menys plana on sobresurten una sèrie de turons testimoni, localment anomenats *serrats*. Aquests turons corresponen a les àrees que han quedat protegides de l'acció erosiva per la presència de materials més durs a la part superior: materials col·luvials provinents de l'erosió de roques més dures dels voltants, sediments al·luvials corresponents a les terrasses fluvials del Ter, capes de roques més dures, gresos o calcàries margoses, que se sobreposen damunt de les margues.

Per efectes de la mateixa erosió s'hi han originat materials més fins, llims i argiles, que s'han anat dipositant a les àrees més deprimides. Aquestes àrees s'han utilitzat des de temps antic per a conreus i són les que ocupen majoritàriament la part central de la Plana.

1.3. CLIMA

El clima general de la plana de Vic és submediterrani, de muntanya mitjana amb tendència continental (figura 3). Es caracteritza per un hivern fred i llarg, amb un període hivernal ($T_m < 10^\circ\text{C}$; T_m : temperatura mitjana mensual) de cinc a sis mesos (de novembre a març) i un estiu curt i calent, amb dos mesos estivals ($T_m > 20^\circ\text{C}$, juliol i agost). Segons les condicions d'humitat, només hi ha un mes subàrid (juliol, quan es compleix $2 T_m < P < 3 T_m$; P : precipitació), un mes subhumit (juny, quan $3 T_m < P < 4 T_m$) i un mes perhumit (desembre, quan $P < 10 T_m$); la resta de mesos són humits ($4 T_m < P < 10 T_m$) (Bolòs i Vigo, 1984).

A causa de la seva situació geogràfica, entre la regió mediterrània i la província submediterrània, i entre la muntanya mitjana i la terra baixa, rep influències del clima de cada una d'aquestes zones. En funció de la topografia s'originen diversos climes locals; els de les obagues tendeixen als climes humits i frescos de la muntanya mitjana, mentre que els dels solells més arrecerats corresponen als climes mediterranis continentals extrems.

1.3.1. *Temperatures*

La temperatura mitjana anual de Vic és de $12,7^\circ\text{C}$ (període 1951-1990; taula 1); oscil·la entre valors per sota dels 12°C els anys més freds (valor mínim d' $11,6^\circ\text{C}$, l'any 1956) i $13-14^\circ\text{C}$ els més càlids (valor màxim de $14,3^\circ\text{C}$, l'any 1989).

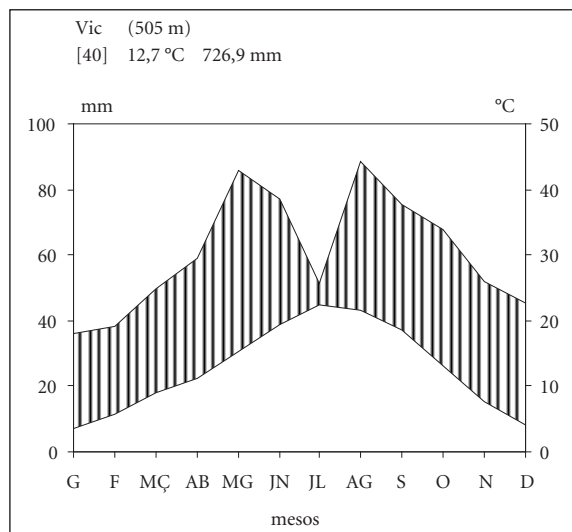


FIGURA 3. Diagrama ombrotèrmic de l'observatori de Vic, segons dades de la taula 1.

Els mesos més calents són juliol i agost, amb una temperatura mitjana de 21-22 °C i amb màximes absolutes de 32 a 38 °C (taula 1), i fins i tot de 39-40 °C els anys més càlids. Les màximes absolutes més altes enregistrades durant el període 1951-1990 són 41 °C el juliol de 1983 i 40,5 °C l'agost de 1987. Els anys amb estius menys calents, les màximes absolutes no han sobrepassat els 30 °C (juliol de 1960).

Els mesos més freds són desembre, gener i febrer, amb unes temperatures mitjanes de 3 a 6 °C. Les temperatures mínimes absolutes, però, solen donar-s'hi generalment durant el gener i el febrer, amb valors habituals entre -5 i -10 °C (taula 1). En alguns anys excepcionals s'han assolit mínimes absolutes per sota dels -10 °C; hi destaquen com a valors més baixos enregistrats els -18 °C del gener de 1971 i del gener de 1985.

Hi destaca l'amplitud tèrmica anual relativament alta (18,9 °C) a causa de les baixes temperatures enregistrades a l'hivern i les temperatures notablement altes de l'estiu.

En general, les glaçades hi són freqüents a l'hivern, sobretot els mesos de desembre, gener i febrer; les primeres hi apareixen ja el mes de novembre, i les últimes s'hi esdevenen fins ben entrada la primavera, pel març i fins i tot algunes vegades per l'abril. Com a terme mitjà, el nombre de dies de glaçada és d'uns 50-70 dies l'any.

Un dels trets més remarcables del clima de la plana de Vic és el fenomen de la inversió tèrmica, amb temperatures en general més baixes al fons de la

TAULA 1
Resum dels valors climatològics de l'estació de Vic corresponents al període 1951-1990

Estació: Vic, Sant Cristòfol			Altitud: 505 m			Latitud (N): 41° 55' 55''			Longitud 2° 15' 23''		
	T _m (1)	M _a (1)	M (2)	m _a (1)	m (2)	P (1)	ETP (2)	DP (3)	DB (4)	DN (3)	DC (3)
G	3,6	14,1	8	-7,4	-1,3	35	7,2	4	9	1	—
F	5,7	17,4	11,2	-5,8	0,1	38,1	14,5	4	7	1,2	—
MÇ	9,1	21,5	15	-3,4	2,3	49,8	31,7	8	4	0,7	—
AB	11,3	24	17,5	-0,9	4,3	59,1	46,3	9	3	0,3	0,3
MG	15,4	28,2	22,1	3,1	8,2	86	81,3	10	3	—	0,3
JN	19,3	32,6	26	7,4	11,8	77,3	109,8	9	2	—	0,5
JL	22,5	35,1	29,8	10,8	14,7	51,5	137,4	6	2	—	0,2
AG	21,6	34,1	28,3	10,4	14,6	88,3	121,7	8	4	—	0,2
S	18,6	29,8	24,2	7,5	12,5	75,5	86,5	8	5	—	0,1
O	13,2	24	18,5	0,9	7,8	68	50,9	7	9	—	—
N	7,8	18,6	12,4	-4,0	2,5	52,1	20,7	6	8	—	—
D	4,0	13,5	7,8	-6,6	-0,2	45,5	8,2	5	10	0,8	—
Any	12,7	35,7	18,4	-9,2	6,4	726,9	716,2	84	65	4	1,6

FONT: Elaboració pròpia a partir de les dades facilitades per Manuel Dot, de l'Agrupació Astronòmica d'Osona, i per l'Institut Nacional de Meteorologia de Catalunya.

Llegenda:

T_m: temperatura mitjana mensual/anyal (°C)

M_a: mitjana mensual/anyal de la temperatura màxima absoluta (°C) (l'anyal correspon a la mitjana de les màximes absolutes anuals)

M: mitjana mensual/anyal de les temperatures màximes (°C)

m_a: mitjana mensual/anyal de la temperatura mínima absoluta (°C) (l'anyal correspon a la mitjana de les mínimes absolutes anuals)

m: mitjana mensual/anyal de les temperatures mínimes (°C)

P: precipitació mensual/anyal (mm)

ETP: evapotranspiració potencial (mm)

DP: mitjana mensual/anyal de dies de precipitació

DB: mitjana mensual/anyal de dies de boira

DN: mitjana mensual/anyal de dies de neu

DC: mitjana mensual/anyal de dies de calamarsa

Períodes: (1), 1951-1990; (2), 1951-1980; (3), 1951-1969; (4), 1979-1990.

Plana que no pas a les muntanyes del voltant; és una inversió especialment important durant els mesos d'hivern, en què s'hi arriba a temperatures extremament baixes. Hi són ben freqüents inversions tèrmiques de més de 10 °C. La causa d'aquesta inversió és l'embossament d'aire fred, més dens, produït per la irradiació nocturna, a les zones baixes de la cubeta vigatana, durant les nits calmes i serenes de l'hivern (Fontserè, 1937). A l'estiu aquesta situació es tradueix en temperatures extremament altes a les parts més baixes, els dies que hi ha calma atmosfèrica, a causa de l'acumulació de l'aire calent al fons.

A la taula 2 es recullen les mitjanes anuals de les temperatures del període 1995-1999, obtingudes en diferents estacions de la Plana. Prenent com a referència l'observatori de Vic, aquests darrers anys han estat més calents que no pas les dècades anteriors, amb una temperatura mitjana superior a 13 °C, més alta que els valors mitjans. Comparant els diferents punts de la Plana, es posa de manifest que les estacions situades en els llocs més baixos, com és ara Gurb i Roda, són les que durant aquest període han enregistrat les temperatures màximes absolutes més altes (40 °C el 1996 i 39 °C el 1998, a les dues estacions), i també les temperatures mínimes absolutes més baixes (−10,5 °C el 1996 i el 1999 a Gurb), mentre que a les estacions de Taradell i Torelló, situades més amunt, les temperatures màximes absolutes han estat més baixes (no han passat de 36 °C), i les mínimes absolutes, més altes (no han baixat de −8,5 °C).

TAULA 2

Mitjana anual de les temperatures, la precipitació i els dies de boira del període 1995-1999 en diferents observatoris de la plana de Vic. Les temperatures màximes i mínimes absolutes corresponen respectivament a la mitjana de les màximes i de les mínimes absolutes anuals

Observatoris	Altitud (m)	Temperatures			Precipitació Total (mm)	Dies de boira
		Mitjana (°C)	Màxima absoluta (°C)	Mínima absoluta (°C)		
Manlleu	462	—	36,8	−7,2	687,8	112
Gurb	469	14,0	38,3	−9,4	696,7	104
Roda de Ter	480	13,9	37,5	−8,2	720,9	103
Vic	505	13,5	36,1	−7,5	709,4	66
Sant Hipòlit de Voltregà	508	13,4	36,0	−7,3	698,5	69
Centelles	510	—	—	—	740,3	32
la Guixa (Sentfores)	515	12,9	35,5	−8,4	718,9	82
Torelló	515	13,1	34,8	−6,9	662,1	61
els Hostalets de Balenyà	554	—	—	—	669,2	41
Balenyà	570	12,4	34,1	−8,8	766,9	70
Sant Vicenç de Torelló	573	—	—	—	715,2	—
Folgueroles	580	14,6	37,8	−6,7	761,7	53
Sant Julià de Vilatorrada	585	13,7	35,7	−7,6	751,1	45
Santa Eulàlia de Riuprimer	613	14,0	—	−7,1	709,8	—
Taradell	702	13,6	34,9	−6,7	763,3	66

FONT: Dades de l'Agrupació Astronòmica d'Osona, elaborades per l'autora.

1.3.2. Precipitacions

La pluviositat de la plana de Vic és moderada, amb una mitjana anual que sol oscil·lar entre 650 i 750 mm (taula 1). S'hi dona, però, una gran variabilitat interanual de les precipitacions, des d'anys amb precipitacions abundants, de 900-1.000 mm, fins a uns altres amb precipitacions escasses que no sobrepassen

sen els 500 mm. Les dades del període 1951-1990 posen de manifest aquesta variabilitat: l'any més plujós d'aquest període va ser el 1982, amb 1.039 mm, i el més sec el 1985, amb 460 mm només.

Els màxims de pluviositat es donen a la primavera (maig i juny), a l'estiu (agost) i a la tardor (setembre i octubre), amb uns 70-90 mm mensuals de mitjana (taula 1). L'estiu, malgrat caracteritzar-se per les temperatures altes, en general no arriba a correspondre a un període àrid, ja que s'hi van esdevenint pluges més o menys regulars, sobretot a la segona meitat d'agost, les quals porten a valors mitjans de precipitació en aquest mes de prop de 80-90 mm. Els mesos amb menys precipitació són el gener i el febrer, amb una mitjana de prop de 30-40 mm només. La resta de l'any s'hi acompleixen precipitacions regulars d'uns 40-60 mm cada mes. Per terme mitjà plou entre 80 i 90 dies l'any.

La forma predominant de les precipitacions és la pluja, si bé no hi són rares la neu i la calamarsa (taula 1). A la plana de Vic sol nevar cada any, i en algunes ocasions les nevades són importants, com ho varen ser, per exemple, les dels anys 1985 i 1986. La nevada del 1985 va durar a terra uns catorze dies a causa de les fortes glaçades que hi va haver; en canvi, la del 1986 fou de durada més curta però molt més intensa. En general, la neu a terra sol durar poc, entre dos i quatre dies; només en casos excepcionals s'hi manté durant períodes més llargs. Les dades de què disposem sobre el nombre de dies de neu a Vic són la mitjana mensual i l'anyal del període 1950-1969 (taula 1), i la mitjana anual del període 1976-1990. En la primera sèrie, la mitjana anual és de quatre dies de nevada l'any, mentre que en la segona és de tres dies.

Les calamarsades són poc freqüents a la Plana, amb una mitjana d'1,6 dies l'any, i s'hi esdevenen sobretot a la primavera i a l'estiu (taula 1).

1.3.3. *Boira*

Un fet molt lligat a la inversió tèrmica és la freqüència de boires estratificades durant l'hivern, boires que contribueixen a mantenir les temperatures més baixes a les parts més enclotades de la Plana.

La mitjana de dies de boira a Vic és de seixanta-cinc dies l'any. La freqüència i la durada de les boires varien, però, entre els diferents punts de la Plana; els observatoris situats a les parts més deprimides, per sota dels 500 m (Manlleu, Gurb i Roda de Ter), són els que tenen un nombre més alt de dies de boira, amb uns cent dies l'any (mitjana dels darrers cinc anys; taula 2). Aquestes estacions són les que enregistren també les temperatures mínimes més baixes a l'hivern i les temperatures màximes més altes a l'estiu. A l'altre extrem, les estacions que enregistren menys dies de boira són les que es troben situades a les àrees perifèriques de la cubeta vigatana, a l'extrem sud, més enllà de Tona (Centelles, els Hostalets

de Balenyà), amb menys de quaranta dies, o a la banda de llevant, propers als 600 m (Sant Julià de Vilatorrada i Folgueroles), amb uns cinquanta dies l'any. El límit superior de la capa de boira sol situar-se entre 600 i 650 m d'altitud.

El període de més boira va des de mitjan tardor fins a mitjan primavera; els mesos d'hivern són els més boirosos, alhora que són també els més freds i els menys ventosos. Generalment, però, la boira hi sol desaparèixer a partir de mig matí o bé, quan és més espessa, cap al migdia. Només en situació anticiclònica, de màxima calma atmosfèrica, quan les nits són més llargues (en ple hivern, el mes de desembre), la boira hi persisteix tot el dia i pot durar fins a dos o tres dies seguits. A la primavera i durant l'estiu hi sol haver alguns dies de boira, generalment poc espessa, que desapareix ràpidament. Aquestes boires són importants per a la vegetació, sobretot a l'estiu, ja que suposen una aportació addicional d'aigua i una disminució de la demanda atmosfèrica; això permet que les plantes es puguin recuperar del fort dèficit hídric que s'esdevé durant el dia, quan la radiació solar és més intensa.

1.4. VEGETACIÓ

Des del punt de vista biogeogràfic, la plana de Vic pertany a la província submediterrània, zona de transició en què conflueixen elements mediterranis i elements típicament medioeuropeus. El 80 % de la flora de la Plana la componen tàxons medioeuropeus i pluriregionals holàrtics (incloent-hi els submediterranis) i el 20 % restant correspon a tàxons mediterranis (Bolòs, 1996). Cal destacar l'existència d'un petit nombre d'espècies (*Stipa iberica*, *S. capillata*, *Astragalus austriacus*) que tenen l'òptim a les terres estèpiques continentals de l'Europa oriental. Hi predominen, doncs, plantes que toleren bé alhora l'hivern relativament fred i llarg i l'estiu sensiblement sec i calent; s'hi fan, a més, plantes típicament mediterrànies, sobretot als solells, i unes altres de pròpies de l'Europa central als obacs frescos i humits.

La vegetació potencial de la plana de Vic correspon a la roureda submediterrània de roure martinenc o *Buxo-Quercetum pubescentis* (Bolòs, 1959), la qual en condicions naturals cobriria pràcticament tota la zona. Només en els relleus més abruptes dels solells dels turons i a les carenes de les serres que l'envolten hi hauria bosquets mixtos de roure i alzina (*Quercetum ilicis viburnetosum lantanae*). Als terraprimers es fan comunitats herbàcies amb espècies mediterrànies (*Thero-Brachypodion*), i a les vores de rius i torrents, vegetació pròpia de ribera, amb vernedes (*Alno-Padion*), salzedes (*Salicion triandro-fragilis*) i comunitats higròfiles (*Molinio-Holoschoenion*), com és ara canyissars i jonqueres. Segons Gonçal de Reparaz (1928), hi ha documents que demostren que al segle XII existien rouredes importants en el fons de la depressió vigatana.

Les activitats humanes han anat transformat el territori al llarg dels segles i el paisatge vegetal actual de la Plana es presenta ben diferent. Els conreus de secà, juntament amb les àrees urbanes, que s'han estès considerablement els darrers anys, són els elements que dominen el paisatge actual. A les àrees perifèriques i al voltant dels turons testimoni que sobresurten enmig dels conreus es troben diversos tipus de comunitats vegetals pròpies de la sèrie regressiva de les rouredes.

Els conreus ocupen totes les àrees planes, tant de les parts deprimides de la Plana com de la part culminant d'alguns turons, sobretot en els de dimensions relativament grans. Hi predominen els cultius de cereals d'hivern, sobretot de blat i ordi, juntament amb els de blat de moro i de farratges (raigràs, blat de moro farratger, cereal verd, alfals). El cultiu de les patates, si bé hi era molt estès a la primera meitat del segle XX, actualment ocupa poca superfície.

Les masses forestals més importants se situen a les àrees marginals i perifèriques de la Plana, tant a llevant (carenes des de Sant Pere de Casserres, Savassona i Puig-l'agulla fins a la serra de Goitallops) com a ponent (serres limítrofes amb els altiplans del Moianès i del Lluçanès); la majoria corresponen a pinedes de pi roig, que substitueixen les rouredes. La poca explotació a què estan sotmeses actualment permet en molts indrets la formació d'un bosc mixt de roure i pi roig, amb un sotabosc dominat per espècies de roureda o bé, a les zones més frescals i humides, per bardisses (*Pruno-Rubion*). En algunes fondalades humides i a les capçaleres dels torrents de les àrees perifèriques, sobretot pel cantó de llevant (Roda de Ter, Tavèrnoles, Folgueroles, Sant Julià de Vilatorrada), s'hi fan boscos caducifolis humits, amb roures, avellaners, freixes i tillers. A les carenes de les serralades perifèriques hi ha un bosc mixt de roure i alzina, amb el sotabosc propi de les rouredes.

Hi queden també masses relativament reduïdes de rouredes, algunes de ben constituïdes, algunes altres de més o menys modificades a causa de la pastura, del foc o d'unes altres alteracions, al voltant dels turons, sobretot a les obagues; molt sovint, però, el sotabosc d'aquestes rouredes correspon a una joncada (*Plantagini-Aphyllanthesetum*). A les parts culminants d'alguns turons i en alguns solells queden algunes clapes d'alzines.

La degradació de les rouredes porta a la formació de garrigues (*Quercetum cocciferae*) i brolles (*Rosmarino-Lithospermetum*) en els vessants més calents i eixuts, i de bardisses (*Pruno-Rubion*) a les zones més frescals i humides. Les garrigues ocupen extensions molt reduïdes en els vessants solells dels turons de la Plana; se'n troben només en alguns turons de la part septentrional. En canvi, són força esteses en els pendents solells de les serres de ponent (Sant Sebastià, la Creu de Gurb, Sant Bartomeu del Grau, etc.). Les brolles calcícoles de romaní i bruc d'hivern (*Rosmarino-Lithospermetum*), ben representades a

la vall del Congost, pràcticament no apareixen a la Plana; només en els vessants solells més calents d'alguns turons situats a la banda més meridional (de Malla cap a Tona) en forma de clapes residuals.

Quan la degradació del bosc és més intensa, aquests matollars (garrigues, brolles i bardisses), o bé les mateixes rouredes, són substituïts per pastures. L'explotació ramadera del bosc porta també a la formació de pastures. Actualment bona part de la superfície dels turons és coberta pel conjunt de pastures objecte d'aquest estudi. Les més esteses són les de tipus submediterrani i mediterrani septentrional, referibles a l'aliança *Aphyllanthion*; però als obacs de sòl frescal es fan comunitats d'afinitat centreeuropea, de l'aliança *Bromion*, i als rostos solells o bé als terraprimis sovintegen comunitats terofítiques plenament mediterrànies, de la classe *Thero-Brachypodietea*.

La vegetació de ribera hi és força malmesa: queden restes de vernedes i salzedes en alguns trams de rius i rieres, si bé la majoria han estat substituïdes per plantacions de pollancres. El sotabosc sol ser dominat per les bardisses (*Pruno-Rubion*), de vegades força denses i algunes altres amb un estrat herbaci d'ortigues i altres plantes nitròfiles. A les vores de la majoria de torrents que travessen la Plana hi ha bardisses amb roures i oms dispersos, i en algunes zones dominen les acàcies.

La vegetació arvense i ruderal hi és també ben representada per comunitats de males herbes dels sembrats de secà (*Violo-Legousietum hybridae*) i dels horts i dels camps regats (*Panico-Setarion*), per les comunitats nitròfiles de *Chenopodietalia* a les zones freqüentades pel bestiar i als llocs trepitjats, i pels típics fenassars (*Brachypodietum phoenicoidis*) en els marges dels camps.

Part I

Tipificació de les pastures

2. Tipus de prats i pastures

2.1. INTRODUCCIÓ

Els prats són formacions vegetals heliòfiles dominades per espècies herbàcies, predominantment hemicriptòfits. Camèfits i teròfits també hi poden aparèixer en proporció variable.

En la vegetació climàtica o potencial, les comunitats herbàcies ocupen a les nostres latituds extensions reduïdes. Queden limitades als indrets on les condicions ambientals, sobretot climàtiques i edàfiques, no permeten l'establiment de comunitats forestals; en són exemples els prats alpins de l'alta muntanya o els pradells d'annuals de les codines i dels relleus rocosos, on el llarg període d'innivació i el curt període vegetatiu, en el primer cas, i el sol prim i pedregós, en el segon, impedeixen el creixement dels arbres.

A la muntanya mitjana, les comunitats herbàcies constitueixen el gruix de la vegetació secundària. Des de temps antics la població humana ha explotat els boscos primitius i molts han estat transformats en camps o pastures. Els prats i les pastures són molt freqüents en el paisatge submediterrani dins el domini de les rouredes seques.

En la vegetació actual de la Plana els prats són, després dels conreus, el tipus de comunitat vegetal més estès. En el conjunt dels que s'hi fan, n'hi ha alguns de naturals (no originats per l'acció humana), d'extensió reduïda, en llur majoria de caràcter mediterrani, que ocupen els terraprims i les àrees fàcilment erosionables, i alguns altres d'originats a partir de l'explotació, per tala i pastura, dels boscos inicials. Aquests darrers hi són els més estesos i els que cobreixen la major part de la superfície dels turons.

En l'obra sintètica sobre la vegetació de la plana de Vic, Bolòs (1959) indica que els prats secs de pastura hi són representats per quatre associacions di-

ferents, que van des dels típicament montans de *Bromion* (*Plantagini-Euphrasietum pectinatae*) fins als secs mediterranis, amb teròfits, de *Thero-Brachypodion* (*Brachypodio-Stipetum pennatae*, *Brachypodietum phoenicoidis*), amb una bona representació de les pastures seques submediterrànies de l'*Aphyllanthion* (*Aphyllantho-Plantaginetum mediae*). Els factors ecològics que regulen en primer terme la distribució local d'aquestes associacions són el grau d'humitat i les propietats del sòl.

A partir d'aquesta descripció inicial, ens va semblar interessant emprendre un estudi més aprofundit, tant en l'aspecte fitocenològic com en el de diversos paràmetres ecològics, de les pastures que cobreixen els turons margosos de la Plana. El coneixement detallat d'aquestes comunitats ens permetrà entendre més bé la variabilitat de la vegetació d'una zona on conflueixen elements propis de la vegetació mediterrània i de la vegetació centreeuropea.

Així, doncs, l'objectiu d'aquesta primera part del treball és la descripció i la tipificació de les diferents comunitats pradenques que hi ha a la plana de Vic.

2.2. METODOLOGIA

Per a l'estudi de les comunitats vegetals pradenques, hem seguit el mètode fitocenològic de l'escola sigmatista de Zuric-Montpeller, desenvolupat per J. Braun-Blanquet i col·laboradors. La descripció detallada del mètode és exposada en diferents obres (Guinochet, 1973; Braun-Blanquet, 1979; Géhu i Rivas-Martínez, 1981, entre altres).

El mètode fitocenològic comporta dues fases. La primera, de tipus analític, consisteix en l'estudi de la vegetació sobre el terreny mitjançant inventaris. La segona, sintètica, comporta l'elaboració d'aquestes dades, mitjançant la comparació i l'ordenació dels inventaris en taules, i acaba amb la distinció i la descripció dels tipus de comunitats.

2.2.1. *Mostratge i aixecament dels inventaris*

A partir del coneixement previ de la vegetació general de la Plana, vàrem seleccionar uns quants turons testimoni que presentessin una gamma variada de prats i pastures. A cadascun es va fer el mostratge, mitjançant inventaris fitocenològics, de totes les comunitats herbàcies que apareixien en les diferents posicions topogràfiques. Per a la realització de cada inventari, se seleccionava una superfície teòricament homogènia pel que fa als factors ambientals (pendent, orientació, etc.) i a l'estructura i la fisiognomia de la vegetació, i de mida suficient per ser representativa de la comunitat a estudiar. A més d'inventariar els prats dels diferents turons, es varen fer també inventaris de prats situats en alguns altres punts de la Plana.

2.2.2. *Elaboració de les dades*

A partir dels inventaris de camp es procedeix a la comparació i l'ordenació dels inventaris en taules fins a obtenir la taula elaborada de cada comunitat.

La tipificació de les comunitats s'ha fet a partir de les taules d'inventaris i s'hi ha seguit en principi l'esquema general establert per a aquest tipus de vegetació a Bolòs (1959).

El tractament de les dades fitocenològiques s'ha fet mitjançant el paquet de programes informàtics XTRINAU (Font, 1990), el qual ha estat particularment útil en la confecció de la taula sintètica que clou l'estudi fitocenològic.

Per a cada tipus de comunitat hem calculat els espectres de formes vitals (Raunkier, 1937) i biogeogràfics, basats tant en el percentatge d'espècies com en els coeficients de recobriment.

En la nomenclatura dels tàxons seguim *Flora Europaea* (Tutin *et al.*, 1964-1980), menys en els casos següents: *Avenula pratensis* (L.) Dumort. subsp. *iberica* (St.-Yves) O. Bolòs et Vigo, *Dianthus seguieri* Vill. subsp. *requienii* (Godr.) Bernal et al., *Knautia dipsacifolia* Kreutzer subsp. *catalaunica* (Senn. ex Szabó) O. Bolòs et al., *Linum tenuifolium* L. subsp. *milletii* (Senn. et Barrau) Bolòs et al. (= subsp. *salsoloides* auct.) i *Teucrium pyrenaicum* L. var. *catalaunicum* Senn. L'adscripció dels tàxons a les formes biològiques corresponents prové d'observacions pròpies o bé de Bolòs et al. (1990), i el seu significat biogeogràfic es basa majoritàriament en Vigo (1983) o, més rarament, en altres obres (Tutin *et al.*, 1964-1980; Font, 1989; etc.).

2.3. DESCRIPCIÓ DE LES COMUNITATS

Hem distribuït el conjunt de comunitats pratenses en dos grans grups: 1) pastures predominantment vivaces i 2) prats terofítics; i les hem ordenat des de les més mesòfiles (d'afinitat medioeuropea, verdes tot l'estiu i amb molt poques plantes anuals i mates) fins a les més eixutes (parcialment seques a l'estiu i amb abundants teròfits i camèfits).

La descripció completa dels principals trets florístics, fisiognòmics, ecològics i sintaxonòmics i les taules d'inventaris de cadascuna de les comunitats tipificades es troben a les publicacions de Casas *et al.* (1989), Casas i Ninot (1994) i Casas i Ninot (1995). Per això aquí en presentem només una síntesi, a més de la taula sintètica de totes les comunitats pradenques estudiades.

2.3.1. Pastures vivaces

2.3.1.1. Pastures mesòfiles: *Euphrasio-Plantaginetum mediae* O. Bolòs 1954

L'*Euphrasio-Plantaginetum mediae* és una de les associacions més característiques de l'aliança *Bromion erecti* en terrenys calcaris, sobre sòls eutròfics, i és la que presenta una distribució més àmplia a Catalunya. Hi corresponen moltes de les pastures montanes de la zona pirinenca i prepirinenca, en el domini dels boscos caducifolis (*Quercus-Fagetea*). És ben representada a tots els Pirineus i Prepirineus orientals, on ocupa extensions considerables, i reapareix a les zones calcàries dels Pirineus centrals.

A la plana de Vic hi arriba de manera extrema i es localitza només a les zones més ombrívols i frescals, amb un microclima especialment humit. Hi ocupa superfícies reduïdes i generalment es fa en àrees planes o poc inclinades

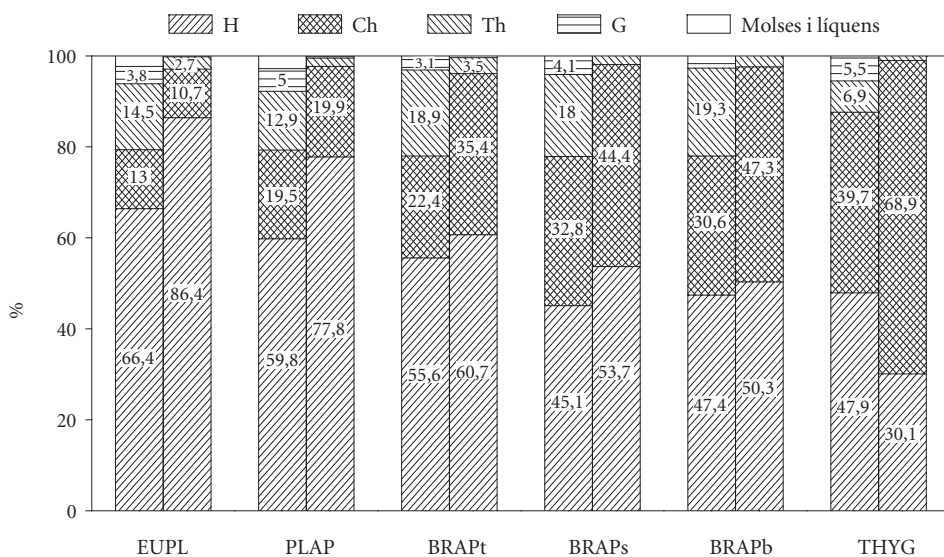


FIGURA 4. Espectres de formes biològiques de les comunitats vivaces, obtinguts a partir de les taules d'inventaris publicades a Casas i Ninot (1994). Per a cada comunitat, la columna esquerra correspon a l'espectre basat en els percentatges d'espècies, i la columna dreta, a l'espectre basat en els coeficients de recobriment. Codis de les comunitats: EUPL, *Euphrasio-Plantaginetum*; PLAP, *Plantagini-Aphyllanthesum*; BRAP, *Brachypodio-Aphyllanthesum* (t, *typicum*; s, *stipetosum*; b, *brachypodietosum retusi*); THYG, *Thymo-Globularietum*. Formes biològiques: H, hemicriptòfits; Ch, camèfits; Th, teròfits; G, geòfits.

dels peus del vessant obac dels turons, gairebé mai no sotmeses a la insolació directa, ni tan sols a l'estiu. És on hi ha menys amplitud tèrmica diària i on es detecten les temperatures màximes menys altes respecte dels altres vessants dels turons (Casas i Ninot, 1994).

L'*Euphrasio-Plantaginetum mediae* és un prat dens, relativament baix, format majoritàriament per hemicriptòfits, tant pel que fa al nombre d'espècies com al recobriment; els teròfits i els camèfits hi tenen ben poca importància (figura 4).

Es caracteritza florísticament per la dominància de plantes mesòfiles, tant les que són característiques de *Bromion* o de les unitats superiors (*Plantago media*, *Scabiosa columbaria*, *Carex caryophyllea*, *Ranunculus bulbosus*, etc.) com de les companyes més usuals (*Trifolium pratense*, *Centaurea jacea*, *Lotus corniculatus*, *Agrimonia eupatoria*, etc.). S'hi fan també algunes de les espècies més mesòfiles de l'*Aphyllanthion*, com és ara *Catananche caerulea*, *Onobrychis supina* o *Coronilla minima* (taula 3). El fet que entre les plantes de *Bromion* abunden sobretot les més termòfiles o les d'àrea més àmplia, i que entre les companyes hi tenen una relativa importància algunes espècies mediterrànies (sobretot *Brachypodium phoenicoides* i *Avenula pratensis* subsp. *iberica*), indica la posició extrema en què es troba aquesta associació a la plana de Vic (Casas i Ninot, 1994).

En l'espectre biogeogràfic, hi és dominant l'element eurosiberià en sentit ampli (espècies centreeuropees i submediterrànies), que inclou gairebé la meitat dels tàxons (figura 5). L'element mediterrani, tot i ser aquesta comunitat pradenca allà on la seva presència és més baixa, hi té encara un lloc relativament important no pel nombre d'espècies, sinó pel grau de recobriment, a causa de la relativa abundància de les dues gramínies, *Brachypodium phoenicoides* i *Avenula pratensis* subsp. *iberica*.

L'*Euphrasio-Plantaginetum mediae* que trobem a la plana de Vic correspon a la subassociació *festuco-brachypodietosum phoenicoidis*, descrita per Vigo (1979) de la vall de Ribes, la qual correspon a una de les formes més xeròfiles i termòfiles de l'associació.

A la zona estudiada, aquesta comunitat presenta una gran afinitat amb el *Plantagini-Aphyllanthetum*. El trànsit entre ambdós sintàxons és insensible i degut bàsicament a variacions microclimàtiques: petits canvis topogràfics cap a exposicions més solelles, ambients un xic més oberts, etc., comporten un canvi gradual relatiu entre la importància de les espècies mesòfiles i la del conjunt de les submediterrànies i les mediterrànies característiques d'*Aphyllanthion* i d'unitats superiors.

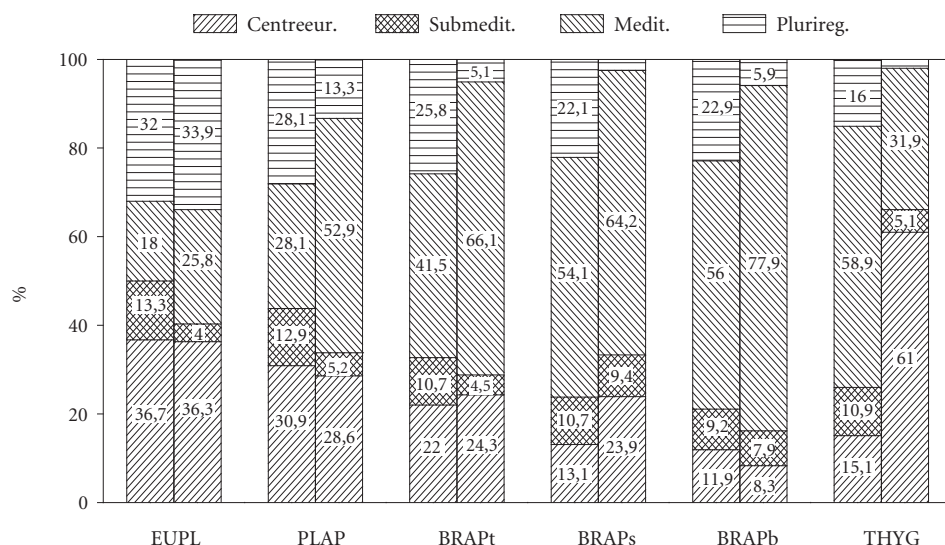


FIGURA 5. Espectres fitogeogràfics de les comunitats vivaces, obtinguts a partir de les taules d'inventaris corresponents. La codificació de les comunitats i el significat de les dues columnes són els mateixos que a la figura 4.

2.3.1.2. Joncedes: al. *Aphyllanthion* Br.-Bl. (1931) 1937

L'aliança *Aphyllanthion* inclou els prats secs, típicament submediterranis, que trobem sobre substrats calcaris, tant a les àrees mediterrànies humides, en el domini dels alzinars (*Quercion ilicis*), com en els estatges submontà i montà inferior, país de rouredes i fagedes seques (*Quercion pubescenti-sessiliflorae*). Per tant, les pastures de l'*Aphyllanthion* (joncedes) prenen una extensió considerable a tot el territori català: en trobem des del vessant meridional dels Pirineus, i de tots els Prepirineus orientals i centrals, fins als altiplans de la Segarra i del Solsonès, i a la Serralada Prelitoral; arriben també als ports de Beseit i a les muntanyes de Prades.

A la plana de Vic, típicament submediterrània, són els principals tipus de prats que cobreixen els turons. La seva extensió actual és deguda fonamentalment a la substitució i la transformació del sotabosc dels boscos inicials per destinar-los a la pastura. Hi trobem representades cinc associacions de l'aliança, amb un trànsit gradual des d'una associació força mesòfila, el *Plantagini-Aphyllanthetum* (relacionada amb l'*Euphrasio-Plantaginetum mediae*), fins a una associació d'ambients secs, el *Brachypodio-Aphyllanthetum* subass. *brachypodietosum retusi*, que conté algunes espècies de *Rosmarino-Ericion*.

2.3.1.2.1. JONCEDES MESÒFILES: *Plantagini-Aphyllanthetum* O. Bolòs (1948) 1956

Són prats densos, més o menys alts, i d'estructura força regular. Florísticament, aquesta associació es caracteritza per la importància d'espècies mesòfiles, comunes amb les pastures del *Bromion* (*Plantago media*, *Carex caryophylla*, *Helianthemum nummularium*, *Onobrychis supina* i *Bromus erectus*, entre altres), junt amb diverses espècies de tendència mediterrània lligades a l'*Aphyllanthion* i als *Rosmarinetalia*: *Aphyllanthes monspeliensis*, *Linum tenuifolium* subsp. *milletii*, *Avenula pratensis* subsp. *iberica*, *Coronilla minima*, *Koeleria vallesiana*, etc. D'aquestes darreres, són freqüents les menys xeròfiles, com ara *As-tragalus monspessulanus*, *Onobrychis supina* i *Catananche caerulea* (taula 3). Entre les companyes són força constants diverses espècies mesòfiles de distribució àmplia, com és ara *Polygala calcarea*, *Lotus corniculatus*, *Prunella vulgaris* o *Centaurea jacea* (entre altres), les quals es poden considerar, juntament amb els tàxons de *Bromion*, diferencials d'aquesta associació respecte de les altres d'*Aphyllanthion*. Hi destaca també el gran recobriment que hi tenen algunes gramínies, com ara *Brachypodium phoenicoides* i *Festuca gr. ovina* (Casas i Ninot, 1994).

El *Plantagini-Aphyllanthetum* és una comunitat intermèdia entre l'*Euphrasio-Plantaginetum* i la resta d'associacions de l'*Aphyllanthion*, tant pel que fa a l'espectre biològic, amb predomini d'hemicriptòfits i constància de camèfits (figura 4), com al biogeogràfic (els elements mediterrani i centreeuropeu hi són equivalents quant als percentatges de presència; figura 5).

El *Plantagini-Aphyllanthetum* és el tipus de pastura més estès en el paisatge actual d'aquest territori, on substitueix boscos del *Buxo-Quercetum pubescentis*. Es troba al voltant dels turons, on ocupa extensions considerables. Es fa als vessants que miren al nord, al nord-est o al nord-oest, tant a les superfícies planes o lleugerament inclinades que hi ha entre els pendents abruptes, amb restes de rouredes, i els conreus com als mateixos pendents, a les clarianes que queden entremig de les rouredes. Als solells apareix a la base dels turons en àrees planes o poc inclinades i sovint amb una coberta arbòria poc densa de *Quercus pubescens*. Globalment, es fa en espais més oberts que l'*Euphrasio-Plantaginetum*, de manera que suporta un microclima lleugerament més calent i més sec.

Sintaxonòmicament, aquesta associació inclou una transició gradual entre l'*Euphrasio-Plantaginetum* i el *Brachypodio-Aphyllanthetum*. Els inventaris realitzats presenten proporcions variables dels tàxons de *Bromion* respecte dels d'*Ononido-Rosmarinetea*, cosa que els fa més propers a l'una associació o l'altra (Casas i Ninot, 1994).

2.3.1.2.2. JONCEDES SEQUES: *Brachypodio-Aphyllanthetum* O. Bolòs 1956 em. 1967

El *Brachypodio-Aphyllanthetum* és una de les associacions de l'*Aphyllanthion* més estesa per tot Catalunya fora de l'àrea pirinenca. En consonància amb la seva àmplia àrea de distribució, s'hi han definit diverses subassociacions, diferenciades per grups d'espècies més o menys particulars. A la plana de Vic aquestes joncedes són les pastures més comunes a les àrees seques i assolellades. Hi trobem representades la subassociació *typicum*, la subassociació *brachypodietosum retusi* i una nova subassociació (*stipetosum ibericae*), descrita arran de la realització d'aquest estudi i publicada a Casas i Ninot (1994). Aquestes tres comunitats es diferencien per la seva situació i la seva localització; les diferents característiques edàfiques determinen variacions en llur composició florística.

El *Brachypodio-Aphyllanthetum* és una associació pobra en espècies pròpies, però conté un bon nombre de tàxons característics de la classe, de l'ordre i de l'aliança. Es tracta de prats mitjanament densos, sovint entre el 70 % i el 90 % de recobriment, constituïts majoritàriament per hemicriptòfits i amb una gran proporció de camèfits i de teròfits. Els tres tipus de comunitats de l'associació presenten proporcions diferents d'aquestes tres formes vitals.

2.3.1.2.2.1. *Brachypodio-Aphyllanthetum* O. Bolòs (1956) 1967 *typicum*

Pastures força denses (entre el 80 % i el 100 % de recobriment), amb una estructura menys regular que les precedents, amb predominança d'hemicriptòfits i amb una bona proporció de camèfits; als espais lliures que queden entremig hi creixen també alguns teròfits. En relació amb les altres subassociacions del *Brachypodio-Aphyllanthetum*, aquesta és la més densa i la que presenta la proporció de camèfits més baixa, aproximadament la meitat respecte dels hemicriptòfits (figura 4).

Florísticament, aquesta comunitat és constituïda pels tàxons de distribució més àmplia de l'aliança *Aphyllanthion*, com són *Aphyllanthes monspeliensis*, *Linum tenuifolium* subsp. *milletii*, *Santolina chamecyparissus* i *Hippocrepis glauca*. Si bé l'associació no sol tenir espècies pròpies, conté bona part de les plantes més característiques i més freqüents de *Rosmarinetalia* i d'*Ononido-Rosmarinetea*, freqüents a les àrees submediterrànies: *Koeleria vallesiana*, *Helianthemum oelandicum* subsp. *italicum*, *Teucrium polium*, *Avenula pratensis* subsp. *iberica*, *Lavandula latifolia*, *Euphorbia nicaeensis*, etc. (taula 4). Entre les companyes destaquen les espècies d'ambients secs i assolellats, com són ara *Thymus vulgaris*, *Festuca* gr. *ovina* o *Eryngium campestre*. Les es-

pècies dels *Brometalia* o en general les mesòfiles hi són poc freqüents (Casas i Ninot, 1994).

Es tracta d'una comunitat intermèdia entre el *Plantagini-Aphyllanthetum* i les altres subassociacions del *Brachypodio-Aphyllanthetum* més properes al *Rosmarino-Ericion*, tant pel que fa a l'estructura i l'espectre de formes biològiques (figura 4) com al significat fitocenològic (Casas i Ninot, 1994). Té un caràcter eminentment mediterrani, ja que aquest hi és l'element dominant, tant pel que fa al percentatge d'espècies com al de recobriment, bé que les plantes centreeuropees i submediterrànies hi siguin relativament freqüents, amb percentatges propers al 30 % (figura 5).

El *Brachypodio-Aphyllanthetum* subass. *typicum* és l'altra comunitat pradenca que ocupa extensions considerables a la plana de Vic després del *Plantagini-Aphyllanthetum*. Substitueix les rouredes dels llocs més secs i suporta una explotació de pastura relativament intensa. Es fa al voltant dels turons margosos, a les superfícies planes o lleugerament inclinades dels vessants sud, sud-est i sud-oest o als pendents dels vessants nord-est i nord-oest. Tant als turons com als relleus marginals de la Plana ocupa sempre espais oberts i assolellats, situacions que afavoreixen la presència i el protagonisme de les espècies mediterrànies d'*Ononido-Rosmarinetea* i que porten a una disminució de les espècies mesòfiles de *Brometalia*.

2.3.1.2.2.2. *Joncedes amb pelaguers: Brachypodio-Aphyllanthetum* *O. Bolòs (1956) 1967 stipetosum ibericae Casas et Ninot 1995*

Aquesta comunitat inclou el conjunt de pastures seques, més o menys esclarissades, que afluïren als petits replans margosos. Tenen un recobriment vegetal baix (variable entre el 40 i el 80 %) i destaquen per la dominància de *Stipa iberica*, que els confereix una fisiognomia particular (Casas i Ninot, 1994).

L'abundància de *Stipa iberica* o, més rarament, de *S. offneri* o de *S. capillata* diferencia florísticament aquesta comunitat de la subassociació típica. També se'n diferencia perquè conté més camèfits i menys hemicriptòfits (figura 4). Per la importància que hi tenen les espècies del gènere *Stipa* (pelaguers), aquesta comunitat presenta una fisiognomia semblant a la del *Brachypodio-Stipetum* (Bolòs, 1959), però la raresa de teròfits dels *Thero-Brachypodietalia* i l'abundància de tàxons dels *Ononido-Rosmarinetea* la relacionen estretament amb l'*Aphyllanthion* (taula 3).

L'espectre biogeogràfic del *Brachypodio-Aphyllanthetum stipetosum* no difereix gaire del de la forma típica de l'associació; és una comunitat bàsicament mediterrània, però amb una proporció considerable de plantes centreeuropees i submediterrànies (figura 5).

Aquestes joncedes amb pelaguers apareixen de manera discontinua en els replans rocosos dels turons, cobrint extensions reduïdes. Es fan damunt de sòls pedregosos, no gaire profunds, en zones seques i assolellades, i també a les diàclasis de les margues aprofitant la mica de sòl acumulat.

2.3.1.2.2.3. Llistonars: *Brachypodio-Aphyllanthetum* O. Bolòs (1956) 1967 *brachypodietosum retusi nova* (= *sideritido hirsutae-brachypodietosum retusi* O. Bolòs (1959) 1960)

Els llistonars són la comunitat vivaç més seca que es fa a la plana de Vic. Són pastures baixes, poc denses, amb un recobriment vegetal entre el 70-80 %, dominades pel llistó (*Brachypodium retusum*). L'abundància d'aquesta planta, com també d'algunes petites mates, es tradueix en l'important paper dels camèfits, més pel que fa al recobriment que no pas al nombre d'espècies (figura 4). S'hi troben també un nombre considerable de teròfits, si bé el seu recobriment és baix (Casas i Ninot, 1994). Aquestes són les pastures vivaces de caràcter més mediterrani que trobem a la plana de Vic; l'element eurosiberià hi té poca importància (figura 5).

Aquesta subassociació es diferencia per la presència, amb un grau de recobriment notable, de diverses espècies termòfiles mediterrànies lligades al *Rosmarino-Ericion* i al *Thero-Brachypodion*: *Convolvulus cantabrica*, *Helichrysum stoechas*, *Plantago albicans*, *Sedum sediforme*, etc. (taula 3). Unes altres espècies d'aquestes pastures són pròpies d'*Aphyllanthion* i de les unitats superiors, i també hi ha companyes més aviat xeròfiles, entre les quals destaquen alguns camèfits (*Thymus vulgaris*, *Genista scorpius*, *Dorycnium pentaphyllum*) i hemicriptòfits (*Festuca* gr. *ovina*, *Potentilla neumanniana*, *Eryngium campestre*, *Dichanthium ischaemum*). A la zona de ponent de la Plana aquesta comunitat conté de vegades *Ononis tridentata*, que indica els afloraments dels «guixos de Collsuspina», situats entre les «margues de Vic» i les «calcàries de Collsuspina».

El *Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi* se situa generalment en llocs arrecerats dels vessants solells dels turons margosos, on la insolació és més intensa. Són indrets amb una gran amplitud tèrmica i on sovint s'enregistren les mínimes més baixes i les màximes més altes, per comparació als altres vessants. Morfològicament, són talussos argilosos, inestables i fàcilment erosionables que presenten un aspecte esglaonat a causa d'una certa solifluxió. Els sòls, poc profunds i, en general, força pedregosos, queden retinguts per les mateixes mates atapeïdes de *Brachypodium retusum*.

A la part septentrional de la Plana, la comunitat es fa també a les clarianes de les garrigues (*Quercetum cocciferae*), allà on aquestes són més degradades.

A la part més meridional (des de Malla cap a Tona), i en els solells més arrecerats dels turons, prop de les carenes, aquests llistonars deixen pas a brolles calcícoles del *Rosmarino-Lithospermetum*, freqüents a la vall limítrofa del Congost.

2.3.1.2.3. *Thymo-Globularietum cordifoliae* O. Bolòs 1954

El *Thymo-Globularietum cordifoliae* és una comunitat baixa, arrapada a terra, i d'estructura força homogènia, dominada per *Globularia cordifolia*. Quant al nombre d'espècies, hi dominen els hemicriptòfits, però, pel que fa al recobriment, ho fan els camèfits, entre els quals destaca, a part de la mateixa *Globularia*, *Thymus vulgaris*. Els teròfits hi són gairebé inexistent (figura 4).

Florísticament es caracteritza per l'abundància de *Globularia cordifolia* i per la presència de diversos tàxons d'*Aphyllanthion* i de les unitats superiors com és ara *Linum tenuifolium* subsp. *milletii*, *Coris monspeliensis*, *Lavandula latifolia* i *Santolina chamaecyparissus*, etc. (taula 3). No s'hi fa cap de les espècies mesòfiles del *Plantagini-Aphyllanthetum*, però sí que hi apareixen algunes de les plantes termòfiles, presents al *Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*, com és ara *Brachypodium retusum* i *Helichrysum stoechas* (Casas i Ninot, 1994).

És una comunitat de caràcter ben mediterrani, en la qual aquest element és dominant pel que fa al nombre d'espècies. No obstant això, l'elevat recobriment de *Globularia cordifolia*, oròfit de les muntanyes alpines, comporta que, en considerar els percentatges de recobriment, l'element centreeuropeu hi sigui dominant (figura 5).

El *Thymo-Globularietum cordifoliae* és una comunitat pròpia de zones pedregoses i de codines calcàries. Es fa per tota la plana de Vic: en els petits replans (formats a la capa de margues), a les parts més altes dels turons, en els llocs on afloren les capes de margues dures, gresoses, i també en els petits replans que queden entremig de les margues, on s'acumulen restes pedregoses dels colluvis de la part superior. Ocupa sempre extensions reduïdes, sobre substrats compactes, força erosionats i gairebé desproveïts de sòl.

2.3.2. *Prats terofítics*

2.3.2.1. Prats d'annuals calcícoles: al. *Thero-Brachypodion* Br.-Bl. 1925

L'aliança *Thero-Brachypodion* inclou els prats terofítics característics de la part septentrional de la regió mediterrània, en el domini dels alzinars (*Quercion ilicis*), els quals penetren també, aprofitant els terraprimers secs i assolellats, dins la província submediterrània, en el domini de les rouredes seques (*Quer-*

cion pubescenti-sessiliflorae). Solen ser poc densos i es desenvolupen principalment sobre sòls eutròfics i bàsics. Són formats per camèfits i hemicriptòfits, entremig dels quals, en els espais lliures que queden, creixen els teròfits.

A la plana de Vic, típicament submediterrània, ens trobem al límit de l'àrea de distribució de l'aliança; hi apareix sempre molt localitzada en indrets de condicions edàfiques i microclimàtiques particulars (sòls prims poc desenvolupats i amb una forta insolació durant els mesos d'estiu). Aquests prats corresponen sempre a una etapa inicial de la colonització de la roca, allà on comença a haver-hi una primera acumulació d'argiles. Segons on es desenvolupi aquesta etapa inicial, apareixerà una o altra de les tres comunitats del *Thero-Brachypodion*:

— A les carenes seques i ventejades, o als costers poc inclinats, generalment orientats al sud, sempre en sòls prims i pedregosos, apareix el *Brachypodio-Stipetum* subass. *typicum*.

— A la base dels turons, en sòls poc o no gens estructurats, on s'acumula eventualment l'aigua que s'escorre dels vessants, es troba el *Brachypodio-Stipetum* subass. *centaurietosum pulchelli*.

— A les codines o en els replanets, sobre la marga més dura, apareixen petits claps del *Sedetum micrantho-sediformis*.

Aquestes comunitats del *Thero-Brachypodion* ocupen un lloc secundari, quant a l'extensió que prenen, si les comparem amb els prats veïns de l'aliança *Aphyllanthion*. Però la seva existència és força interessant, ja que testimonia el trànsit de la vegetació mediterrània a la vegetació eurosiberiana que es dona a la zona d'estudi. Això mateix explica que les comunitats del *Thero-Brachypodion* de la plana de Vic siguin, en general, força pobres en espècies característiques. Hi manquen moltes de les plantes termòfiles corrents als prats d'annuals calcícoles de la zona típicament mediterrània; només hi arriben les espècies menys fredoliques, menys exigents i de distribució més àmplia tant de *Thero-Brachypodion* com de *Thero-Brachypodietalia*. Aquest grup d'espècies resulta força constant a tots tres tipus de prats, ja que, si les condicions ecològiques ho permeten, solen fer-s'hi quasi totes amb més o menys abundància. La diferència entre uns prats d'annuals i uns altres es troba més aviat en llur fisiognomia i en la freqüència i l'abundància de les plantes components, aspectes que van lligats a la localització i a l'ecologia particular de cada comunitat.

2.3.2.1.1. *Brachypodio-Stipetum ibericae* O. Bolòs 1954 *typicum*

El *Brachypodio-Stipetum typicum* sol ser una pastura força densa (80-90 % de recobriment) i amb una fisiognomia ben particular. Hi dominen les mates de *Stipa*, que formen un estrat superior de 30-50 cm, repartides amb regularitat i força individualitzades. En els espais lliures que deixen, es fan plantes anuals,

uns altres hemicriptòfits i alguns camèfits, que formen un estrat baix, d'uns 10-15 cm d'alçària. Hi predominen els hemicriptòfits, tant pel que fa al nombre d'espècies com al recobriment, mentre que els teròfits hi són importants quant al nombre d'espècies, però el seu recobriment és lleugerament inferior al dels camèfits i molt més baix que el dels hemicriptòfits (figura 6).

Florísticament es caracteritza per la dominància de *Stipa iberica* subsp. *iberica* o de *Stipa capillata* i per la presència de força espècies anuals (taula 3). Aquestes darreres es compten entre les menys exigents i de distribució més àmplia de la classe *Thero-Brachypodietea*, com és el cas de *Leontodon taraxacoides* subsp. *longirostris*, *Linum strictum*, *Bupleurum baldense* o *Bombycilaena erecta*; no hi apareixen, en canvi, les espècies més termòfiles i mediterrànies. L'abundància d'hemicriptòfits i de camèfits, comuns als prats secs de l'*Aphyllanthion*, com és ara *Koeleria vallesiana*, *Festuca* gr. *ovina*, *Dichanthium ischaemum*, *Helianthemum oelandicum* subsp. *italicum*, *Santolina chamaecyparissus* o *Teucrium polium*, posa de manifest la posició extrema de la comunitat dins el *Thero-Brachypodion* (Casas i Ninot, 1995).

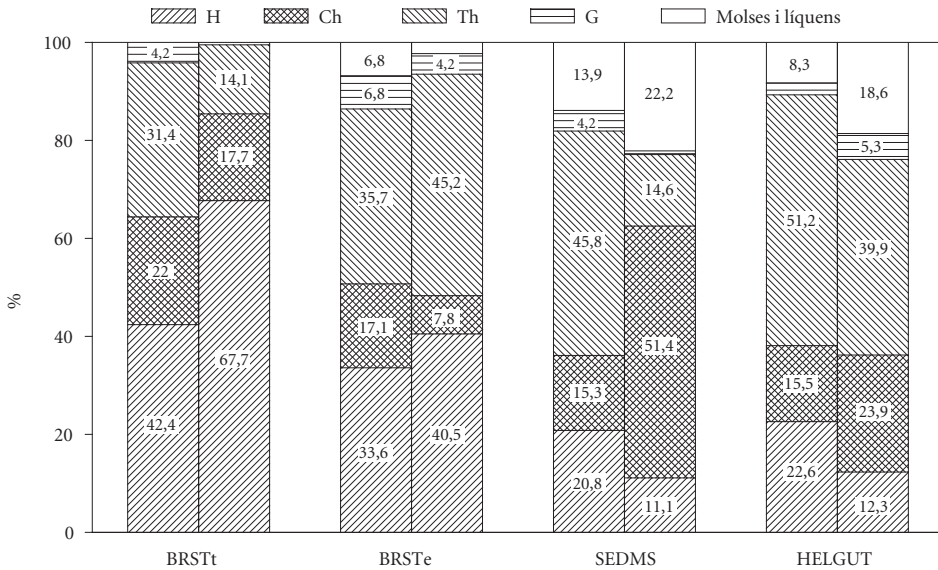


FIGURA 6. Espectres de formes biològiques de les comunitats terofítiques, obtinguts a partir de les taules d'inventaris publicades a Casas i Ninot (1995). Per a cada comunitat, la columna esquerra correspon a l'espectre basat en els percentatges d'espècies, i la columna dreta, a l'espectre basat en els coeficients de recobriment. Codis de les comunitats: BRST, *Brachypodio-Stipetum* (t, *typicum*; e, *centaurietosum pulchelli*); SEDMS, *Sedetum micrantho-sediformis*; HELGUT, *Helianthemum guttati*. Formes biològiques: H, hemicriptòfits; Ch, camèfits; Th, teròfits; G, geòfits.

A la plana de Vic, el *Brachypodio-Stipetum typicum* es pot considerar una comunitat permanent. Es fa a les carenes dels turons, on les característiques del clima continental són més acusades, amb temperatures màximes molt altes a l'estiu, mínimes molt baixes a l'hivern i una gran amplitud tèrmica diària (dades publicades a Casas i Ninot [1999] i resumides en el capítol 3). Sol fer-se en sòls prims, formats sobre margues dures, de vegades de natura gresosa, o sobre les capes de calcària que cobreixen alguns turons. Aquestes condicions són favorables a la presència dels dos components principals de la comunitat: d'una banda, *Stipa iberica* i *S. capillata*, espècies de caràcter estèpic que suporten bé els freds i les glaçades de l'hivern i els eixuts i les temperatures altes de l'estiu; i, de l'altra, els teròfits mediterranis, ben adaptats als sòls prims i pedregosos, aviat secs quan arriba la calor de l'estiu.

2.3.2.1.2. *Brachypodio-Stipetum ibericae* O. Bolòs 1959 *centaurietosum pulchelli* nova (= *euphrasio-centaurietosum pulchelli* Casas et Ninot 1989)

El *Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli* és un pradell baix i relativament dens (gairebé el 90 % de recobriment mitjà), format principalment per hemicriptòfits i teròfits, sovint en proporcions equivalents (figura 6). Entre els primers dominen algunes espècies poc o molt comunes a les pastures de l'*Aphyllanthion* o dels *Brometalia* (com ara *Dichanthium ischaemum*, *Potentilla neumanniana*, *Koeleria vallesiana*, *Festuca gr. ovina*, etc.). Molts dels teròfits més abundants (*Leontodon taraxacoides* subsp. *longirostris*, *Brachypodium distachyon*, *Bupleurum baldense*, *Linum strictum*, *Euphorbia exigua*, *Bombycilaena erecta*, etc.) van lligats als prats eixuts mediterranis de *Thero-Brachypodium*, mentre que uns altres (*Euphrasia pectinata*, *Linum catharticum*) són propis de pastures clarament mesòfiles o bé d'indrets temporalment humits (*Centaurium pulchellum*), fet que cal atribuir a la humitat elevada i força constant del sòl al llarg d'un període primaveral relativament dilatat (taula 3) (Casas *et al.*, 1989).

Aquesta subassociació es diferencia de la típica perquè hi tenen força més importància les plantes anuals i perquè conté menys hemicriptòfits, sobretot si es tenen en compte els seus percentatges de recobriment (figura 6). L'espectre biogeogràfic n'evidencia el caràcter mediterrani (figura 7).

Presenta una certa variabilitat, que es manifesta per les proporcions que hi atenyen, d'una banda, les plantes indicadores d'una certa ruderalització (*Sherardia arvensis*, *Bromus hordeaceus*, *Poa bulbosa*, etc.) i, de l'altra, alguns camèfits (*Thymus vulgaris*, *Sedum sediforme*, *Santolina chamaecyparissus*, etcètera), indicadors de formes poc alterades, relativament madures, de la comunitat.

Aquests pradells colonitzen els primers dipòsits argilosos que es troben al peu dels pendents de les margues dures erosionades, gairebé desproveïdes de vegetació, i entren en contacte, més avall, amb pastures vivaces que ocupen els sòls més profunds i més estructurats. Són indrets poc inclinats, oberts i d'orientació diversa, generalment d'extensió reduïda, amb sòl prim i poc desenvolupat. Durant l'hivern i la primavera, el sòl s'hi manté constantment humit o amarat, ja que l'aigua de pluja que s'escorre dels vessants circula molt lentament a través seu; a l'estiu, en canvi, esdevé molt sec.

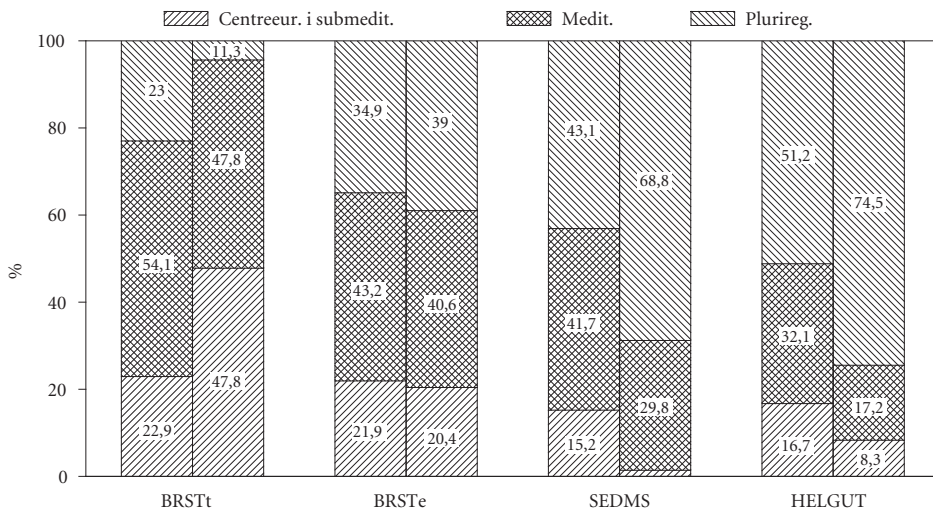


FIGURA 7. Espectres fitogeogràfics de les comunitats terofítiques, obtinguts a partir de les taules d'inventaris publicades a Casas i Ninot (1995). La codificació de les comunitats i el significat de les dues columnes són els mateixos que a la figura 6.

El *Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli* representa un extrem de la vegetació terofítica mediterrània que s'endinsa en el territori del *Buxo-Quercetum* aprofitant ambients especialment secs (si més no a l'estiu). Com que molts dels teròfits dels *Thero-Brachypodietalia* no arriben a aquest territori, la comunitat resulta poc individualitzada dins de l'ordre. Florísticament és força propera al *Brachypodio-Stipetum typicum* descrit de la mateixa Plana (Bolòs, 1959); se'n diferencia per la manca de *Stipa iberica* i per la presència elevada dels teròfits mesohigròfils esmentats, rars o inexistents en la comunitat de *Stipa* (Casas *et al.*, 1989).

2.3.2.1.3. *Sedetum micrantho-sediformis* O. Bolòs et Masalles 1983

Pradells baixos, dominats per espècies del gènere *Sedum* (*S. album*, *S. acre* i *S. sediforme*), al costat d'uns altres camèfits sufruticosos, com ara *Thymus vulgaris* o *Helianthemum appeninum* (taula 3). En un estrat inferior, aplacats a terra, hi són abundants alguns líquens terrícoles (*Cladonia*) i també molses de tipus pulvinular, com és ara *Grimmia pulvinata*. A les clarianes que hi queden creixen algunes plantes anuals, entre les quals hi ha *Bombycilaena erecta*, *Trifolium scabrum*..., generalment no pas tan abundants com en les altres pastures terofítiques (Casas i Ninot, 1995).

En aquesta comunitat els teròfits són abundants quant a percentatge específic, però tenen un recobriment força baix, mentre que els camèfits (principalment, espècies de *Sedum*) i les criptògames són menys nombrosos, però hi tenen un recobriment més elevat (figura 6). Es tracta d'una associació eminentment mediterrània, amb una certa representació de l'element eurosiberià (figura 7).

El *Sedetum micrantho-sediformis* és una comunitat pionera en la colonització de les superfícies nues en terreny calcari (Bolòs i Masalles, 1983). A la Plana, on ocupa generalment poca extensió, el trobem en forma de clapes aïllades, entremig de la roca nua, a les codines margoses que formen els turons. Arrela en sòls extremament prims (5-10 cm de gruix), molt poc desenvolupats, força pedregosos i sorrencs en alguns casos, i amb molt poca capacitat de retenció d'aigua.

2.3.2.2. Pradells d'anuals acidòfils: *Helianthemum guttati* Br.-Bl. 1931

Es tracta de pradells baixos (10-15 cm), amb un recobriment vegetal el voltant del 70 %, caracteritzats per la presència de plantes anuals calcífugues, com és ara *Aira caryophyllea*, *Logfia minima*, *Trifolium arvense*, *Myosotis ramossissima* o *Scleranthus annuus*. Hi són relativament importants alguns altres teròfits més o menys indiferents, comuns als prats de *Thero-Brachypodion*, com és ara *Leontodon taraxacoides* subsp. *longirostris*, *Cerastium pumilum*, *Galium parisiense*, etc. (taula 3). De manera semblant a la comunitat precedent, també hi ha arran de terra un mantell de molses i líquens, entremig dels quals creixen els teròfits efimers característics. Els inventaris d'aquesta associació aixecats a la Plana inclouen formes de transició al *Sedetum micrantho-sediformis*, que mostren un augment progressiu de les espècies de *Thero-Brachypodion* (Casas i Ninot, 1995).

Aquests pradells acidòfils són pioners en la colonització de les roques gresoses. Es localitzen a la part oriental de la Plana, allà on afloren els gresos calcaris de la formació «gres de Folgueroles». Ocupen sempre poca extensió i for-

men petites clapes sobre la roca nua, en llocs planers o només amb una lleugera inclinació (5-10° màxim), en els petits dipòsits de sorres originats per la meteorització de la roca.

L'*Helianthemum guttati* que trobem a la Plana representa una forma extrema d'aquesta associació. Per una banda, hi manquen diverses espècies acidòfiles mediterrànies corrents en l'*Helianthemion* d'altres àrees (Bolòs, 1962 i 1983; Lapraz, 1974) i, per l'altra, hi són relativament freqüents diversos teròfits calcícoles propis del *Thero-Brachypodion* (Casas i Ninot, 1995).

2.4. SÍNTESI

A la taula sintètica de les comunitats descrites (taula 4), destaca la importància global que hi tenen les plantes submediterrànies i mediterrànies de l'*Aphyllanthion* i de les unitats superiors. Aquest grup florístic és present a gairebé totes les comunitats (columnes de la taula); fins i tot ateny una certa significació en comunitats que no pertanyen als *Ononido-Rosmarinetea*, com són el *Brachypodio-Stipetum typicum* i l'*Euphrasio-Plantaginetum*. L'altre grup florístic destacable són les plantes de *Thero-Brachypodietea*, majoritàriament teròfits, especialment ben representats a les quatre darreres columnes. L'última columna, corresponent a l'*Helianthemum guttati*, resulta ben individualitzada per la presència de diversos teròfits calcífugs que hi són exclusius.

Sintaxonòmicament, a la Plana hi ha ben representades tres classes de vegetació pradenca (taula 4), que manifesten transicions insensibles de l'una a l'altra, com subratllen inventaris intermedis entre l'*Euphrasio-Plantaginetum* i el *Plantagini-Aphyllanthetum*, i entre el *Brachypodio-Aphyllanthetum stipetosum* i el *Brachypodio-Stipetum typicum*. Paral·lelament, les comunitats descrites mostren un ampli ventall fitogeogràfic que va des de les pastures mesòfiles de l'*Euphrasio-Plantaginetum* (*Bromion*), de caràcter centreeuropeu, fins als pradells terofítics del *Sedetum micrantho-sediformis* o de l'*Helianthemum guttati*, típicament mediterranis i adaptats a un eixut estival considerable. Dins d'aquest ventall, les comunitats més esteses (*Plantagini-Aphyllanthetum*, *Brachypodio-Aphyllanthetum typicum*) són sensiblement més afins al *Bromion* que no pas als pradells terofítics (*Thero-Brachypodietea*) tant pel que fa a composició florística com a fisiognomia i estructura. Les pastures d'aquesta darrera classe, tot i que al territori siguin força diversificades i freqüents, representen globalment formes relativament pobres dels *Thero-Brachypodietea*, ja que moltes de les espècies d'aquesta classe hi són inexistents o rares. L'*Helianthemum guttati* és una associació força ben caracteritzada. En canvi, la diferenciació florística de les tres comunitats de *Thero-Brachypodion* reconegudes es basa principalment en la presència o l'abundància relativa d'espècies diferencials.

En l'aspecte fitotopogràfic, les comunitats estudiades es poden situar en un transecte idealitzat que representa un turó típic de la Plana (figura 8). Les comunitats lligades a situacions topogràfiques i edàfiques poc extremes són les de tipus mesòfil i mesoxeròfil de l'*Aphyllanthion*; les de tendència xeròfila de la mateixa aliança, d'extensió real força més reduïda, estan relacionades amb condicions més desfavorables, siguin solells abruptes amb erosió (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), siguin codines i relleixos rocallous (*Thymo-Globularietum*). En els ambients encara més eixuts i en sòls prims, bona part dels hemicriptòfits i dels camèfits esdevenen rars, i s'hi fan més abundants les plantes anuals, que aprofiten només les èpoques d'humitat edàfica suficient. Per això, les comunitats pradenques que s'hi fan corresponen als *Thero-Brachypodietea* i ocupen relativament poca extensió. En un altre extrem, l'*Euphrasio-Plantaginetum* es localitza en indrets de sòl profund i ben desenvolupat, sota un microclima especialment favorable, amb temperatures poc extremes.

TAULA 3

Taula sintètica de les comunitats estudiades. Els valors numèrics corresponen als percentatges de presència de les diferents espècies a cada comunitat. Les columnes signifiquen: EUPL, Euphrasio Plantaginietum; PLAP, Plantagini-Aphyllanthesetum; BRAP_t, Brachypodio-Aphyllanthesetum typicum; BRAP_s, Brachypodio-Aphyllanthesetum stipetosum; BRAP_b, Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi; THYG, Thymo-Globularietum cordifoliae; BRST_t, Brachypodio-Stipetum typicum; BRST_e, Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli; SEDMS, Sedetum micrantho-sediformis; HELGU, Helianthesetum guttati

Comunitat	EUPL	PLAP	BRAP _t	BRAP _s	BRAP _b	THYG	BRST _t	BRST _e	SEDMS	HELGU
Nombre d'inventaris resumits	11	23	17	17	16	7	10	23	7	10
Característiques de Bromion										
<i>Carex caryophylla</i>	63	82	52	29	12	71	20	21	.	10
<i>Euphrasia pectinata</i>	18	60	47	23	6	42	60	65	.	.
<i>Plantago media</i>	90	91	35	6	.	14	.	4	.	.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	54	43	6	.	.	.	20	13	.	.
<i>Cirsium tuberosum</i>	9	17	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gymnadenia conopsea</i>	9	4	.	.	.	.	.	9	.	.
<i>Salvia pratensis</i>	54	30	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pimpinella saxifraga</i>	63	52	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium acaule</i>	45	13	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium verum</i>	18	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium montanum</i>	.	26	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Campanula glomerata</i>	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.
Característiques de Brometalia i de Festuco-Brometea										
<i>Helianthemum nummularium</i> subsp. <i>tomentosum</i>	90	78	11	6	.	.	20	13	14	.
<i>Ononis spinosa</i>	81	21	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunella laciniata</i>	63	39	6	6	.	.	.	.	.	.
<i>Veronica austriaca</i> subsp. <i>vahllei</i>	63	26	6	11	.	.	.	.	.	.
<i>Sanguisorba minor</i>	63	21	17	11	.	.	.	9	.	50
<i>Onobrychis supina</i>	54	65	23	23	6	14	20	.	.	.
<i>Scabiosa columbaria</i>	54	60	23	6	.	.	.	.	.	.
<i>Thymus pulegioides</i>	36	9	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Teucrium pyrenaicum</i> var. <i>catalaunicum</i>	27	30	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromus erectus</i>	27	43	11	.	6	14	.	.	.	.
<i>Prunella grandiflora</i>	18	9	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phleum phleoides</i>	9	34	11	6	.	.	20	9	.	.
<i>Carlina vulgaris</i>	.	39	.	.	12	28	.	.	.	.
<i>Koeleria pyramidata</i>	.	9	.	.	.	.	.	9	.	.
Característiques d'Aphyllanthion										
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	18	100	76	82	81	85	30	4	.	.
<i>Hippocrepis glauca</i>	18	69	64	64	75	71	70	26	.	.

TAULA 3 (Continuació)

<i>Linum tenuifolium</i> subsp. <i>milletii</i>	9	78	52	76	93	85	20	.	.	.
<i>Santolina</i> <i>chamaecyparissus</i>	.	17	47	76	62	42	80	30	28	.
<i>Inula montana</i>	.	13	35	41	56	28	30	.	.	.
<i>Globularia vulgaris</i>	.	34	52	35	12	.	40	17	.	.
<i>Ononis pusilla</i>	9	34	29	29	43	28	30	13	.	.
<i>Astragalus</i> <i>monspessulanus</i>	9	69	23	11	18	14	20	.	.	.
<i>Veronica tenuifolia</i>	.	.	17	17	18	14	10	.	.	.
<i>Euphorbia mariolensis</i>	.	4	.	6	.	14	10	4	.	.
<i>Anacamptis</i> <i>pyramidalis</i>	.	4	11	.	.	.	10	4	.	.
<i>Thymelaea</i> <i>sanamunda</i>	.	9	11	6	.	14	.	.	.	.
<i>Catananche caerulea</i>	45	56	11	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aster willkommi</i>	.	4	6	.	.	28	.	.	.	.
<i>Genista hispanica</i>	9	9	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Linum narbonense</i>	.	.	.	.	6	.	.	4	.	.
Diferencials del <i>Brachypodio-Aphyllanthetum brahypodietosum retusi</i>										
<i>Brachypodium</i> <i>retusum</i>	.	4	11	23	100	42	10	.	.	.
<i>Plantago albicans</i>	.	.	17	23	56	.	30	9	28	.
<i>Helichrysum stoechas</i>	.	.	41	70	62	57	10	.	.	.
<i>Sideritis hirsuta</i>	.	13	52	47	50	28	60	56	.	10
Característiques de <i>Rosmarineta</i> i d' <i>Ononido-Rosmarinetea</i>										
<i>Koeleria vallesiana</i>	9	78	88	100	100	100	100	69	28	10
<i>Helianthemum</i> <i>oelandicum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
subsp. <i>italicum</i>	.	43	94	100	93	100	100	65	28	70
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>polium</i>	.	65	94	88	100	100	90	26	.	.
<i>Argyrolobium zanonii</i>	.	21	70	76	81	100	60	30	14	.
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	36	60	76	41	43	71	20	9	.	10
<i>Carduncellus</i> <i>monspeliensis</i>	9	43	35	29	31	85	40	.	.	.
<i>Lavandula latifolia</i>	9	21	58	64	75	57	10	.	.	10
<i>Asperula cynanchica</i>	36	65	64	82	87	71	40	.	.	.
<i>Fumana procumbens</i>	.	13	64	88	75	100	50	21	.	10
<i>Trinia glauca</i>	9	21	29	29	18	71	30	9	28	.
<i>Satureja montana</i>	.	13	35	23	31	14	10	4	14	10
<i>Avenula pratensis</i> subsp. <i>iberica</i>	90	91	52	47	12	28	10	.	.	.
<i>Avenula bromoides</i>	.	.	35	58	81	42	40	.	.	.
<i>Helianthemum</i> <i>apenninum</i>	.	.	47	52	50	28	70	43	42	.
<i>Fumana ericoides</i>	.	13	23	11	31	.	20	9	.	.
<i>Leuzea conferta</i>	.	9	11	29	43	.	20	4	.	.

TAULA 3 (Continuació)

<i>Jasonia tuberosa</i>	.	21	11	17	25	14	.	.	.	.
<i>Carex humilis</i>	9	60	64	52	18	28	.	.	.	.
<i>Coronilla minima</i>	54	82	41	29	.	28	10	.	.	.
<i>Thesium divaricatum</i>	18	43	41	35	.	28	10	.	.	.
<i>Coris monspeliensis</i>	.	9	58	64	75	85	.	4	.	.
<i>Globularia cordifolia</i>	.	.	11	52	25	100	10	.	.	.
<i>Atractylis humilis</i>	.	.	29	35	43	.	20	4	.	.
<i>Fumana thymifolia</i>	.	.	6	.	18	14	10	4	.	.
<i>Ononis tridentata</i>	.	.	.	6	43	28	.	.	.	.
<i>Lithodora fruticosa</i>	.	.	.	23	12	14	.	.	.	.
<i>Stachelina dubia</i>	.	.	.	11	6	.	.	.	.	.
<i>Rosmarinus officinalis</i>	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.

Característiques de *Thero-Brachypodium* i de *Thero-Brachypodietalia* hero

<i>Bombycilaena erecta</i>	.	.	35	6	31	.	80	56	100	10
<i>Bupleurum baldense</i>	.	4	29	17	18	.	90	52	42	.
<i>Galium parisiense</i>	.	4	6	6	.	14	20	21	.	60
<i>Euphorbia exigua</i>	.	4	11	6	6	.	40	65	.	.
<i>Brachypodium distachyon</i>	.	.	6	11	.	.	40	65	42	.
<i>Arenaria leptoclados</i>	.	.	.	.	.	.	20	9	14	10
<i>Astragalus stella</i>	.	.	.	.	.	.	10	30	57	.
<i>Ononis reclinata</i>	.	.	.	17	.	.	20	17	.	.
<i>Scabiosa stellata</i>	.	.	11	6	6	.	.	4	.	.
<i>Arenaria conimbricensis</i>	.	.	.	.	.	.	10	17	.	10

Diferencials del *Brachypodio-Stipetum* i de les seves subassociacions

<i>Stipa iberica</i>	.	.	29	76	18	14	80	.	.	.
<i>Stipa offneri</i>	.	.	6	17	.	14	10	4	.	.
<i>Stipa capillata</i>	.	.	6	17	12	.	40	.	.	.
<i>Blackstonia perfoliata</i>	9	26	17	6	18	28	10	30	.	.
<i>Orchis coriophora</i>	.	26	11	6	.	14	30	43	.	.
subsp. <i>fragrans</i>										
<i>Centaurium pulchellum</i>	18	9	.	17	6	.	.	43	.	.

Diferenciales del *Sedetum micrantho-sediformis*[illegible]

Caractéristiques de l'*Helianthemion guttati*

[illegible]

TAULA 3 (Continuació)

<i>Tortula ruralis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	28	.
<i>Tortula muralis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	28	.
<i>Bryum argenteum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	28	.
<i>Bryum capillare</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
<i>Riccia</i> sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10
Companyes										
<i>Achillea millefolium</i>	9	4	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aegilops ovata</i>	.	.	.	6	.	.	10	9	14	.
<i>Agrimonia eupatoria</i>	90	47	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agrostis capillaris</i>	54	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ajuga chamaepitys</i>	.	.	11	.	6	.	30	17	28	40
<i>Allium oleraceum</i>	45	21	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allium</i> sp.	.	.	.	.	6	.	10	30	.	.
<i>Anagallis arvensis</i>	.	.	.	6	.	.	10	47	.	40
<i>Arenaria serpyllifolia</i>	.	.	17	.	6	.	40	17	85	70
<i>Arrhenatherum elatius</i>	54	39	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Artemisia campestris</i>	.	.	6	.	.	.	20	.	.	.
<i>Bellis perennis</i>	9	4	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	10	91	41	47	6	71	20	4	.	.
<i>Briza media</i>	45	47	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bromus hordeaceus</i>	.	.	.	.	.	.	20	21	28	.
<i>Bupleurum rigidum</i>	.	.	6	6	6	.	.	.	.	.
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Carex flacca</i>	72	52	11	.	.	28	.	.	.	.
<i>Carex hallerana</i>	.	.	29	11	31	.	.	.	.	.
<i>Centaurea jacea</i>	90	26	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Centaureum umbellatum</i>	.	9	.	.	6	14	.	.	.	.
<i>Cerastium glomeratum</i>	.	.	6	.	.	.	.	4	.	10
<i>Cirsium</i> gr. <i>eriphorum</i>	27	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cirsium</i> sp.	.	4	6	.	18	.	.	.	.	.
<i>Cistus salviifolius</i>	.	.	.	6	6	.	.	.	.	30
<i>Clinopodium vulgare</i>	9	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Crepis setosa</i>	.	.	6	.	.	.	20	.	.	.
<i>Cruciata glabra</i>	9	9	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	36	39	17	6	18	.	40	21	14	.
<i>Daucus carota</i>	72	43	6	6	.	.	20	.	.	.
<i>Dianthus seguieri</i>	9	39	.	.	12	.	10	.	.	.
subsp. <i>gautieri</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dichanthium ischaemum</i>	9	30	52	64	56	85	60	69	.	.
<i>Dipcadi serotinum</i>	.	.	35	35	25	14	50	65	57	10
<i>Diploxys erucoides</i>	.	.	.	.	.	.	20	4	.	.
<i>Dorycnium hirsutum</i>	.	17	11	.	.	.	.	.	.	.
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	.	30	47	76	75	28	50	9	.	.
<i>Echinops ritro</i>	.	.	6	17	31	.	20	.	.	.
<i>Echium vulgare</i>	.	4	23	6	6	.	30	.	.	.
<i>Erodium ciconium</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	57	30
<i>Erodium cicutarium</i>	.	.	.	.	.	.	20	65	42	40

TAULA 3 (Continuació)

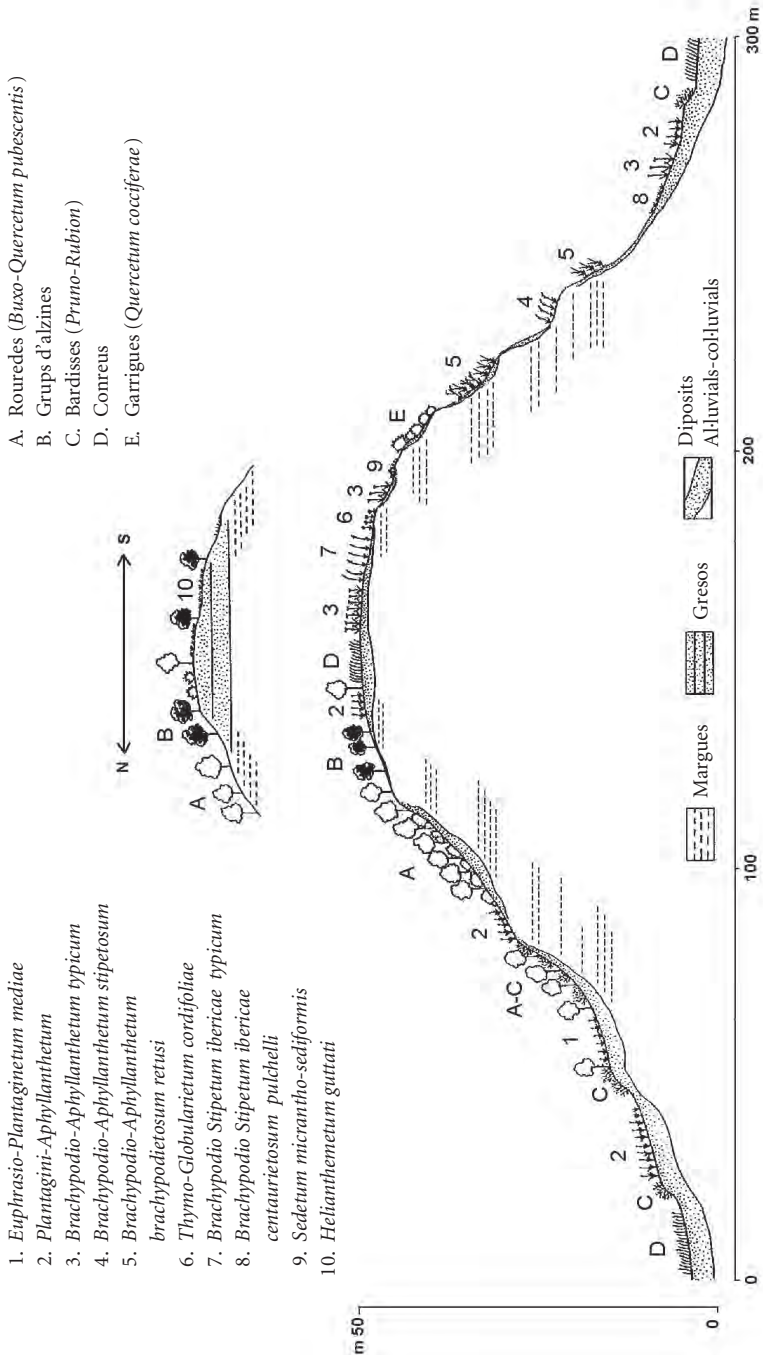
<i>Erophila verna</i>	.	.	6	.	.	.	20	26	28	30
<i>Erucastrum</i>	.	.	6	29	31	.	20	4	.	.
<i>nasturtiifolium</i>										
<i>Eryngium campestre</i>	90	78	76	70	57	57	100	60	42	.
<i>Euphorbia serrata</i>	.	.	.	6	6	14	.	.	.	.
<i>Euphorbia brittingeri</i>	.	9	.	17	25	.	.	4	.	.
<i>Festuca gr. ovina</i>	45	78	82	100	100	85	90	78	57	30
<i>Festuca gr. rubra</i>	54	26	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Filipendula vulgaris</i>	.	4	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Galium lucidum</i>	36	9	6	.	.	.	10	.	.	.
<i>Galium pumilum s. l.</i>	45	73	17	.	6	.	.	.	.	.
<i>Genista scorpius</i>	27	78	52	82	75	71	70	9	.	.
<i>Geranium columbinum</i>	.	4	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Hepatica nobilis</i>	18	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hypericum perforatum</i>	9	17	17	6	6	.	30	4	.	30
<i>Hypochoeris radicata</i>	18	30	23	11	.	.	.	4	.	10
<i>Hyssopus officinalis</i>	.	4	.	6	.	.	.	4	.	.
<i>Inula salicina</i>	9	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Knautia arvensis</i>	36	26	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Knautia dipsacifolia</i>	18	9	.	.	.	.	.	.	.	.
subsp. <i>catalaunica</i>										
<i>Leontodon hispidus</i>	54	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Leucanthemum</i>	27	21	.	.	.	.	.	.	.	.
vulgare s. l.										
<i>Linum bienne</i>	.	.	.	.	.	.	10	4	.	.
<i>Linum catharticum</i>	54	34	11	6	.	.	30	34	.	10
<i>Lolium perenne</i>	18	.	6	.	.	.	10	.	.	.
<i>Lotus corniculatus</i>	100	56	11	.	.	.	.	.	.	.
<i>Medicago lupulina</i>	72	43	6	6	.	.	.	26	.	.
<i>Melica ciliata</i>	.	.	11	23	18	.	10	.	.	.
<i>Muscari racemosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Narcissus requieni</i>	.	4	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Odontites lutea</i>	18	34	64	47	50	28	70	26	14	.
<i>Onobrychis caput-galli</i>	.	.	.	.	.	.	10	4	.	.
<i>Ononis minutissima</i>	.	4	11	.	6	14	.	.	.	.
<i>Ophrys apifera</i>	.	13	.	6	.	.	.	.	.	.
<i>Origanum vulgare</i>	36	4	.	.	6	.	.	.	.	.
<i>Phleum pratense</i>	45	.	.	.	.	.	.	.	.	.
subsp. <i>bertolonii</i>										
<i>Picris hieracioides</i>	36	13	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Plantago cynops</i>	.	.	.	.	.	.	.	4	.	10
<i>Plantago lanceolata</i>	90	86	58	41	62	85	80	91	100	10
<i>Poa annua</i>	.	.	.	.	.	.	.	9	14	.
<i>Poa bulbosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	13	71	30
<i>Poa pratensis</i>	72	21	.	.	.	.	.	.	.	10
<i>Polygala calcarea</i>	54	56	11	.	.	.	.	.	.	.
<i>Potentilla neumanniana</i>	72	91	94	82	87	85	70	78	28	40
<i>Primula veris</i>	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prunella vulgaris</i>	36	43	23	.	.	14	.	.	.	20

TAULA 3 (Continuació)

<i>Psoralea bituminosa</i>	.	.	.	.	6	.	20	.	14	.
<i>Quercus coccifera</i>	.	.	.	6	18	14	.	.	.	.
<i>Quercus pubescens</i>	9	9	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	9	9	23	.	6	42	10	.	.	.
<i>Scorzonera graminifolia</i>	.	4	6	6	12	.	10	.	.	.
<i>Sherardia arvensis</i>	.	.	6	.	.	.	20	43	14	40
<i>Silene nocturna</i>	.	.	.	.	.	.	10	.	.	30
<i>Spiranthes autumnalis</i>	14	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stachys officinalis</i>	36	39	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stellaria media</i>	9	.	.	.	.	.	.	.	.	10
<i>Tanacetum corymbosum</i>	9	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Taraxacum laevigatum</i>	.	.	6	.	.	.	.	.	.	10
<i>Taraxacum officinale</i> s. l.	27	21	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tetragonolobus maritimus</i>	27	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	36	56	41	47	50	28	20	4	14	.
<i>Thymus vulgaris</i>	9	52	82	94	100	100	90	86	100	40
<i>Trifolium campestre</i>	9	17	6	6	.	.	30	34	14	10
<i>Trifolium ochroleucon</i>	9	4	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trifolium pratense</i>	100	26	.	.	.	.	.	4	.	.
<i>Trifolium repens</i>	72	21	.	.	.	.	.	9	.	10
<i>Urospermum dalechampii</i>	.	.	.	.	6	.	10	.	.	.
<i>Veronica polita</i>	.	.	.	.	.	.	.	9	14	50
<i>Vicia sativa</i>	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola alba</i>	.	13	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola hirta</i>	27	17	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola rupestris</i>	.	9	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola sylvestris</i>	9	21	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Viola</i> sp.	18	13	6	.	.	.	.	.	.	.
<i>Vulpia ciliata</i>	.	.	11	.	.	.	50	47	28	50

TAULA 4
Esquema sintaxonòmic de les comunitats estudiades

-
- Cl. *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et Tx. 1943
 O. *Brometalia erecti* Br.-Bl. 1936
 Al. *Bromion erecti* (Br.-Bl. et Moor) Oberd. 1949
Euphrasio-Plantaginetum mediae O. Bolòs 1954 *festuco-brachypodietosum phoenicoidis* Vigo 1979
- Cl. *Ononido-Rosmarinetea* Br.-Bl. 1947
 O. *Rosmarinetalia* Br.-Bl. (1931) 1952
 Al. *Aphyllanthion* Br.-Bl. (1931) 1937
Plantagini-Aphyllanthetum O. Bolòs (1948) 1956 *plantagini-teucrietosum catalaunici* (= *typicum*)
Brachypodio-Aphyllanthetum O. Bolòs (1956) 1967
typicum
stipetosum ibericae Casas et Ninot 1995
brachypodietosum retusi nova (= *sideritido-brachypodietosum retusi* O. Bolòs (1959) 1960)
Thymo-Globularietum cordifoliae O. Bolòs 1954
- Cl. *Thero-Brachypodietea* Br.-Bl. 1947
 O. *Thero-Brachypodietalia* (Br.-Bl.) R. Mol. 1934
 Al. *Thero-Brachypodion* Br.-Bl. 1925
Brachypodio-Stipetum ibericae O. Bolòs 1954, nom. em.
typicum
centaurietosum pulchelli nova (= *euphrasio-centaurietosum pulchelli* Casas et Ninot 1989)
Sedetum micrantho-sediformis O. Bolòs et Masalles 1981
- O. *Helianthemetalia guttati* Br.-Bl. 1940
 Al. *Helianthemion guttati* Br.-Bl. 1931
Helianthemetum guttati Br.-Bl. (1931) 1940
-



Part II

Els factors ambientals i les pastures

3. Factors climàtics: temperatures

3.1. INTRODUCCIÓ

Les temperatures i les precipitacions són, entre els factors climàtics, els condicionants principals de la vegetació. Les temperatures influeixen directament en els processos fisiològics i metabòlics de les plantes, i les precipitacions aporten l'aigua necessària per al creixement i el desenvolupament d'aquelles (Stoutjesdijk i Barkman, 1992).

Els valors climàtics generals d'una zona (mesoclima) no reflecteixen les veritables condicions en què es desenvolupen els vegetals; els climes locals, o microclimes, són el que influeix més directament sobre la vida dels vegetals.

A petita escala, el relleu i la topografia generen variacions microclimàtiques que es tradueixen en mosaics de vegetació relativament complexos. Alguns autors (Escudero i Regato, 1992; Guàrdia i Ninot, 1992; Shaver *et al.*, 1996) han posat de manifest la relació entre la distribució espacial de la vegetació i els gradients ambientals generats per la topografia. Segons Jiang *et al.* (1994), a les zones temperades els gradients tèrmics i d'humitat són el que determina la distribució de la vegetació. La topografia condiciona la redistribució de l'aigua de pluja i afecta el balanç hídric del sòl (Floret i Pontanier, 1984); la disponibilitat hídrica és un dels factors principals que expliquen la distribució de la vegetació i la composició i l'estructura de les comunitats vegetals (Isard, 1986; Brown, 1971; Noguchi, 1992), alhora que controla la producció de biomassa (Rajakorpi, 1987; Wondzell i Ludwig, 1995).

En els turons de la plana de Vic hi ha una diversitat notable de comunitats pradenques, lligada a la diversitat topogràfica, edàfica i microclimàtica. D'una posició topogràfica a l'altra s'hi observa una transició de les pastures de caràcter centreeuropeu a les comunitats netament mediterrànies, passant per una

àmplia gamma de pastures submediterrànies (vegeu el capítol 2). En l'aspecte causal, sembla evident que els factors microclimàtics resultants de l'orientació i l'exposició, les inversions tèrmiques i el grau d'exposició al vent condicionen la vegetació a través dels processos d'evaporació, respiració i fotosíntesi. També l'edafogènesi i la reserva hídrica del sòl afecten els vegetals i sovint magnifiquen els efectes del microclima. Diversos autors (Izco *et al.*, 1985; Moreno *et al.*, 1990; Retuerto i Carballeira, 1992) assenyalen que al nord de la península Ibèrica la transició entre la regió centreeuropea i la mediterrània va paral·lela al gradient dels factors climàtics.

Als turons de la plana de Vic s'observen notables variacions dels factors climàtics en funció de la topografia. Amb l'objectiu d'analitzar aquestes variacions i d'avaluar-ne la incidència en les comunitats vegetals i en la seva distribució, hem enregistrat les condicions termomètriques en uns quants punts representatius d'un mateix turó.

Les dades que sintetitzem a continuació han estat publicades anteriorment a la revista *Ecologia Mediterranea* (Casas i Ninot, 1999).

3.2. METODOLOGIA

Per portar a terme el nostre estudi vàrem escollir el turó de Puig-rodon, situat a uns 9 km al nord de Vic i amb altituds compreses entre 490 m a la base i 538 m a la part superior. És un turó ben típic, tant en l'aspecte geomorfològic com en el de la vegetació, ja que presenta vessants contrastats i hi són ben representats els diferents tipus de pastures descrits en el capítol anterior.

En aquest turó vàrem instal·lar tres estacions termomètriques: dues de situades prop de la base, a 510 m d'altitud, l'una al solell (inclinada 20° al S) i l'altra a l'obaga (15° al N), i la tercera a la carena. Aquestes estacions estaven situades en tres tipus diferents de pastures: la del solell, en un llistonar (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*); la de l'obaga, en una joncada mesòfila (*Plantagini-Aphyllanthetum*), i la de la carena, en una joncada seca (*Brachypodio-Aphyllanthetum typicum*). En la figura 9 s'indica la posició d'aquestes estacions en el turó (N: obaga, S: solell, C: carena).

Cada estació constava d'una cabina termomètrica amb dos termòmetres horitzontals, un de màxima i un de mínima, amb una precisió de 0,5 °C, situats a 1,20 m de terra i seguint les recomanacions per a les mesures estàndard (protegits de la insolació directa, etc.; Font, 1989). A més, vàrem col·locar un termòmetre de màxima i mínima (de paret) a la base de la cabina, a 0,2 m de terra, protegit també de la insolació. Aquest termòmetre va permetre conèixer les condicions tèrmiques que influeixen directament sobre la vegetació herbàcia, amb la qual cosa es van poder fer comparacions entre les pastures estudiades. Els dos termòme-

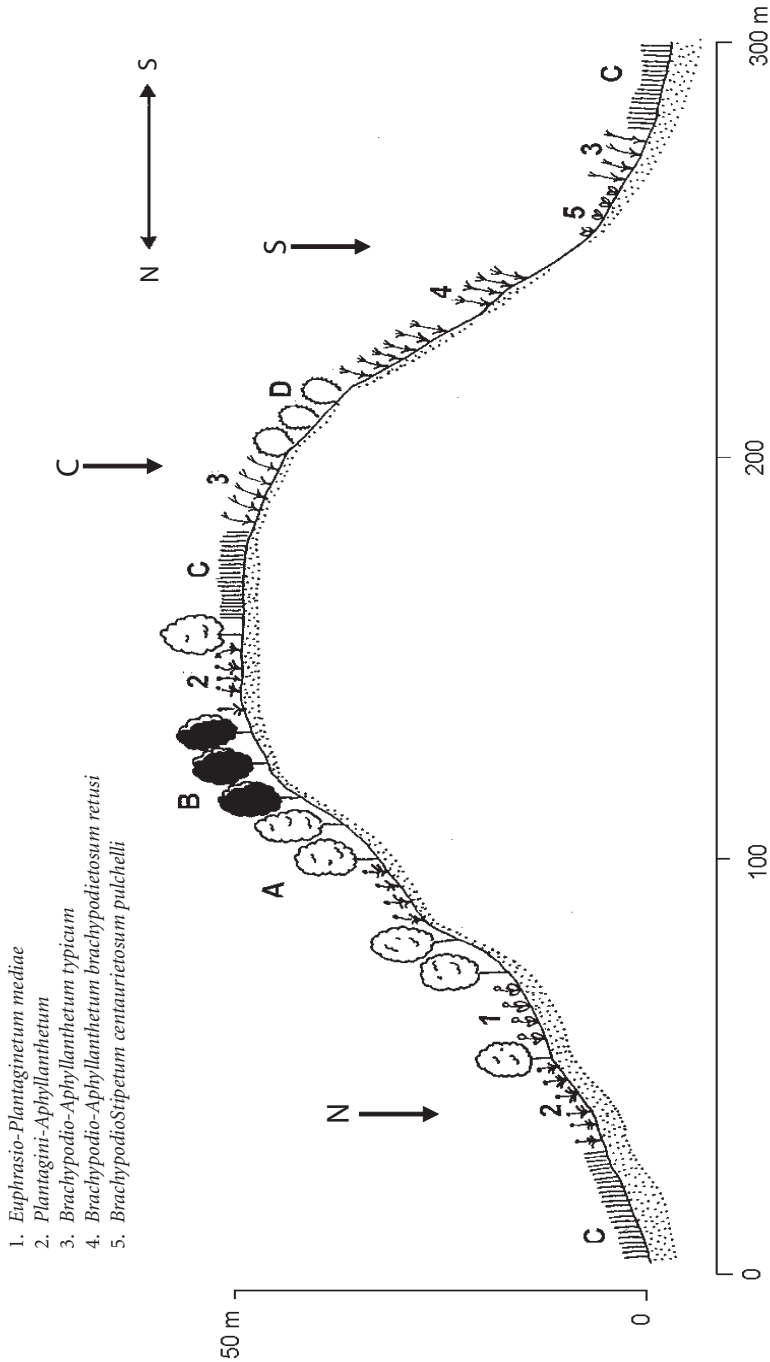


FIGURA 9. Perfil idealitzat d'un turó. Les fletxes indiquen la posició de les estacions termomètriques instal·lades en relació amb la topografia i les comunitats pradenques. N: obaga; S: carena; C: rouredes (*Buxo-Quercetum pubescentis*); B: grup d'alzines; C: conreus; D: garrigues.

tres situats a 1,2 m registraven les temperatures ambientals i varen permetre contrastar els registres obtinguts amb els de les estacions oficials més properes.

Des del maig de 1985 fins al febrer de 1987 vàrem anotar les temperatures màximes i mínimes absolutes setmanals registrades per tots els termòmetres. A partir d'aquestes lectures, vàrem calcular les temperatures mitjanes i les amplituds tèrmiques setmanals corresponents.

Basant-nos en els registres propis i en les dades facilitades per l'observatori de Vic, hem fet la comparació de les temperatures màximes i mínimes i de les amplituds tèrmiques en relació amb la localitat, la situació topogràfica i l'altura sobre el nivell de terra.

L'anàlisi estadística dels resultats s'ha fet mitjançant el programa estadístic SPSS (v. 6.0). Per analitzar les diferències entre registres tèrmics vàrem aplicar un contrast no paramètric, mitjançant la prova de Kruskal-Wallis, atès que les dades no seguien una distribució normal (Sokal i Rohlf, 1995).

3.3. DADES CLIMÀTIQUES DEL PERÍODE D'ESTUDI

En la taula 5 figuren les temperatures mitjanes anuals i les precipitacions de l'observatori de Vic corresponents als anys 1985 i 1986, anys en què va transcórrer la fase de camp d'aquest estudi. En la figura 10 es representen les temperatures mitjanes i les temperatures màximes i mínimes absolutes mensuals; i en la figura 11, les precipitacions mensuals.

L'any 1985 va ser molt fred a l'hivern, força calorós a l'estiu i amb poques precipitacions. El mes de gener d'aquest any s'hi va enregistrar la temperatura mínima més baixa des del 1951 (amb -18°C ; aquesta mínima també es va registrar el gener de 1971). Si les temperatures mitjanes de l'hivern van ser més baixes que les habituals, les temperatures màximes de l'estiu i de la tardor varen ser més altes que la mitjana del període 1951-1990 (figura 10), de manera que l'amplitud tèrmica d'aquest any va ser molt acusada ($23,9^{\circ}\text{C}$).

El 1985 va ser l'any més sec des del 1951, amb una precipitació total de 460 mm només. Els mesos més plujosos varen ser el maig, amb 102,7 mm, el

TAULA 5
Temperatures i precipitacions anuals dels anys 1985 i 1986, i de la sèrie 1951-1990 de l'observatori de Vic

	1985	1986	1951-1990
T mitjana ($^{\circ}\text{C}$)	12,5	12,5	12,7
T màxima absoluta ($^{\circ}\text{C}$)	36,8	37	35,7
T mínima absoluta ($^{\circ}\text{C}$)	-18	-10,6	-9,2
Precipitació (mm)	460,3	548,6	726,9

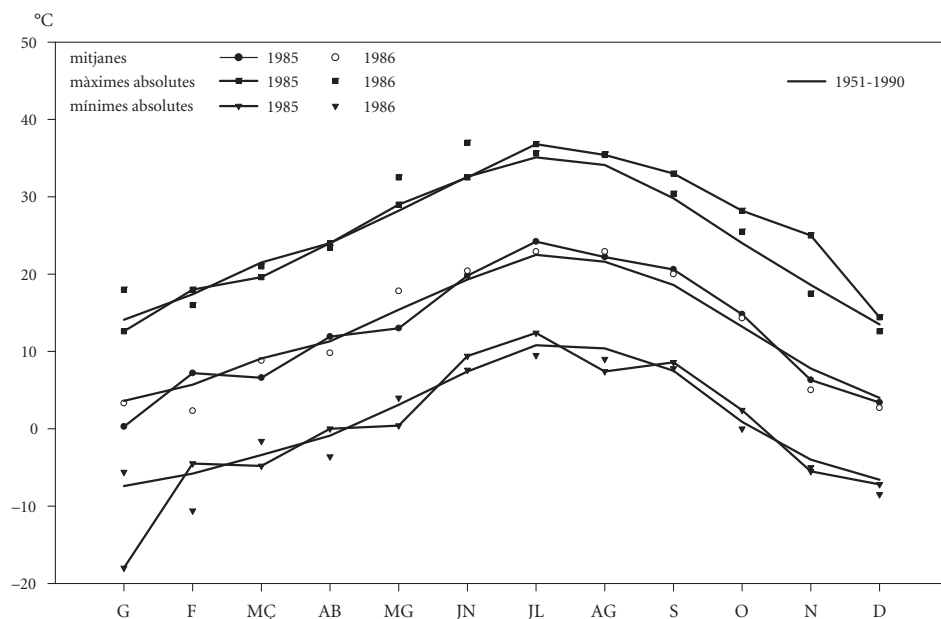


FIGURA 10. Temperatures mitjanes mensuals i temperatures màximes i mínimes absolutes mensuals dels anys 1985 i 1986 i de la sèrie 1951-1990, corresponents a l'observatori de Vic.

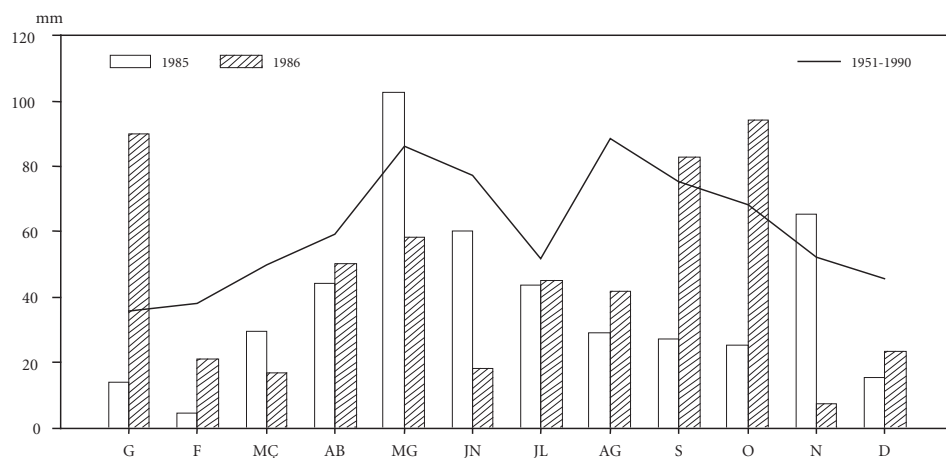


FIGURA 11. Precipitacions mensuals dels anys 1985 i 1986 i de la sèrie 1951-1990, corresponents a l'observatori de Vic.

novembre i el juny, amb 65 i 60 mm respectivament. En canvi, els altres mesos habitualment plujosos (agost, setembre i octubre) varen ser anormalment secs, amb menys de 30 mm de precipitació. La resta de l'any les precipitacions també varen ser baixes, molt per sota dels valors mitjans (figura 11).

L'any 1986 va ser un any amb una primavera especialment càlida i amb molt poques precipitacions. Els mesos de maig i juny s'hi varen assolir les temperatures màximes més altes enregistrades fins llavors (32,5 °C el maig i 37 °C el juny). La temperatura mitjana d'aquests dos mesos i la dels mesos d'estiu i tardor també van ser superiors als valors mitjans. Les mínimes de l'hivern varen ser força baixes, amb un mínim absoluta no tan baixa com l'any anterior, però sí per sota del valor mitjà del període 1951-1990 (figura 10). L'amplitud tèrmica, tot i ser més baixa que el 1985, hi va ser també alta (20,6 °C). La precipitació anual, més alta que el 1985, va quedar també molt per sota dels valors mitjans (només 549 mm). A diferència de l'any anterior, la primavera va ser molt seca, amb molt poques precipitacions els mesos de maig i juny. La tardor, en canvi, va ser més plujosa, amb els valors habituals de precipitació per a aquests mesos (figura 11).

En resum, tots dos anys van ser més aviat secs. El 1985 la primavera va ser més aviat humida, però la tardor anormalment seca. En canvi, el 1986 la primavera va ser excepcionalment seca i càlida, mentre que els mesos de setembre i octubre varen ser plujosos. Quant a les temperatures, les mínimes hivernals foren molt baixes i les màximes de la primavera i de l'estiu molt altes.

Les dades climàtiques d'aquests dos anys posen de manifest la important variació climàtica interanual que hi ha a la zona.

3.4. RESULTATS

A l'annex 1 es recullen els registres de temperatures obtinguts a les tres estacions durant el període d'estudi.

3.4.1. *Comparació entre les estacions i l'observatori de Vic*

Les úniques dades comparables entre les nostres estacions i l'observatori de Vic són les temperatures màximes i mínimes absolutes a 1,2 m de terra (figura 12). En general, les màximes absolutes de totes les estacions experimentals varen ser, gairebé tot l'any, entre 2 i 8 °C més altes que les de l'observatori de Vic. Les mínimes absolutes també varen ser més baixes que les de Vic, bé que en menor grau. En la taula 6 es presenten els valors de les màximes i de les mínimes absolutes enregistrats l'any 1986 durant els mesos més freds i els més càlids a les estacions experimentals (a 1,2 m) i a l'observatori de Vic.

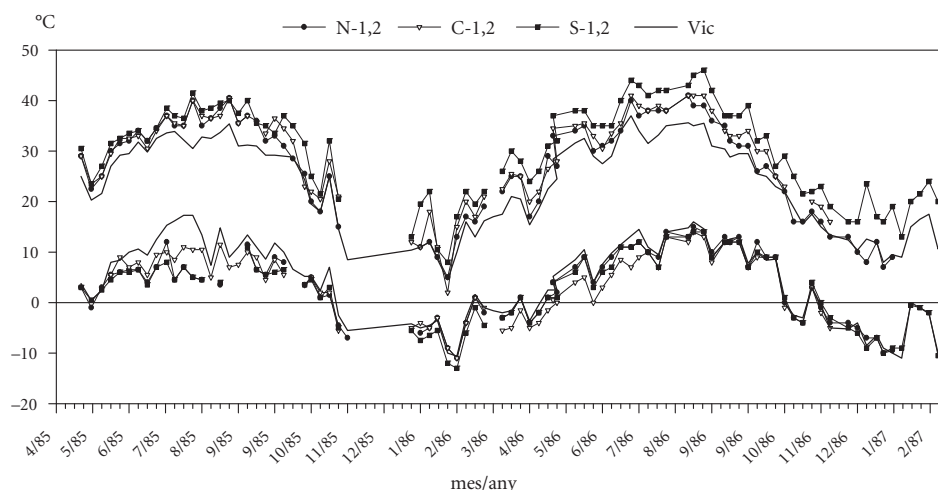


FIGURA 12. Temperatures màximes i mínimes absolutes setmanals del període d'estudi a les tres estacions experimentals, a 1,2 m (N: obaga; C: carena; S: solell) i a l'observatori de Vic.

En la taula 7 es recullen les mitjanes de les diferències entre les estacions termomètriques i l'observatori de Vic en relació amb tot el període d'estudi i les estacions anuals. Hi ha diferències significatives en les temperatures màximes i en l'amplitud tèrmica entre cadascuna de les estacions i l'observatori de Vic durant tot el període d'estudi. A més a més, els mesos d'estiu (juny, juliol i agost) hi ha diferències significatives en les temperatures mínimes. A l'hivern (desembre, gener i febrer) les diferències són menys acusades i no són significatives, excepte al solell.

TAULA 6

Temperatures màximes i mínimes absolutes (en °C) dels mesos més freds (gener-febrer) i dels més calents (juliol-agost) de l'any 1986, enregistrades a l'observatori de Vic i a les estacions experimentals de Puig-rodon a 1,2 m

	T mínima absoluta		T màxima absoluta	
	gener-febrer (1986)	juliol-agost (1986)	gener-febrer (1986)	juliol-agost (1986)
Vic	-10,6	9,5	18	35,6
Estació nord (1,2 m)	-11	10	17	41
Estació de la carena (1,2 m)	-11	8	20	41
Estació sud (1,2 m)	-13	9	22	46

TAULA 7

*Mitjanes de les diferències entre les temperatures màximes, mínimes i mitjanes i entre les amplituds tèrmiques, i nivells de significació (α) de l'estadístic Xi-quadrat obtinguts amb el test de Kruskal-Wallis. Les comparacions s'han fet: entre les estacions (a 1,2 m) i l'observatori de Vic, entre els dos nivells (1,2 i 0,2 m) i entre totes tres estacions (a 0,2 m); durant tot el període d'estudi (total: V/1985 a II/1987) i en diferents èpoques de l'any (primavera: III, IV i V; estiu: VI, VII i VIII; tardor: IX, X i XI; hivern: XII, I i II). *: $\alpha = 0,05$; **, $\alpha = 0,01$; ***, $\alpha = 0,0001$. N: obaga; C: carena; S: solell*

Estacions considerades	Màximes			Mínimes		
	Total	Primavera	Estiu	Tardor	Hivern	Total
Vic/estacions						
N - Vic	2,28*	3,01	3,64***	1,47	0,17	-1,7
C - Vic	3,73***	3,87*	4,08***	3,65*	2,56	-2,4
S - Vic	6,39***	6,43**	6,46***	6,43**	6,21***	-2,05
Nivells (1,2-0,2)						
3 estacions	-1,29	-1,98	-2,42***	-0,29	0,44	-0,19
N	-2,47	-2,28	-4,29***	-1,08	-0,29	-0,39
C	-0,52	-1,36	-0,3	0,1	-1	0,59*
S	-1,01	-2,31	-2,76*	-0,04	1,2	-0,67
Estacions						
3 estacions	2,14	2,39	0,93***	2,66	3,05	0,11
S - N	3,17	3,58	1,33	4,14	4,54*	0,03
C - N	-0,49	-0,05	-3,54**	1,08	2,31	-1,76*
S - C	3,48*	3,63	4,84***	2,75	2,45	1,78
Amplitud tèrmica						
Vic/estacions						
N - Vic	0,26	1	-0,21	0,26	0,03	3,93***
C - Vic	0,68*	0,54	0,28	1,07	1,23	6,17***
S - Vic	2,18	2,57	1,03	2,61	2,61*	8,47***
Nivells (1,2-0,2)						
3 estacions	-0,7	-0,91	-1,72***	-0,14	0,65	-1,03**
N	-1,32	-1,11	-2,63**	-0,54	0	-1,92*
C	0,07	-0,31	-0,16	0,33	0,86	-1,02
S	-0,83	-1,13	-2,7*	-0,23	0,8	-0,33
Estacions						
3 estacions	1,16	1,22	0,69***	1,38	1,48	2,01**
S - N	1,61	1,76	0,98	1,99	2,02	3,07**
C - N	-1,13	-1,32	-2,35**	-0,18	0,08	1,21
S - C	2,67*	3,18*	3,32***	2,08	2,05	1,78*
Amplitud tèrmica						
Vic/estacions						
N - Vic	0,27	2,57*	7,46***	2,57*	0,27	3,93***
C - Vic	2,66	5,2**	7,61***	5,2**	2,66	6,17***
S - Vic	7,21***	7,65***	11,08***	7,65***	7,21***	8,47***
Nivells (1,2-0,2)						
3 estacions	-0,41	-0,49	-1,06**	-0,49	-0,41	-1,03**
N	-0,57	-0,97	-2,88***	-0,97	-0,57	-1,92*
C	-3,71*	-0,75	-0,28	-0,75	-3,71*	-1,02
S	0,8	0,11	-0,14	0,11	0,8	-0,33
Estacions						
3 estacions	3,12**	2,54*	0,49*	2,54*	3,12**	2,01**
S - N	5,04**	4,15*	0,71	4,15*	5,04**	3,07**
C - N	4,46**	2,53	-2,38	2,53	4,46**	1,21
S - C	0,79	1,35	3,04**	1,35	0,79	1,78*

3.4.2. *Comparació entre les temperatures a 1,2 m i a 0,2 m*

A totes tres estacions, les temperatures màximes varen ser en general més altes a 0,2 m que a 1,2 m (figura 13). Als vessants nord i sud, aquestes diferències foren més grans i significatives a l'estiu (uns 2-4 °C de mitjana) que a l'hivern (0,3 °C de mitjana). Els mesos de primavera i estiu, les màximes setmanals varen presentar, entre ambdós nivells, diferències de 3 a 6 °C a l'obaga i d'1 a 6 °C al solell (taula 7). Durant la tardor i l'hivern les diferències es varen moure entre 1 i 3 °C a totes dues estacions. A la carena, en canvi, les diferències observades varen ser més petites i no significatives, més grans a l'hivern i a la primavera (1-3 °C) que no pas a l'estiu i a la tardor (0-2 °C).

Les mínimes varen ser lleugerament més baixes a 0,2 m que a 1,2 m durant l'estiu i la tardor, mentre que a l'hivern i a la primavera varen ser una mica més altes (figura 13). En general, les diferències varen ser més petites que les observades entre les màximes i no varen ser significatives; les més acusades varen donar-se a l'estiu en els vessants i a l'hivern a la carena (taula 7).

L'amplitud tèrmica va ser més acusada a 0,2 m que a 1,2 m, excepte al solell durant els mesos de tardor i hivern (figura 14 i taula 7). Les diferències més importants i significatives es van donar a l'estiu a l'obaga (entre 2 i 6 °C) i a l'hivern a la carena (2-6 °C).

Les mitjanes setmanals presenten menys diferències entre ambdós nivells (figura 15). Són una mica més altes i significatives les de 0,2 m a l'estiu en tots dos vessants (1-3 °C), i poc més baixes (0-1 °C) i no significatives les d'aquest mateix nivell a la carena (taula 7).

3.4.3. *Comparació de les temperatures a 0,2 m entre obaga, solana i carena*

Les temperatures màximes a 0,2 m varen ser sempre més altes a l'estació del solell i quasi sempre més baixes a la de l'obaga, excepte durant les setmanes més càlides (juliol i agost), en què a la carena hi va haver màximes una mica més baixes que a l'obaga (figura 16). En termes generals (mitjanes estacionals i anuals: taula 8), l'estació del solell també va registrar temperatures netament superiors. Les màximes més altes enregistrades varen superar els 40 °C (44 °C a l'obaga, 42 °C a la carena i 46 °C al solell) l'última setmana de juny, després d'una primavera anormalment càlida i seca, i també a mitjan agost (al solell es va arribar a 49 °C). A la taula 7 es recullen les mitjanes de les diferències entre les estacions en relació amb tot el període d'estudi i en diferents èpoques de l'any. Les diferències més acusades i significatives varen donar-se a l'estiu entre la carena i els vessants, i a l'hivern entre l'un vessant i altre (solell i obaga).

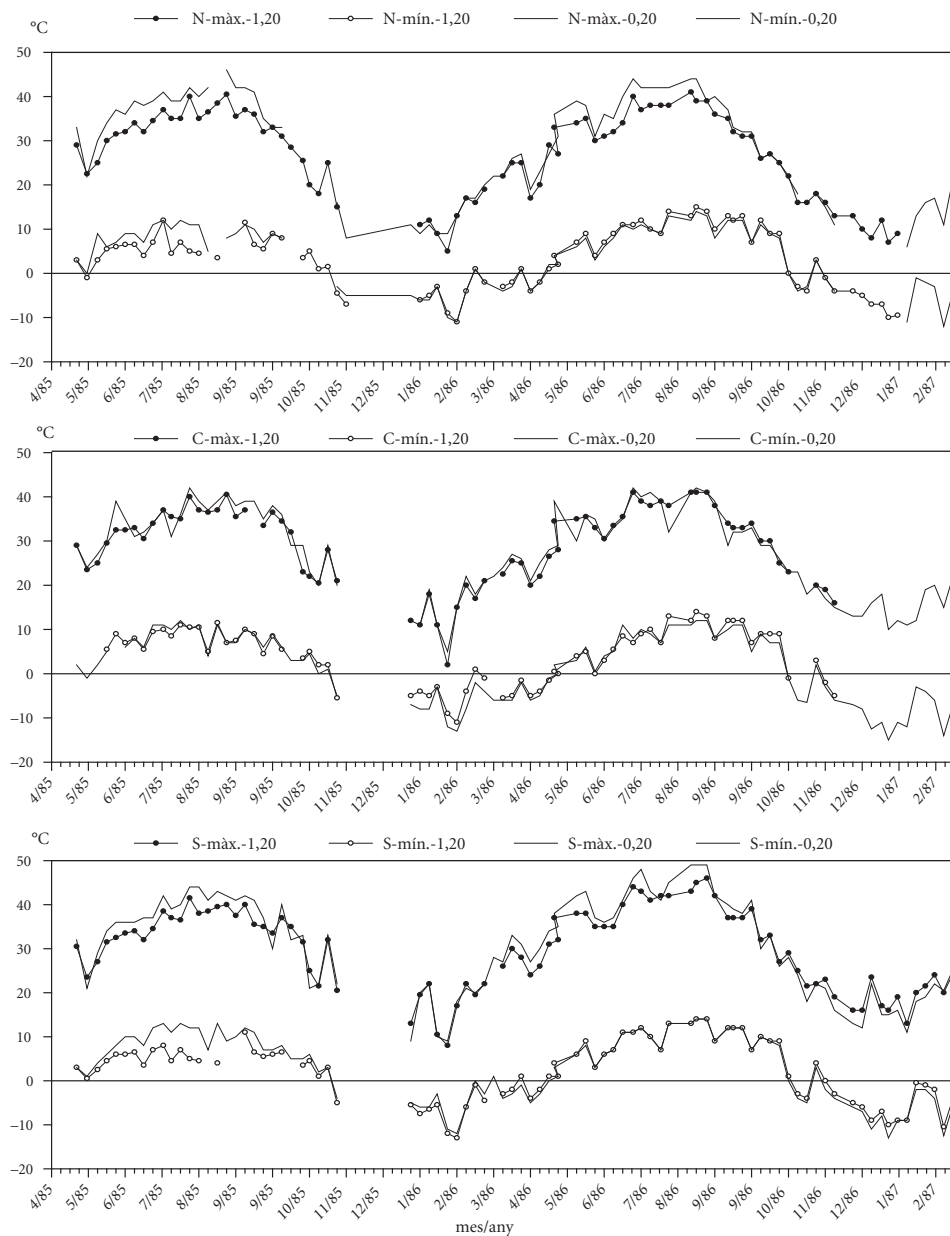


FIGURA 13. Temperatures màximes i mínimes absolutes setmanals durant el període d'estudi als dos nivells (1,20 i 0,20 m) de cadascuna de les tres estacions experimentals (N: obaga, gràfic superior; C: carena, centre; S: solell, gràfic inferior).

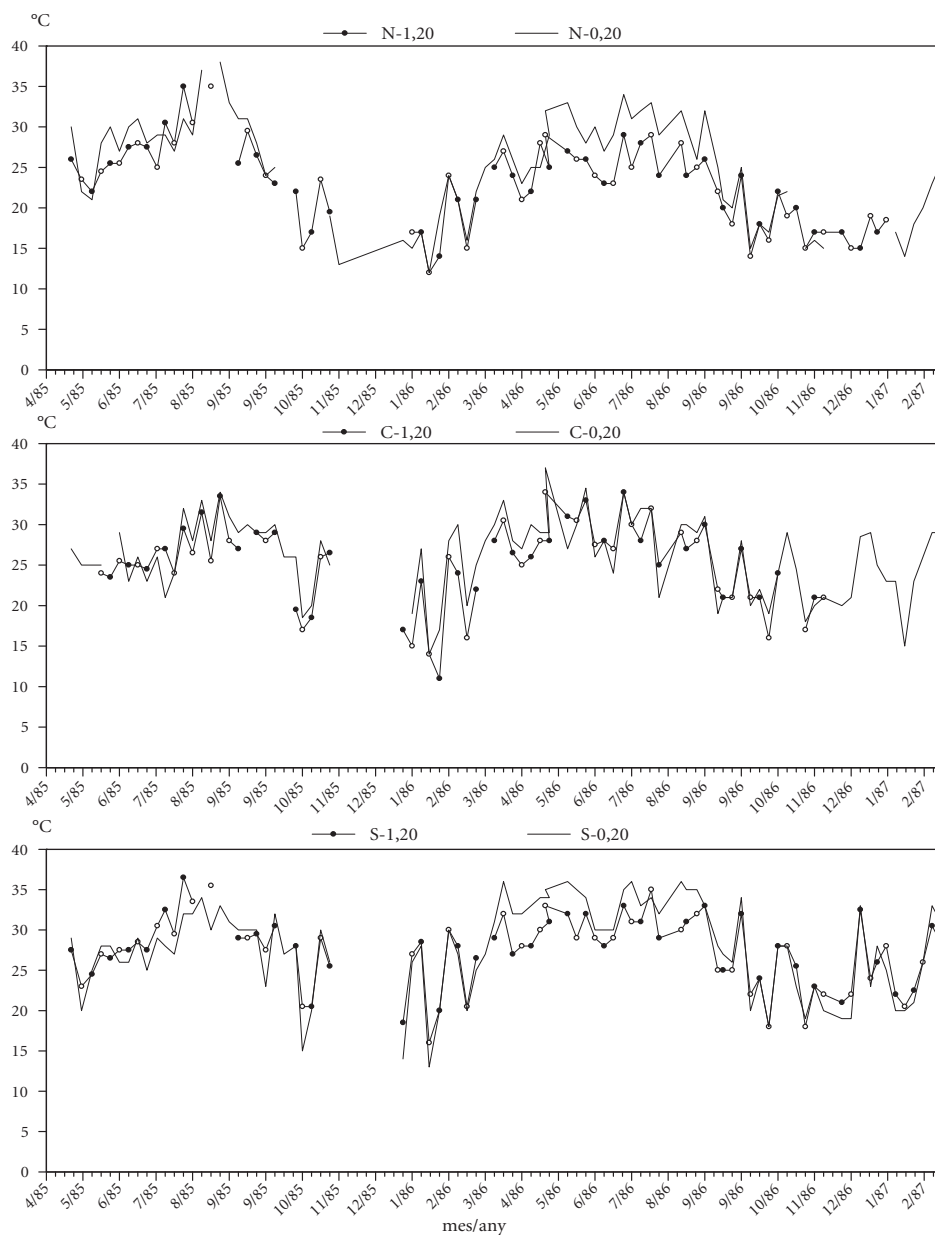


FIGURA 14. Amplituds tèrmiques setmanals durant el període d'estudi als dos nivells (1,20 i 0,20 m) de cadascuna de les tres estacions experimentals (N: obaga, gràfic superior; C: carena, centre; S: solell, gràfic inferior).

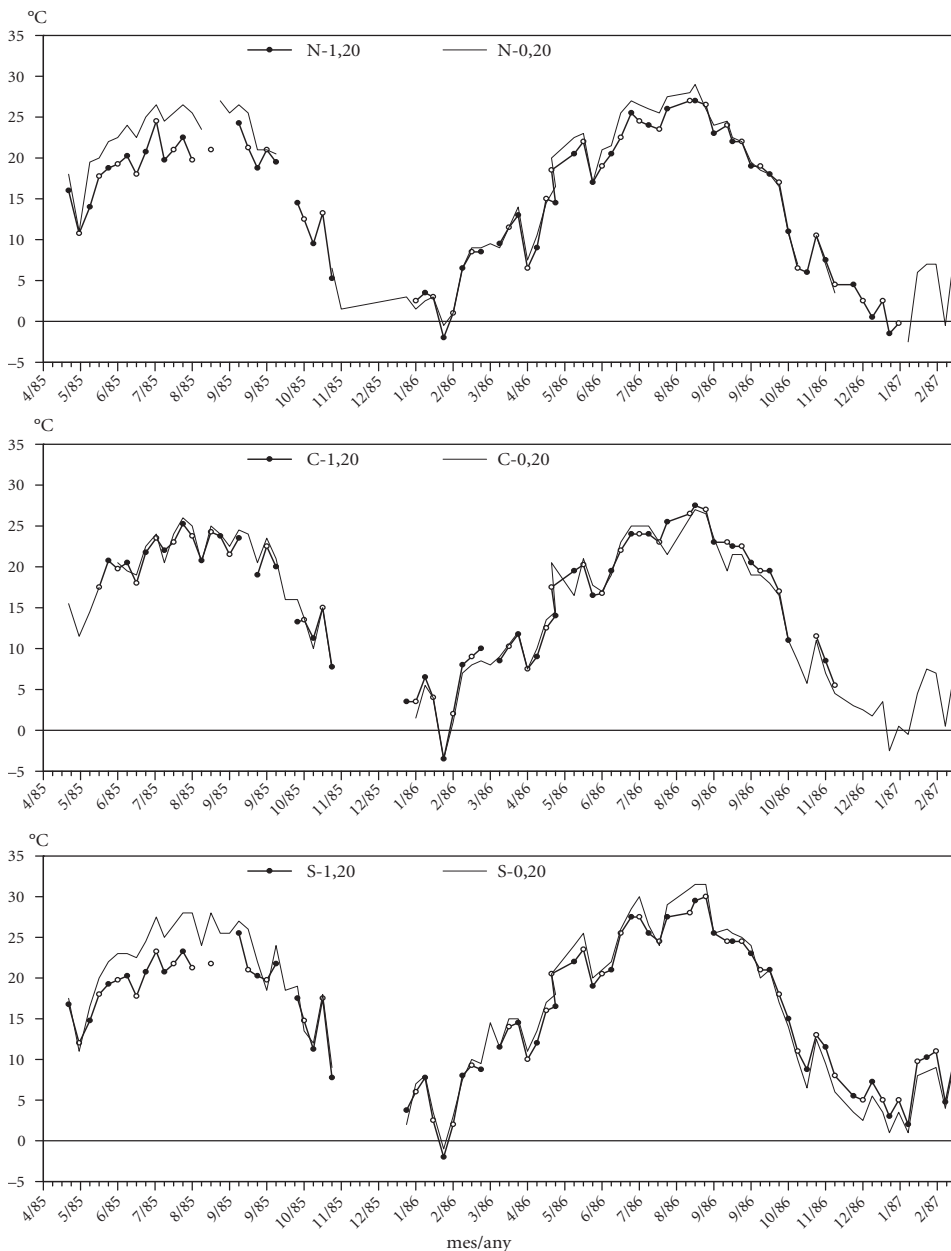


FIGURA 15. Temperatures mitjanes setmanals durant el període d'estudi als dos nivells (1,20 i 0,20 m) de cadascuna de les tres estacions experimentals (N: obaga, gràfic superior; C: carena, centre; S: solell, gràfic inferior).

Les mínimes varen ser en general una mica més baixes a la carena i varen romandre més altes a l'obaga (figura 16 i taula 8). Les mínimes més baixes es varen assolir el mes de febrer del 1986 (-11°C a l'obaga, -13°C a la carena i -12°C al solell). Les diferències més grans es van donar entre la carena i els vessants (taula 7), i van ser significatives a l'estiu entre solell i carena, i a l'hivern i a la primavera entre carena i obaga. Entre solell i obaga les diferències van ser inapreciables o petites, pel cap alt d' 1 a 2°C . Cal destacar que, en general, les diferències entre temperatures mínimes van ser inferiors a les diferències entre màximes.

L'amplitud tèrmica setmanal segueix un patró semblant a totes tres estacions (figura 16). Tot i tenir molts alts i baixos, és sempre moderada a l'hivern i alta a la resta de l'any, amb valors màxims de 30 - 38°C , sobretot a l'estiu. Les fluctuacions són especialment pronunciades al solell i a la carena, on poden alternar-se setmanes amb valors d'amplitud tèrmica molt diferents (entre 15 i 30°C , per exemple), i una mica més regulars a l'obaga. En general, l'estació del solell va presentar amplituds tèrmiques més elevades, i la de l'obaga, més moderades (taula 8). Entre estacions, les diferències de l'amplitud tèrmica són més grans i significatives entre el vessant nord i el sud, i romanen altes (1 - 6°C , fins i tot 8 - 9°C) durant gairebé tot l'any (taula 7). Entre la carena i els vessants hi ha menys diferències; són altes i significatives a l'estiu (2 - 6°C) en relació amb el solell, i a l'hivern en relació amb l'obaga (2 - 4°C).

Les mitjanes setmanals varen ser en general més altes al solell i més baixes a la carena (figura 16 i taula 8). Les diferències varen ser altes (2 - 4°C) i significatives a l'estiu entre la carena i els vessants, i a la primavera entre la carena i el solell (taula 7). Entre ambdós vessants les diferències són més petites i no significatives.

3.5. DISCUSSIÓ

Les diferències observades entre els registres de temperatura de les estacions experimentals i les de l'observatori de Vic posen de manifest que al voltant dels turons es donen condicions tèrmiques més extremes que les normals del clima general del territori, especialment durant els mesos més càlids. Cardona (1980), estudiant comunitats vegetals mediterrànies, també va observar desviacions similars en les temperatures entre mesoclima i topoclimes.

Les condicions tèrmiques prop del sòl ($0,2$ m), directament influents sobre les plantes i les comunitats pradenques, són una mica més extremes que les estàndard a $1,2$ m. Les diferències són importants durant els períodes càlids i secs (estiu), i, en canvi, petites i no significatives a l'hivern i durant els

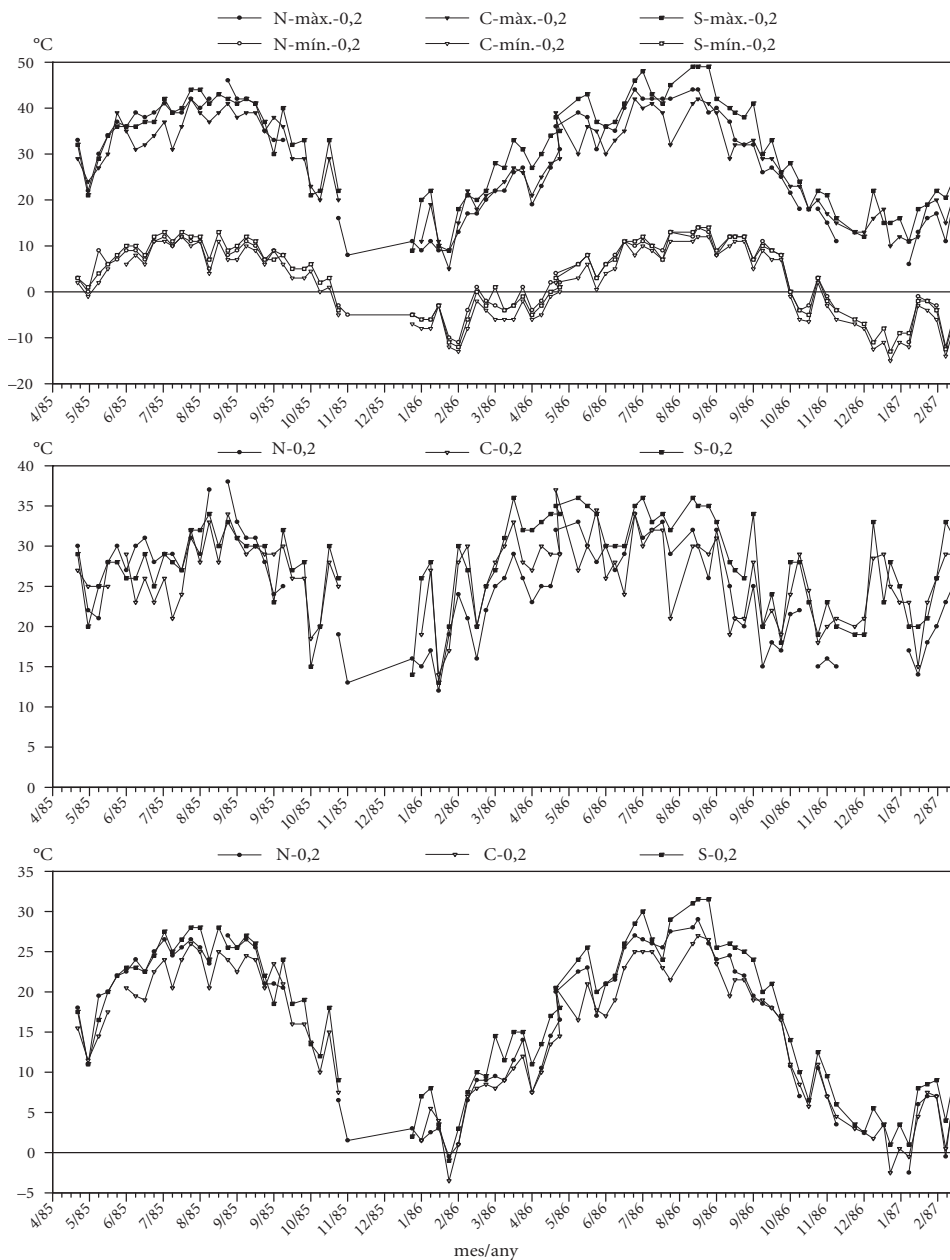


FIGURA 16. Temperatures màximes i mínimes setmanals absolutes (gràfic superior), amplitud tèrmica setmanal (centre) i mitjanes setmanals (gràfic inferior) registrades a 0,2 m del sòl a totes tres estacions durant el període d'estudi (N: obaga; C: carena; S: solell).

TAULA 8

Mitjanes de les temperatures màximes, mínimes i mitjanes i de l'amplitud tèrmica (en °C), al nivell de 0,2 m, a cadascuna de les estacions experimentals, considerant tot un període anual (1986) i les èpoques de l'any

<i>Períodes</i>	<i>N (obaga)</i>	<i>C (carena)</i>	<i>S (solell)</i>
<i>Màximes</i>			
Total	28,90	27,70	30,93
Anual (1986)	27,61	26,81	30,71
Primavera	28,32	28,26	31,89
Estiu	40,54	37,08	41,92
Tardor	26,50	27,63	30,38
Hivern	13,00	14,89	16,93
<i>Mínimes</i>			
Total	3,87	1,40	3,24
Anual (1986)	3,28	0,70	2,35
Primavera	1,89	-0,86	1,84
Estiu	9,96	8,88	10,68
Tardor	4,95	3,58	5,00
Hivern	-5,93	-8,53	-6,85
<i>Amplitud tèrmica</i>			
Total	24,94	26,07	27,69
Anual (1986)	24,19	25,95	28,37
Primavera	26,42	28,53	30,05
Estiu	30,58	28,20	31,24
Tardor	21,13	24,04	25,38
Hivern	18,43	23,50	23,78
<i>Mitjanes</i>			
Total	16,43	14,53	17,08
Anual (1986)	15,52	13,84	16,53
Primavera	15,11	13,40	16,87
Estiu	25,25	22,98	26,30
Tardor	15,93	15,60	17,69
Hivern	3,79	3,14	5,04

períodes de més precipitació (primavera i tardor). Segons Choisnel i Payen (1984), quan hi ha un dèficit de precipitació i el sol és sec, la temperatura ran de terra és superior a la de l'aire a causa de la reducció del flux d'evapotranspiració. En canvi, en sòls humits, la temperatura ran de terra és inferior o igual a la de l'aire.

Que al solell les màximes absolutes atenyin valors extrems a 0,2 m s'explica per la intensa radiació que arriba a terra durant l'estiu, l'escassa circulació d'aire en aquest nivell i el dèficit hídric del sol. Font (1989), en l'estudi de les pastures de la Cerdanya, també va observar valors de temperatura molt diferents arran de terra i a 1,5 m, amb màximes estivals molt altes als vessants soles. A la carena, les diferències entre l'un nivell i l'altre són menys acusades o quasi nul·les a causa del fet que hi ha més circulació d'aire.

Les comunitats més xeròfiles s'adapten als llocs on hi ha, ran de terra, una evapotranspiració superior a la que es podria calcular a partir de les dades estàndard a conseqüència de les elevades temperatures màximes (i de les diürnes en general). La temperatura atmosfèrica actua sobre la vegetació a través de l'evapotranspiració diferencial i del control del metabolisme (Stoutjesdijk i Barkman, 1992). Com que els mesos freds representen una època de repòs per a la vegetació, la distribució topogràfica dels diferents tipus de pastures s'ha d'atribuir sobretot als valors de les màximes estivals.

El llistonar (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*) del solell destaca, en esguard de les altres comunitats pradenques, per l'alta proporció de camèfits (47 %), entre els quals figura la gramínia dominant (*Brachypodium retusum*). La predominança del llistó fa que aquesta comunitat tingui un recobriment basal força baix i que la major part de les estructures més sensibles (fulles, brots) s'hi desenvolupin a una certa distància del sòl. A escala general, es pot dir que la diferència més notable entre la vegetació no forestal centreeuropea i la mediterrània és que en aquesta darrera hi ha molts camèfits i pocs hemicriptòfits, plantes herbàcies amb les gemmes arran de terra (Shmida i Burgess, 1988; Walter, 1998).

Els factors topogràfics (orientació i pendent) tenen un significat directe en el microclima, com a condicionants de la quantitat de radiació solar incident. Com és sabut, a l'hemisferi nord, els vessants obacs reben menys radiació que els orientats al sud, els quals tenen també temperatures més elevades. En el nostre territori, les diferències de radiació condicionen un dèficit hídric molt més gran al solell que a l'obac.

Així, doncs, les diferències tèrmiques observades entre les diferents estacions, en general més grans en el cas de les temperatures màximes que en el de les mínimes, cal atribuir-les a la quantitat de radiació rebuda i a l'efecte del vent. En l'exposició al sud, la quantitat de radiació rebuda és més gran; això explica que les temperatures màximes i l'amplitud tèrmica hi siguin més altes. El fet que les temperatures màximes de l'estació de la carena són més semblants a les de l'obaga que a les del solell cal atribuir-lo a l'efecte refrescant de les brises, especialment intenses als llocs elevats, car la insolació tota sola provocaria que la carena tingués unes condicions tèrmiques intermèdies entre les d'ambdós vessants. Les temperatures mínimes són, en general, més baixes a la carena que als vessants, i això està relacionat també amb la incidència dels vents.

Les diferències tèrmiques no deuen condicionar, per si soles, que les espècies mediterrànies predominin en un vessant i les centreeuropees a l'altre. L'explicació ha de cercar-se en el control que exerceix l'evapotranspiració, la qual depèn del balanç de radiació. Les zones que reben més insolació són les que tenen una evapotranspiració més alta (Isard, 1986). Probablement les pe-

tites diferències de temperatura determinen condicions d'humitat atmosfèrica força diverses, condicions que incideixen en el balanç hídric dels sòls d'ambdós vessants. El diferent nombre d'hores d'insolació entre l'un vessant i l'altre també deu influir en la humitat ambiental i, per tant, en l'evapotranspiració. Cardona (1980) va observar que les comunitats situades als indrets amb més humitat ambiental presentaven també temperatures màximes i mínimes més baixes.

A les zones on les temperatures mínimes no són limitants, el factor que actua directament sobre la vegetació és la disponibilitat hídrica (Woodward, 1987). Segons Orshan (1983), a les terres mediterrànies i submediterrànies el principal factor limitant per a la vegetació és el dèficit d'aigua a l'estiu.

Paral·lelament a l'estudi de les temperatures, en aquest turó també es va fer un seguiment de la humitat del sòl, en l'horitzó de màxim arrelament (5-10 cm de profunditat), en parcel·les situades als mateixos llocs on hi havia les estacions termomètriques de l'obaga i del solell. Els resultats d'aquest estudi es presenten en el capítol següent (vegeu el capítol 4). Aquí assenyalem només que el percentatge d'aigua del sòl a 5-10 cm de profunditat va ser sempre més alt a l'obaga que al solell. El sòl de l'obaga presenta només un període de pocs mesos d'estrès hídric a l'estiu, mentre que el del solell es troba en aquest estat la major part de l'any, excepte en alguns períodes irregulars entre l'hivern i la primavera. Cal tenir en compte, però, que, en prendre les mesures al nivell de màxim arrelament, no es tenen en consideració el proveïment hídric a càrrec de les capes inferiors del sòl ni la distribució espacial de les arrels (Hillel, 1982). Precisament, les comunitats subarbustives mediterrànies subsisteixen més bé que les herbàcies perquè el seu sistema radical difús s'endinsa a una certa profunditat. I això explica que les pastures cespitoses (*Plantagini-Aphyllanthesetum*) cedeixin els solells més extrems als llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi*).

La poca disponibilitat hídrica del solell a partir de mitjan primavera deu ser un factor limitant molt decisiu. Les plantes mediterrànies són menys sensibles al període sec, mentre que les centreeuropees no suporten tan bé el dèficit hídric ni les temperatures elevades (Moreno *et al.*, 1990). L'elevat estrès hídric del solell en comparació de l'obaga es manifesta no solament en el recobriment més baix i en la major proporció de camèfits de les pastures seques de llistó (*Brachypodium retusum*), sinó també en el llarg període de repòs estival forçat per estrès (Guàrdia *et al.*, 1998), en la taxa de renovació, en la proporció d'òrgans fotosintètics i en la productivitat. A l'extrem oposat, les pastures mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesetum*), que tenen un recobriment pràcticament total (99 %), un clar predomini dels hemicriptòfits (78 %) i una bona representació de l'element centreeuropeu (34 %), ocupen els indrets de condicions

tèrmiques menys extremes, dèficit hídric menys intens i bona disponibilitat hídrica durant la major part de l'any. A les parts culminants, planes, sota condicions ambientals en molts aspectes intermèdies, hi apareixen les pastures mesoxerófiles del *Brachypodio-Aphyllanthetum typicum*, de transició entre les altres dues.

La distribució espacial de les pastures de la plana de Vic cal atribuir-la, doncs, a uns quants factors bioclimàtics dependents de la radiació rebuda que es potencien entre si: temperatures, humitat ambiental i evapotranspiració. Aquests factors determinen el balanç hídric del sòl i, per tant, la possibilitat de colonització pels vegetals.

4. Factors edàfics

4.1. INTRODUCCIÓ

El sòl és el resultat de la transformació de la roca mare, o del material originari, sota la influència del clima i la vegetació. La composició mineralògica i les característiques físiques i químiques del material originari en condicionen la pròpia transformació i la del sòl. El clima modula la velocitat d'alteració dels minerals, la descomposició de la matèria orgànica i les migracions de substàncies (Porta, 1985). De la vegetació en depenen la quantitat i la qualitat de matèria orgànica aportada i la seva distribució dins el sòl. A banda d'això, la coberta vegetal incideix directament en els processos erosius i en el microclima (Pouget, 1980); indirectament un estrat vegetal dens protegeix contra l'erosió.

A gran escala, les característiques i la distribució dels sòls depenen sobretot del macroclima. En canvi, localment el relleu hi té una gran importància per efecte especialment del pendent, l'orientació, la generació de topoclimes i la redistribució de l'aigua de pluja. L'acció del relleu sobre el règim d'aigua té una gran importància en la edafogènesi (Duchafour, 1987). Sovint s'observen catenes o toposeqüències edàfiques (seqüències de tipus de sòl) estretament associades al relleu (Acton, 1992); hi ha relacions evidents entre unitats geomorfològiques i unitats edàfiques.

El sòl actua com a suport i com a font de subministrament de nutrients per a les plantes. Per tant, el creixement i el desenvolupament de la vegetació estan directament relacionats amb les característiques edàfiques. Les condicions fisiològiques que ofereix el sòl a la comunitat vegetal concerneixen la disponibilitat de nutrients i d'aigua, la temperatura, l'airejament i les facilitats d'arrelament i de fixació de les plantes (Braun-Blanquet, 1979).

Nombrosos estudis (Díaz Pineda, 1989; Menghi *et al.*, 1993; Fitter, 1982; Greig-Smith, 1979; Nahal, 1982; Vinton i Burke, 1995; Pagnota *et al.*, 1997; Ramírez-Sanz *et al.*, 2000) subratllen la relació que es dona entre diversitat de la vegetació i diversitat de sòls. L'estudi de la distribució de les pastures a escala local no pot deixar de banda l'anàlisi de les característiques dels sòls (Burke *et al.*, 1999). De manera general, els factors edafoclimàtics, condicionats per la topografia, són els responsables de la diferenciació de les comunitats (Vázquez de Aldana *et al.*, 1992).

La influència primordial que tenen les propietats del sòl i el règim hídric en la distribució local dels diferents tipus de pastures ha estat subratllada per molts autors, sia de manera genèrica (Benedict, 1983; Isard, 1986; Cardona, 1980; Sebastià 1991a; Noguchi, 1992; Montalvo *et al.*, 1993), sia amb referència a les regions semiàrides (Wondzell *et al.*, 1996), sia parlant de la plana de Vic mateix (Bolòs, 1959).

En aquest capítol analitzarem les característiques fisicoquímiques i el règim hídric dels sòls de cadascuna de les comunitats pradenques i avaluarem les diferències entre comunitats amb la finalitat d'esbrinar quins són els factors edàfics més importants i com hi actuen.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. *Mostratge*

Per a l'estudi de les característiques dels sòls de les pastures, vàrem seleccionar vint-i-cinc localitats representatives dels deu tipus de comunitats pradenques descrites (capítol 2), situades en diferents posicions topogràfiques.

Vàrem prendre les mostres de sòl de la capa on hi ha la màxima densitat d'arrels, que en aquesta mena de comunitats sol correspondre als 10 cm superiors i, en el cas dels pradells d'annuals amb sòls incipients, als 5 cm primers.

De cada mostra en vàrem analitzar els paràmetres físics i químics més significatius presumiblement influents en la vegetació: textura, densitat aparent, pH, carbonats (CaCO_3), nitrogen, carboni, matèria orgànica i relació C/N.

Per a l'estudi del règim hídric vàrem seleccionar les dotze localitats més representatives dels diferents tipus de pastures, situades en tres turons diferents (Puig-rodon, el Clascar de Malla i Mont-rodon), i vàrem establir-hi parcel·les permanents en què recollíem mostres de sòl i determinàvem el seu percentatge d'humitat. Aquestes mostres, corresponents també a la capa superior del sòl, varen ser preses cada 20-30 dies, des del maig de 1985 fins al juny de 1986 (400 dies). Quan s'esqueia que havia plogut el dia abans, esperàvem quatre o cinc dies a fer el mostratge per tal que tota l'aigua gravitacional s'hagués esco-

lat. Sempre preniem les mostres de totes les parcel·les el mateix dia per evitar diferències degudes a les condicions ambientals.

4.2.2. *Metodologia analítica*

4.2.2.1. Paràmetres fisicoquímics

Els paràmetres fisicoquímics analitzats foren els següents: densitat aparent, % de grava (o d'elements grollers, de $\varnothing > 2\text{mm}$), granulometria (% de sorres, % de llims i % d'argiles), pH en aigua, pH en clorur potàssic, % de carbonats, % de nitrogen total i % de carboni total.

La densitat aparent es va determinar pel mètode gravimètric en mostres inalterades, recollides mitjançant un cilindre metàl·lic de volum conegut. A partir del pes sec de la mostra a 105°C i el volum del cilindre, la densitat aparent es calcula així: pes sec del sòl (g) / volum del cilindre (cm^3).

Les mostres de sòl recollides foren passades per un sedàs de 2 mm de malla per tal de separar la fracció grollera (partícules de $\varnothing > 2\text{mm}$) de la fracció fina ($\varnothing < 2\text{mm}$), amb la qual es varen determinar la resta de paràmetres.

L'anàlisi granulomètrica del sòl es va fer pel mètode gravimètric seguint el protocol següent:

- a) eliminació de la matèria orgànica amb H_2O_2 en calent;
- b) dispersió de les partícules en hexametáfosfat sòdic mitjançant l'agitació mecànica de les mostres;
- c) separació de les sorres (grolleres i fines) mitjançant sedassos, i separació de les fraccions fines (llims i argiles) per sedimentació i extracció posterior amb la pipeta de Robinson.

A partir dels percentatges obtinguts de cadascuna de les fraccions (sorres, llims i argiles) varem determinar la classe textural segons criteris USDA.

El pH fou determinat pel mètode potenciomètric amb elèctrode de vidre. Es va utilitzar una suspensió de sòl 1:2,5, en aigua per al pH en aigua, i en clorur potàssic 1N per al pH en clorur potàssic. Amb aquests dos valors varem calcular l'acidesa de reserva (diferència entre $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{ClK}).

Els carbonats (CaCO_3 equivalent) varen ser determinats mitjançant el calcímetre de Bernard; i els continguts de carboni total i de nitrogen total, per cromatografia líquida.

Conegut el carboni total, varem calcular el percentatge de carboni orgànic ($\% \text{C total} - [\% \text{CaCO}_3 \times 0,12]$) i el percentatge de matèria orgànica ($\% \text{C orgànic} \times 1,724$); el carboni orgànic i el nitrogen total ens varen permetre obtenir la relació C/N (% carboni orgànic / % nitrogen).

4.2.2.2. Règim hídric del sòl

En l'estudi del règim hídric del sòl vàrem determinar el contingut d'aigua (% d'humitat) al llarg de l'any, les corbes característiques d'humitat i la capacitat de retenció d'aigua a la zona de màxim arrelament (10 cm superiors). A partir dels percentatges d'humitat i de les corbes característiques d'humitat vàrem estimar el potencial hídric del sòl al llarg de l'any.

4.2.2.2.1. PERCENTATGE DE LA HUMITAT DEL SÒL

La humitat del sòl va ser determinada pel mètode gravimètric, assecant a 105 °C una mostra obtinguda de la capa on hi havia la màxima densitat d'arrels. Les mostres recollides es guardaven en bosses de plàstic ben tancades, es portaven immediatament al laboratori, es pesaven i es deixaven assecar a l'aire; després s'assecaven a 105 °C fins a pes constant.

4.2.2.2.2. CORBES CARACTERÍSTIQUES D'HUMITAT

La tensió amb què l'aigua és retinguda per les partícules sòlides del sòl s'anomena *potencial matricial*; s'expressa habitualment en unitats de pressió (kPa) i té valors negatius. A mesura que el sòl perd aigua, el potencial hídric pren valors cada vegada més negatius (més alts en valor absolut); això vol dir que l'aigua queda retinguda progressivament amb més força i que la pressió de succió que han d'exercir les plantes per extreure-la esdevé cada cop més gran.

La corba característica d'humitat relaciona el contingut d'aigua del sòl amb el potencial matricial. Pren formes diferents segons si es representa en fase d'adsorció o de desorció, fenomen conegut amb el nom de *histèresi* (Hillel, 1982). La retenció d'aigua a diferents potencials depèn sobretot de la textura (proporció de les diverses fraccions minerals), de la matèria orgànica i de la densitat aparent del sòl.

Per a cada parcel·la hem construït la corba característica d'humitat a partir de l'aigua retinguda per la fracció fina del sòl als potencials -33 kPa, -60 kPa, -100 kPa, -500 kPa i -1.500 kPa.

Amb les mostres de sòl recollides en una mateixa parcel·la en diferents dates de mostratge vàrem preparar una mostra mixta, per a cadascuna de les quals vàrem determinar el percentatge d'aigua retinguda a -33 i -1.500 kPa mitjançant les plaques de Richards (o cambra de pressió). La determinació es va fer en fase de desorció emprant la fracció fina del sòl prèviament saturada d'aigua.

L'aigua retinguda als potencials de -60, -100 i -500 kPa va ser estimada mitjançant les equacions de regressió lineal múltiple que relacionen les fraccions

granulomètriques i la matèria orgànica del sòl amb l'aigua retinguda a cada potencial. Les equacions de regressió utilitzades són les que figuren a la taula 28, obtingudes en l'estudi detallat del règim hídric del sòl de les pastures més esteses de la Plana (joncedes mesòfiles i llistonars), exposat en el mateix capítol 7.

4.2.2.2.3. CAPACITAT DE RETENCIÓ D'AIGUA DISPONIBLE

La capacitat de retenció d'aigua disponible (CRAD) per a les plantes es basa en una classificació biològica de l'aigua del sòl, que considera com a aigua disponible la retinguda entre dos estats d'humitat concrets: la capacitat de camp i el punt de marciment permanent (Porta *et al.*, 1999).

La capacitat de camp és la quantitat d'aigua que conserva el sòl un cop ha perdut tota l'aigua gravitacional, és a dir, quan els macroporus estan ocupats totalment per aire, i s'estima com l'aigua retinguda a un potencial de -33 kPa en sòls de textura fina. El punt de marciment permanent es defineix com el contingut d'aigua del sòl per sota del qual les plantes no en poden extreure gens, de manera que es marceixen irreversiblement; correspon al mínim d'aigua capil·lar (retinguda per les forces capil·lars del sòl) absorbible per les arrels. Per a moltes plantes, aquesta situació es dona per sota d'un potencial hídric de -1.500 kPa, i per això es considera com a punt de marciment permanent la quantitat d'aigua retinguda al sòl en aquest potencial. L'aigua disponible per a les plantes (o aigua útil) és, per tant, la que queda retinguda al sòl entre la capacitat de camp (-33 kPa) i el punt de marciment permanent (-1.500 kPa) (Brady i Weil, 1999).

Coneguts els continguts volumètrics d'aigua a -33 kPa i -1.500 kPa, hem calculat la CRAD dels 10 cm superiors del sòl de cadascuna de les dotze parcel·les de mostratge.

4.2.2.2.4. POTENCIAL HÍDRIC DEL SÒL

El potencial hídric del sòl ha estat calculat a partir dels valors d'humitat mitjançant la corba de retenció hídrica, havent corregit prèviament la humitat del sòl segons el % de graves, ja que la humitat era referida a la mostra completa de sòl, incloent-hi aquesta fracció mineral.

Diversos autors (Campbell, 1974; Van Genuchten, 1980; Williams *et al.*, 1989) han definit diferents tipus d'equacions per a les corbes de retenció d'aigua. Segons Saxton *et al.* (1986), la corba característica d'humitat entre els punts de -10 kPa i -1.500 kPa es pot representar mitjançant una funció potencial simple del tipus $\psi = A\theta^B$, on ψ és el potencial hídric i θ el contingut hídric (cm^3/cm^3). Seguint aquest model, cadascuna de les corbes obtingudes s'ha ajustat a una fun-

ció potencial del tipus $y = ax^b$ i s'han calculat els valors corresponents de les constants a i b de l'equació mitjançant el paquet estadístic SPSS (v. 9.0).

Les equacions obtingudes per a cadascuna de les corbes les vàrem aplicar als valors d'humitat corregits pel % de graves per estimar el potencial hídric del sòl de cada parcel·la a la zona de màxim arrelament.

4.2.3. *Anàlisi de les dades*

Per analitzar les diferències dels paràmetres fisicoquímics del sòl entre les comunitats estudiades, hem aplicat l'anàlisi de la variància (ANOVA) d'un sol factor, la comunitat. Quan les diferències entre grups eren significatives, vàrem utilitzar el test de Scheffé, atès que la mida mostral d'aquells era diferent. L'anàlisi de les dades ha estat feta a partir de les variables originals, quan presentaven distribució normal, i de les variables transformades, en cas que no complissin les condicions de normalitat (pel que fa al percentatge de graves i el pH). Per a les dades percentuals de les graves hem aplicat la transformació de l'arcsinus de l'arrel quadrada de la variable dividida per 100 ($\arcsin \sqrt{x/100}$; Sokal i Rohlf, 1995) i per al pH hem aplicat l'antilogaritme (10^x).

Les diferències de contingut hídric i de potencial hídric entre comunitats i al llarg del temps han estat analitzades mitjançant una ANOVA de dos factors (data i comunitat). Per analitzar les diferències entre els grups hem utilitzat el test de Scheffé i el test HSD-Tukey quan aquells tenien el mateix nombre de mostres. L'anàlisi de les dades d'humitat i del potencial hídric del sòl l'hem feta a partir de les variables transformades, ja que les variables originals no segueixen una distribució normal. Les dades percentuals de la humitat les hem transformat mitjançant l'arcsinus de l'arrel quadrada de la variable dividida per 100 ($\arcsin \sqrt{x/100}$) i el potencial hídric l'hem transformat logarítmicament ($\log \psi$).

Per analitzar la relació entre la humitat i el potencial hídric del sòl amb els factors topogràfics i els paràmetres edàfics, hem aplicat el mètode de regressió lineal múltiple pas a pas, prenent com a variables dependents la humitat i el potencial hídric del sòl, i com a variables independents (predictores), els factors topogràfics (exposició, inclinació), la profunditat del sòl, la textura i el contingut de graves i de matèria orgànica.

Com que la topografia i la profunditat del sòl són variables qualitatives, les hem transformat en numèriques atribuint-los valors de 0 o 1. Per a cada variable qualitativa amb n categories hem generat $n-1$ variables binàries, i a cada nova variable li hem assignat el valor 1 per a una categoria determinada i 0 per a la resta. Amb això hem generat tres noves variables per a l'exposició, dues per a la inclinació i dues per a la profunditat (taula 9).

TAULA 9

Variables i categories qualitatives i noves variables binàries en què s'han codificat, emprades en l'anàlisi de regressió lineal múltiple pas a pas

<i>Variables i categories</i>	<i>Noves variables binàries</i>
Exposició	Exposició
1: obaga	E1: obaga = 1; altres = 0
2: solell	E2: solell = 1; altres = 0
3: carena	E3: carena = 1; altres = 0
4: intermèdia	
Inclinació	Inclinació
1: pla	I1: pla = 1; altres = 0
2: pendent < 10°	I2: pendent > 10° = 1; altres = 0
3: pendent > 10°	
Profunditat	Profunditat
1: 10-50 cm	P1: 50-100 cm = 1; altres = 0
2: 50-100 cm	P2: > 100 cm = 1; altres = 0
3: > 100 cm	

Hem realitzat totes les anàlisis de les dades mitjançant el paquet estadístic SPSS (v. 9.0).

4.3. RESULTATS

La taula 10 presenta, per a cadascuna de les mostres analitzades, el tipus de comunitat, la localització, la situació topogràfica, la profunditat del sòl i la profunditat en què es troba la màxima densitat d'arrels. A l'annex 2 es detallen els resultats de les anàlisis fisicoquímiques dels sòls.

4.3.1. *Paràmetres físics: granulometria i densitat aparent*

La textura, és a dir, la proporció relativa de les diferents fraccions minerals constituents, és una característica intrínseca del sòl, de la qual depenen alguns altres paràmetres edàfics, especialment la capacitat de retenció d'aigua, d'airejament i de bescanvi iònic. El contingut de grava (partícules de $\varnothing > 2$ mm) del sòl s'anomena *pedregositat*.

La pedregositat del sòl a la zona de màxim arrelament varia significativament d'una comunitat a l'altra ($p < 0,05$; taula 11). Ateny els valors més alts (més del 20 %) en els sòls de les pastures situades a la carena i als vessants (*Brachypodio-Aphyllanthetum typicum*, *Thymo-Globularietum* i *Brachypodio Stipetum typicum*). En canvi, els sòls de les pastures mesòfiles (*Euphrasio-Plantaginietum* i *Plantagini-Aphyllanthetum*), dels prats d'annuals situats a la part baixa dels vessants (*Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli*) i dels pradells de les codines (*Sedetum micrantho-sediformis* i *Helianthemetum guttati*) tenen un contingut de grava significativament més baix (per sota del 4 %).

TAULA 10

Característiques de les vint-i-cinc localitats seleccionades per a l'estudi dels sòls de les pastures: tipus de pastura, posició topogràfica, substrat i profunditat del sòl i de la zona amb la màxima densitat de rels

Número de mostra	Comunitat vegetal	Exposició	Inclinació	Substrat	Profunditat del sòl (cm)	Profunditat de màxim arrelament (cm)
1	*(P1) <i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	N	Pla	Margues	> 100	5-7
2	<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	N	Pla	Margues	> 100	5-10
3	<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	N	Pla	Margues	> 100	6-7
7	<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	N	Pla	Margues	> 100	8-10
4	*(P2A) <i>Plantagini-Aphyllanthesetum</i>	N	5°	Margues	> 100	7-8
5	*(P2B) <i>Plantagini-Aphyllanthesetum</i>	N	Pla	Margues	> 100	5
6	<i>Plantagini-Aphyllanthesetum</i>	N	Pla	Margues	> 100	5-7
8	*(P3A) <i>Plantagini-Aphyllanthesetum</i>	SE	5°	Margues	> 100	5-6
10	<i>Plantagini-Aphyllanthesetum</i>	NE	5°	Margues	> 100	6-8
9	*(P3B) <i>Brachypodio-Aphyllanthesetum typicum</i>	E	5°	Margues	50-100	10
11	<i>Brachypodio-Aphyllanthesetum typicum</i>	S	5°	Margues	50-100	7-8
12	*(P3C) <i>Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi</i>	S	10°	Margues	50-100	9-10
13	<i>Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi</i>	S	15°	Margues	50-100	7-9
14	<i>Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi</i>	S	10°	Margues	50	10
25	*(P10) <i>Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi</i>	S	25°	Margues	60-70	15-20
17	*(P6) <i>Thymo-Globularietum</i>	Carena	Pla	Margues	30-35	8-10
18	<i>Thymo-Globularietum</i>	N, carena	5°	Margues	30	7
15	*(P4) <i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	S, carena	Pla	Margues dures	30	6-7
16	<i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	W, carena	Pla	Margues	30	5-6
22	*(P9) <i>Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli</i>	N	Pla	Margues	30	7-8
23	<i>Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli</i>	Carena	Pla	Margues	50	5
24	<i>Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli</i>	S	Pla	Margues	30	5
19	*(P7) <i>Sedetum micrantho-sediformis</i>	S, carena	Pla	Margues dures	5-10	1-2
20	*(P8) <i>Helianthemum guttati</i>	Carena	Pla	Gresos	5-10	2
21	<i>Helianthemum guttati</i>	S	Pla	Gresos	10	2-3

* Mostres utilitzades per a l'estudi del règim hídric del sòl; entre parèntesis, el codi de la parcel·la.

TAULA 11

Mitjana i desviació estàndard de les diferents fraccions granulomètriques del sòl, a la zona de màxim arrelament, per a cadascuna de les comunitats. A l'última fila s'indiquen, per a cadascuna de les fraccions, els resultats obtinguts en l'anàlisi de la variància d'un factor. Les lletres diferents, per a cada fracció, indiquen diferències significatives entre les comunitats al nivell $p < 0,05$ (test de Scheffé). g. ll.: graus de llibertat; F: valor de la prova F de Snedecor; n. s.: no significativa; sign.: nivell de significació

Comunitat	% de graves ($\varnothing > 2 \text{ mm}$)	% de sorra grollera ($2 < \varnothing < 0,5$)	% de sorra fina ($0,5 < \varnothing < 0,05$)	% de sorres totals
<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	1,75 $\pm$ 2,71 ^a	6,55 $\pm$ 9,2 ^a	14,9 $\pm$ 8,49	21,27 $\pm$ 11,6 ^a
<i>Plantagini-Aphyllanthesum</i>	1,33 $\pm$ 1,37 ^a	5,62 $\pm$ 7,74 ^a	18,9 $\pm$ 3,96	24,52 $\pm$ 11,04 ^a
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum typicum</i>	26,01 $\pm$ 2,29 ^b	24,75 $\pm$ 5,8 ^a	26 $\pm$ 4,1	50,75 $\pm$ 1,7 ^{ab}
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi</i>	13,15 $\pm$ 7,13 ^{ab}	15,78 $\pm$ 8,57 ^a	21,47 $\pm$ 12,04	39,28 $\pm$ 12,02 ^{ab}
<i>Thymo-Globularietum</i>	20,34 $\pm$ 2,91 ^b	23,39 $\pm$ 5,15 ^a	23,35 $\pm$ 0,36	46,74 $\pm$ 5,51 ^{ab}
<i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	13,54 $\pm$ 5,84 ^{ab}	19,22 $\pm$ 11,09 ^a	24,37 $\pm$ 0,67	43,58 $\pm$ 10,42 ^{ab}
<i>Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli</i>	3,28 $\pm$ 5,23 ^a	8,84 $\pm$ 9,08 ^a	30,5 $\pm$ 13,28	39,34 $\pm$ 5,62 ^{ab}
<i>Sedetum micrantho-sediformis</i> ¹	8,79	21,32	22,49	43,81
<i>Helianthemum guttati</i>	3,99 $\pm$ 3,63 ^a	56,54 $\pm$ 3,99 ^b	19,08 $\pm$ 7,3	75,61 $\pm$ 3,32 ^b
ANOVA 1-factor	g. ll. = 8; F = 6,907; sign. 0,001	g. ll. = 8; F = 8,609; sign. 0,000	g. ll. = 8; F = 0,927; sign. 0,521 (n. s)	g. ll. = 8; F = 7,062; sign. 0,000
	% de llim groller ($0,05 < \varnothing < 0,02$)	% de llim fi ($0,02 < \varnothing < 0,002$)	% de llims totals	% d'argiles ($\varnothing < 0,002$)
<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	16,85 $\pm$ 4,34	30,11 $\pm$ 7,08 ^b	46,96 $\pm$ 10,15 ^b	31,58 $\pm$ 2,35 ^b
<i>Plantagini-Aphyllanthesum</i>	16,69 $\pm$ 5,28	32,24 $\pm$ 6,97 ^b	48,93 $\pm$ 9,12 ^b	26,53 $\pm$ 3,67 ^b
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum typicum</i>	12,35 $\pm$ 1,69	15,7 $\pm$ 0,19 ^{ab}	28,04 $\pm$ 1,88 ^{ab}	21,21 $\pm$ 0,19 ^{ab}
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi</i>	13,23 $\pm$ 3,29	24,09 $\pm$ 7,58 ^{ab}	37,32 $\pm$ 9,89 ^{ab}	23,4 $\pm$ 2,19 ^{ab}
<i>Thymo-Globularietum</i>	12,98 $\pm$ 3,57	16,77 $\pm$ 0,3 ^{ab}	29,75 $\pm$ 3,27 ^{ab}	23,51 $\pm$ 2,23 ^{ab}
<i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	14,12 $\pm$ 4,33	19,92 $\pm$ 3,9 ^{ab}	34,03 $\pm$ 8,23 ^{ab}	22,39 $\pm$ 2,2 ^{ab}
<i>Brachypodio-Stipetum euphrasio-centaurietosum</i>	13,96 $\pm$ 2,97	23,52 $\pm$ 4,6 ^{ab}	37,48 $\pm$ 5,17 ^{ab}	23,18 $\pm$ 4,25 ^{ab}
<i>Sedetum micrantho-sediformis</i> ¹	12,67	19,28	31,95	24,23
<i>Helianthemum guttati</i>	4,92 $\pm$ 0,08	4,92 $\pm$ 0,16 ^a	9,84 $\pm$ 0,24 ^a	14,54 $\pm$ 3,07 ^a
ANOVA 1-factor	g. ll. = 8; F = 1,940; sign. 0,123 (n. s)	g. ll. = 8; F = 5,233; sign. < 0,002	g. ll. = 8; F = 5,405; sign. 0,002	g. ll. = 8; F = 6,587; sign. 0,001

1. Comunitat exclosa de l'anàlisi entre grups en el test de Scheffé.

El sòls estudiats pertanyen a la classe textural franca (vegeu l'annex 2, taula A2.1) i es poden distribuir en cinc grups: francoargil·lollimosos, francoargilosos, francs, francoargilloarenosos i francoarenosos. Els sòls més profunds, situats generalment a la part basal dels turons, tenen textures francoargiloses o francoargil·lollimoses. En canvi, la majoria dels sòls de vessant són francoargilloarenosos, o més rarament francs. Aquests sòls rics en argiles corresponen a la zona de margues, mentre que a les àrees gresoses els sòls són francoarenosos.

La taula 11 fa un resum de les característiques texturals dels sòls. La proporció de sorres, llims i argiles varia significativament entre els sòls prims dels pradells d'annuals acidòfils (*Helianthemum guttati*) situats sobre els gresos i els sòls més profunds de les pastures mesòfiles (*Euphrasio-Plantaginetum mediae*, *Plantagini-Aphyllanthesetum*). En els sòls formats sobre margues, els continguts de sorres, de llims i d'argiles no varien significativament, tot i que la proporció de llim fi i d'argila és més alta en els sòls profunds de les parts baixes dels vessants i els sòls de les carenes i dels vessants tenen més proporció de sorres.

La densitat aparent es mou entre 0,7 i 1,4 gr/cm³, però no hi ha diferències significatives entre uns sòls i uns altres (taula 12).

4.3.2. Paràmetres químics

Tots els sòls formats sobre margues són bàsics, amb valors de pH compresos entre 7,5 i 8,1 (pH_{H₂O}) o entre 7 i 7,5 (pH_{CLK}); vegeu la taula A2.2. de l'annex 2 i la taula 12. Només els sòls formats sobre gresos són moderadament àcids, amb un pH_{H₂O} de 6,6 i un pH_{CLK} de 5,5-6. Les diferències de pH, tant en aigua com en CLK, només resulten significatives comparant els sòls gresosos i els margosos més bàsics; entre els diversos sòls de marga les diferències no són significatives.

Els sòls incipients formats sobre gresos són sorrencs i pràcticament no tenen carbonats (que s'han dissolt i s'han perdut per drenatge). Tots els altres tenen un contingut de carbonats significativament més alt, bé que les diferències entre si no siguin significatives (taula 12); els valors corresponents oscil·len entre 15-25 %, en els sòls amb un contingut baix de graves i de textura argilosa o argil·lollimosa, corresponents a les pastures mesòfiles, i 30-45 %, en els més pedregosos i de textura francoargilloarenosa. Els carbonats estan correlacionats positivament i significativament amb el percentatge de graves (figura 17) i amb el pH (figura 18).

El contingut total de nitrogen, a la zona de màxim arrelament, varia entre 0,17 i 0,47 %, però no presenta diferències significatives entre comunitats (taula 12). Els valors més alts es donen en els sòls més profunds, situats a la part baixa dels

TAULA 12

Mitjana i desviació estàndard dels paràmetres fisicoquímics del sòl, al nivell de màxim arrelament, per a cadascuna de les comunitats. A l'última fila s'indiquen, per a cadascun dels paràmetres, els resultats obtinguts en l'anàlisi de la variància d'un factor. Les lletres diferents indiquen diferències significatives entre les comunitats al nivell $p < 0,05$ (test de Scheffé). DA: densitat aparent; g. ll.: graus de llibertat; F: valor de la prova F de Snedecor; n. s.: no significatiu; sign.: nivell de significació

Comunitat	DA (g/cm ³)	pH _{H₂O}	pH _{ClK}	Acidesa de reserva	% de carbonats
<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	0,84 ± 0,18	7,82 ± 0,13 ^{ab}	7,1 ± 0,14 ^{ab}	0,73 ± 0,15	19,99 ± 3,11 ^{ab}
<i>Plantagini-Aphyllanthesum</i>	0,94 ± 0,12	7,9 ± 0,1 ^{ab}	7,3 ± 0,19 ^{ab}	0,64 ± 0,17	26,91 ± 10,1 ^{ab}
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum typicum</i>	0,95 ± 0,01	8 ± 0,14 ^a	7,3 ± 0,14 ^{ab}	0,75 ± 0,07	27,84 ± 18,17 ^{ab}
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi</i>	0,99 ± 0,15	7,98 ± 0,13 ^a	7,5 ± 0,18 ^a	0,48 ± 0,13	35,94 ± 8,45 ^b
<i>Thymo-Globularietum</i>	1,03 ± 0,08	8 ± 0 ^a	7,4 ± 0,14 ^{ab}	0,6 ± 0,14	45,1 ± 5,36 ^b
<i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	0,93 ± 0,19	8 ± 0,14 ^a	7,15 ± 0,07 ^{ab}	0,85 ± 0,07	37,1 ± 4,06 ^b
<i>Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli</i>	1,14 ± 0,29	7,63 ± 0,23 ^{ab}	7,23 ± 0,25 ^{ab}	0,4 ± 0,1	28,08 ± 10,18 ^b
<i>Sedetum micrantho-sediformis</i> ¹	0,94	7,9	7,1	0,8	34,18
<i>Helianthemum guttati</i>	1,34 ± 0,28	6,65 ± 0,07 ^b	5,75 ± 0,35 ^b	0,9 ± 0,42	0,05 ± 0,06 ^a
ANOVA 1-factor	g. ll. = 8; F = 1,691; sign. 0,176 (n. s.)	g. ll. = 8; F = 4,452; sign. 0,005	g. ll. = 8; F = 3,071; sign. 0,027	g. ll. = 8; F = 5,562; sign. 0,052 (n. s.)	g. ll. = 8; F = 4,644; sign. 0,004
	% de nitrogen	% de carboni total	% de carboni orgànic	% de matèria orgànica	C/N
<i>Euphrasio-Plantaginetum</i>	0,42 ± 0,06	7,01 ± 0,69 ^{ab}	4,61 ± 0,7	7,96 ± 1,2	10,97 ± 0,57
<i>Plantagini-Aphyllanthesum</i>	0,33 ± 0,1	7,16 ± 0,79 ^{ab}	3,93 ± 1,2	6,77 ± 2,06	12,12 ± 0,95
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum typicum</i>	0,24 ± 0,06	5,87 ± 2,76 ^{ab}	2,53 ± 0,57	4,37 ± 0,99	10,53 ± 0,05
<i>Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi</i>	0,25 ± 0,05	6,84 ± 1,26 ^{ab}	2,53 ± 0,27	4,36 ± 0,47	10,35 ± 1,38
<i>Thymo-Globularietum</i>	0,33 ± 0,04	8,65 ± 0,55 ^b	3,24 ± 0,09	5,59 ± 0,16	9,72 ± 0,86
<i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	0,26 ± 0,02	7,33 ± 0,8 ^b	2,88 ± 0,32	4,97 ± 0,54	11,02 ± 0,4
<i>Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli</i>	0,28 ± 0,14	6,34 ± 1,93 ^{ab}	2,97 ± 0,99	5,12 ± 1,71	11,15 ± 2,64
<i>Sedetum micrantho-sediformis</i> ¹	0,37	8,29	4,18	7,21	11,17
<i>Helianthemum guttati</i>	0,19 ± 0,12	2,21 ± 1,92 ^a	2,2 ± 1,92	3,8 ± 3,3	10,42 ± 3,46
ANOVA 1-factor	g. ll. = 8; F = 1,888; sign. 0,133 (n. s.)	g. ll. = 8; F = 3,844; sign. 0,011	g. ll. = 8; F = 2,417; sign. 0,063 (n. s.)	g. ll. = 8; F = 2,416; sign. 0,063 (n. s.)	g. ll. = 8; F = 0,668; sign. 0,712 (n. s.)

1. Comunitat exclosa de l'anàlisi entre grups en el test de Scheffé.

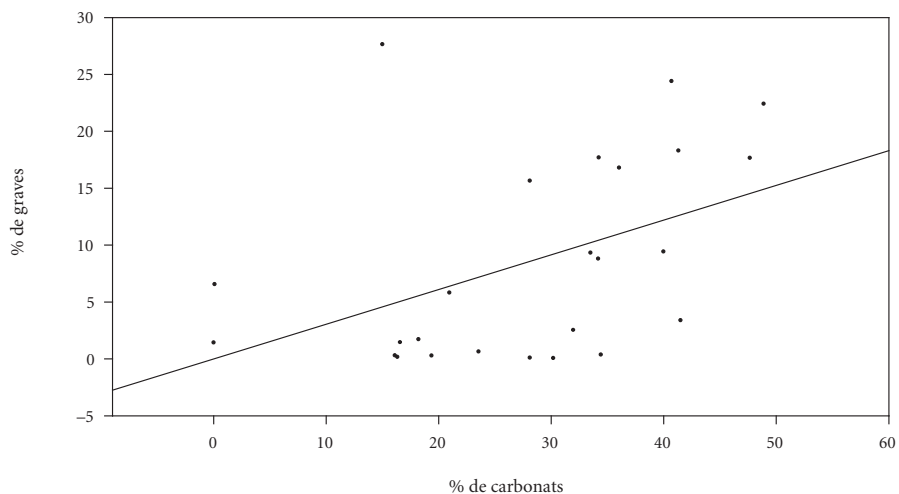


FIGURA 17. Regressió lineal entre el percentatge de carbonats i el contingut de graves a la zona de màxim arrelament ($r = 0,45$; sign. $< 0,05$).

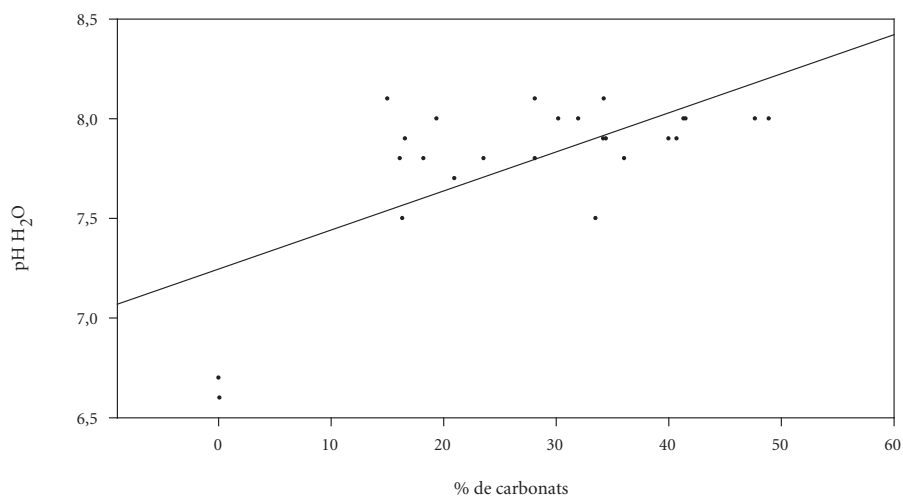


FIGURA 18. Regressió lineal entre el pH i el percentatge de carbonats a la zona de màxim arrelament ($r = 0,68$; sign. $< 0,001$).

turons i corresponents a les pastures mesòfiles; els nivells més baixos es troben en els sòls de vessant, menys profunds i corresponents a les pastures més xeròfiles (*Brachypodio-Aphyllanthes typicum* i *Brachypodio-Aphyllanthes brachypodietosum retusi*), o als pradells d'annuals acidòfils (*Helianthemum guttati*). El percentatge de nitrogen està correlacionat positivament i significativament amb la matèria orgànica (figura 19) i amb les argiles (figura 20), de manera que els sòls argilosos i els argil·lollimosos tenen continguts de nitrogen més alts (al voltant de 0,4 %) que els arenosos (0,1-0,2 %).

A la zona de màxim arrelament, els sòls estudiats tenen continguts de matèria orgànica força alts, entre el 3,5 i el 9,5 %, i no hi ha diferències significatives entre unes comunitats i unes altres (taula 12). Com en el cas del nitrogen, els valors més alts corresponen als sòls de les pastures mesòfiles (6,9-9,5 %), i els més baixos, als de les xeròfiles (3,5-5 %). La matèria orgànica està correlacionada significativament i positivament amb el contingut d'argiles (figura 21) i de llims, de manera que els sòls argilosos són els més rics en matèria orgànica (entre el 8 i el 10 %), i els arenoargilosos, els més pobres (entre el 4 i el 6 %).

La relació C/N no varia significativament entre les diferents comunitats. Pren valors entre 9 i 13, cosa que indica que hi ha una bona mineralització de la matèria orgànica (taula 12).

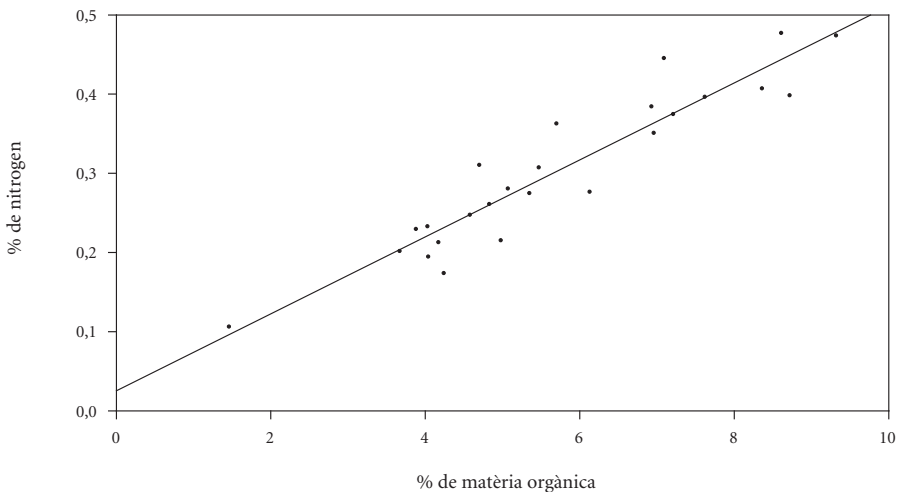


FIGURA 19. Regressió lineal entre el percentatge de nitrogen i el de matèria orgànica a la zona de màxim arrelament ($r = 0,94$; sign. < 0,001).

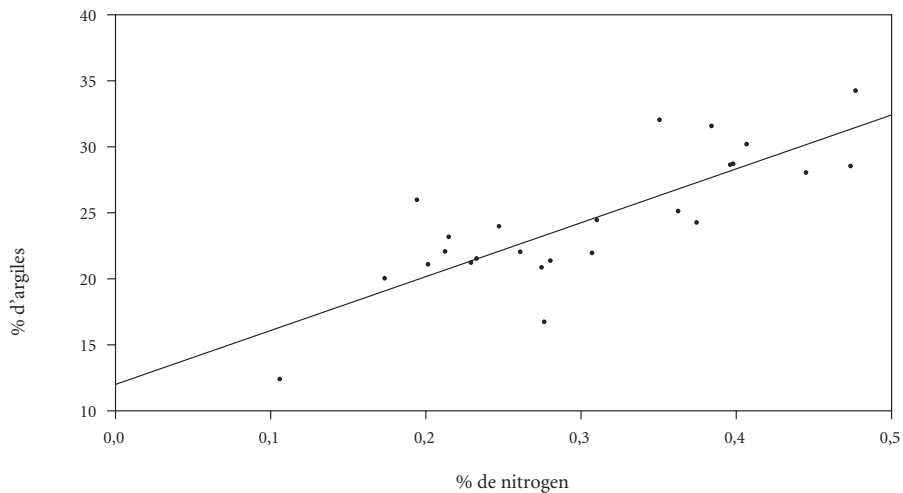


FIGURA 20. Regressió lineal entre el percentatge de nitrogen i el d'argiles a la zona de màxim arrelament ($r = 0,81$; $\text{sign.} < 0,001$).

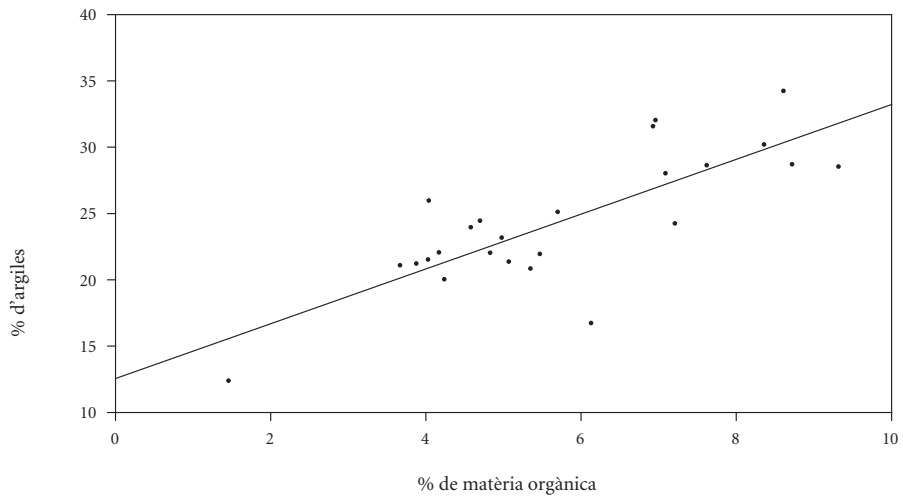


FIGURA 21. Regressió lineal entre els percentatges de matèria orgànica i d'argiles a la zona de màxim arrelament ($r = 0,79$; $\text{sign.} < 0,001$).

4.3.3. Règim hídric dels sòls

A la taula 13 es detallen les característiques de les parcel·les on es va portar a terme l'estudi del règim hídric del sòl.

4.3.3.1. Corbes característiques d'humitat

Les corbes de retenció d'aigua del sòl al nivell de màxim arrelament varien entre les parcel·les segons la textura i el contingut de matèria orgànica (figura 22). Els sòls francoargilosos i els francoargil·lollimosos rics en matèria orgànica (7-9 %) són els que retenen més aigua a tots els potencials; corresponen a les parcel·les de les pastures mesòfiles (P1, P2A i P2B). A l'altre extrem, els sòls que retenen menys aigua són els francoargil·loarenosos amb la mínima proporció de matèria orgànica i els francoarenosos; corresponen respectivament a les parcel·les de les pastures més xeròfiles (P3C: llistonars, i P3B: joncada seca) i a la dels pradells d'annuals acidòfils (P8). Les corbes que queden entremig d'aquests dos extrems corresponen, de més a menys retenció d'aigua, als sòls francoargilosos amb menys matèria orgànica (P10), els francs (P7, P3A i P9) i els de textura francoargil·loarenosa més rics en matèria orgànica (P6 i P4), que suporten pastures de tendència xeròfila o prats d'annuals calcícoles.

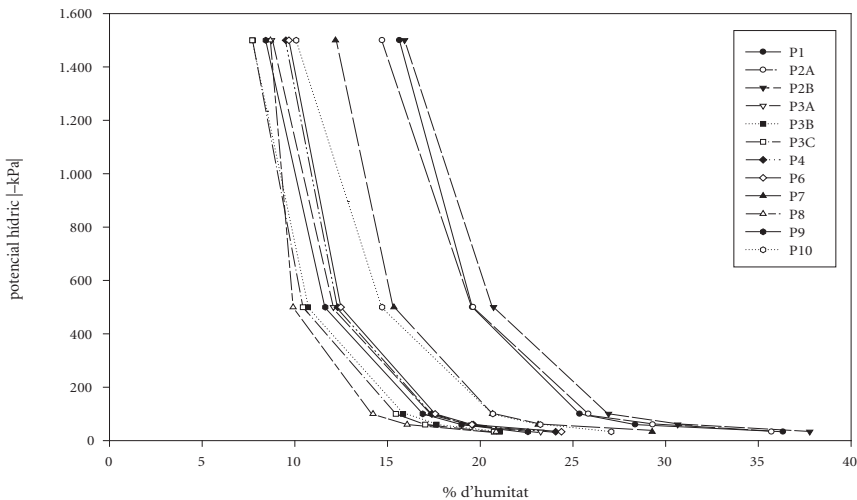


FIGURA 22. Corbes característiques d'humitat del sòl de cadascuna de les parcel·les. El tipus de comunitat a què pertanyen i les característiques del sòl (textura i % de matèria orgànica) de cada parcel·la són detallades a la taula 13.

TAULA 13

Característiques de les parcel·les emprades per a l'estudi del règim hídric del sòl de les pastures. Localització, tipus de comunitat corresponent, situació topogràfica i alguns paràmetres del sòl: classe textural, fraccions granulomètriques i contingut de matèria orgànica a la zona de màxim arrelament, i CRAD als 10 cm superiors del sòl. Totes les parcel·les estan situades en terrenys margosos, excepte la parcel·la P8, que es troba sobre gresos

Parcel·la	Localitat (turó)	Tipus de comunitat	Exposició, inclinació	Textura del sòl	Graves (%)	Sorres totals (%)	Llims totals (%)	Argiles (%)	Matèria orgànica (%)	CRAD (mm) (0-10 cm)
P1	el Clascar de Malla	<i>Euphrasio-Plantaginatum</i>	N, 0°	Francoargilosa	0,28	30,24	41,21	28,51	9,32	18
P2A	Puig-rodon	<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>	N, 5°	Francoargil·lollimosa	1,70	17,38	54,01	28,61	7,62	21,42
P2B	Mont-rodon	<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>	N, 0°	Francoargil·lollimosa	0,08	17,91	53,40	28,69	8,72	22,07
P3A	el Clascar de Malla	<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>	SE, 5°	Franca	3,38	43,80	34,16	22,04	4,17	15,39
P3B	Mont-rodon	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum typicum</i>	E, 5°	Francoargil·loarenosa	27,63	49,55	29,37	21,07	3,67	12,79
P3C	Puig-rodon	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>	S, 10°	Francoargil·loarenosa	15,63	52,94	25,85	21,20	3,88	12,00
P4	el Clascar de Malla	<i>Brachypodio-Stipetum typicum</i>	S (carena), 0°	Francoargil·loarenosa	9,40	50,95	28,21	20,83	5,35	11,49
P6	Puig-rodon	<i>Thymno-Globularietum</i>	Carena, 0°	Francoargil·loarenosa	22,40	50,63	27,44	21,93	5,47	16,01
P7	el Clascar de Malla	<i>Sedum micrantho-sedifomis</i>	S (carena), 0°	Franca	8,79	43,81	31,95	24,23	7,21	16,05
P8	Savassona	<i>Helianthemum guttati</i>	Carena, 0°	Francoarenosa	6,55	73,27	10,01	16,71	6,13	13,89
P9	Puig-rodon	<i>Brachypodio-Stipetum centauretosum pulchelli</i>	N, 0°	Franca	0,16	45,75	32,74	21,51	4,03	17,25
P10	el Clascar de Malla	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>	S, 25°	Francoargilosa	2,52	24,69	49,36	25,95	4,04	19,89

La CRAD creix en augmentar les fraccions de llims i argiles (sòls francoargil·lollimosos) i disminueix en augmentar el contingut de sorres (francoarenosos i francoargil·loarenosos). I, per a una mateixa textura, és més alta com més alt és el contingut de matèria orgànica.

4.3.3.2. Capacitat de retenció d'aigua disponible

La taula 13 presenta la CRAD dels 10 cm superiors del sòl. La CRAD està correlacionada significativament ($p < 0,01$) amb el percentatge de totes les fraccions granulomètriques del sòl, amb una correlació lineal positiva amb els llims ($r = 0,84$) i les argiles ($r = 0,82$) i negativa amb les sorres ($r = -0,85$).

Els sòls francoargilosos i francoargil·lollimosos de les pastures mesòfiles són els que tenen la CRAD dels 10 cm superiors més alta (18-20 mm), mentre que els sòls francoargil·loarenosos o francoarenosos de les pastures xeròfiles i dels prats d'annuals (P3B, P3C, P4 i P8) són el que la tenen més baixa (12-14 mm). Els sòls de textura franca presenten valors intermedis (15-16 mm).

4.3.3.3. Contingut hídric del sòl al llarg de l'any

A totes les parcel·les el contingut d'aigua en el sòl segueix l'evolució de les precipitacions, de l'evapotranspiració potencial (ETP) i de la temperatura mitjana (figura 23). Observem que el maig i el juny del 1985, quan la temperatura augmenta i l'ETP sobrepassa les precipitacions, la humitat del sòl disminueix. Aquesta disminució és més accentuada i ràpida a les pastures xeròfiles i als prats d'annuals que a les pastures mesòfiles. El juliol i l'agost, quan les temperatures i l'ETP són elevades i les precipitacions escasses, la humitat del sòl es manté baixa; a final d'agost s'observà un augment lleuger de la humitat gairebé a totes les parcel·les a causa que en el moment del mostratge feia només quatre dies que havia plogut (15 mm en dos dies). El setembre i l'octubre de 1985, tot i que les temperatures van disminuir, les precipitacions escasses, molt inferiors a l'ETP, varen mantenir els sòls secs i varen accentuar i allargar el dèficit hídric fins ben entrada la tardor. Des del juliol fins a final d'octubre la humitat del sòl a les pastures xeròfiles i als prats d'annuals va ser molt baixa (per sota del 5 % i de l'1-2 %, respectivament), mentre que a les pastures mesòfiles, tot i ser baixa, presentava valors una mica més alts (entre el 5-10 %). Les pluges del novembre, quan les temperatures i l'ETP eren baixes, varen causar un augment ràpid de la humitat del sòl a totes les comunitats, fins al 10-15 % a les pastures xeròfiles i a prop del 20 % a les mesòfiles i als prats d'annuals. Des del novembre fins a l'abril de 1986, la humitat del sòl va ser alta, entre el 20 i el 30 % a les pastures mesòfiles, al voltant del 20 % als prats d'annuals i entre el 15 i el 20 % a les pastures xe-

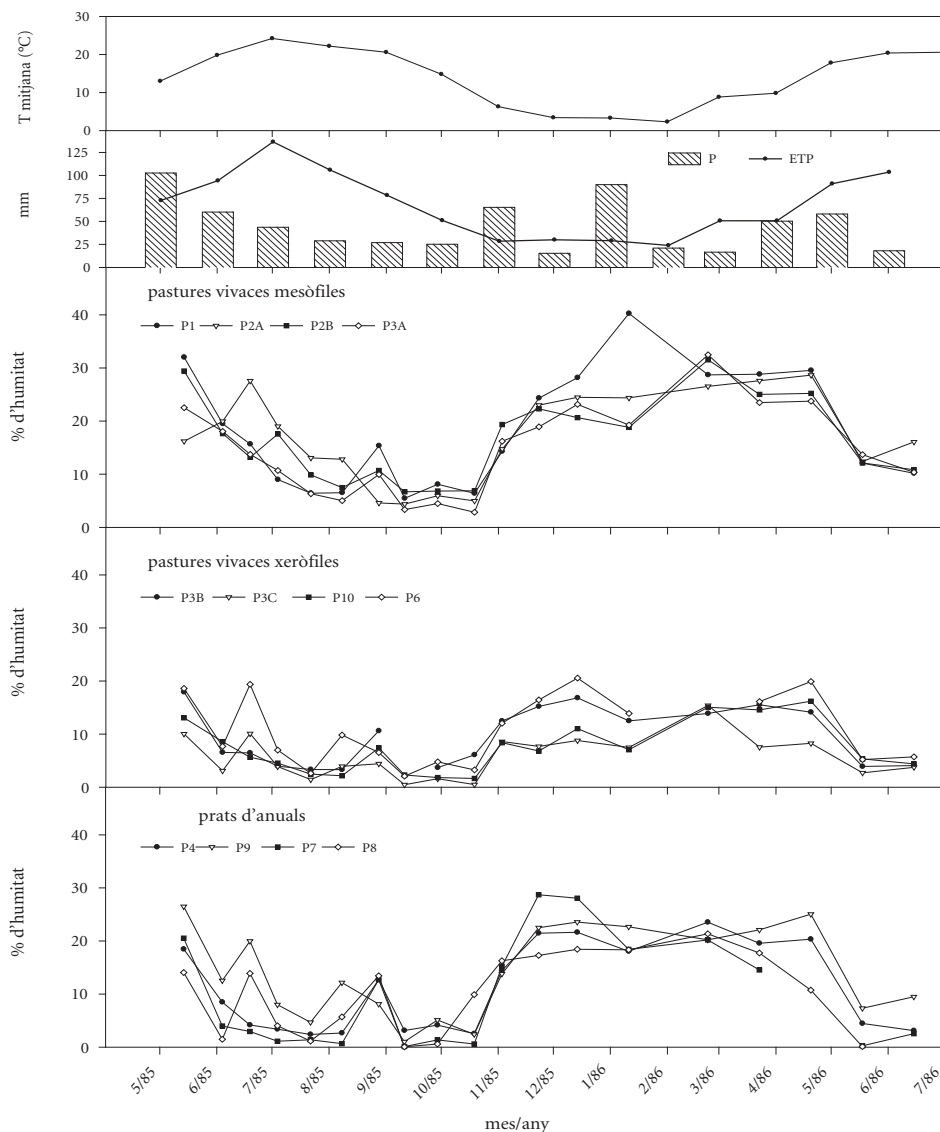


FIGURA 23. Evolució de la humitat del sòl a les parcel·les durant el període d'estudi. En els dos gràfics superiors es representen els valors mensuals de les precipitacions (P), l'ETP i la temperatura mitjana de l'observatori de Vic durant el mateix període. P1: *Euphrasio-Plantaginietum mediae*; P2A, P2B i P3A: *Plantagini-Aphyllanthetum* (joncedes mesòfiles) P3B: *Brachypodio-Aphyllanthetum typicum*; P3C i P10 *Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi* (llistonars); P6: *Thymo-Globularietum*; P4: *Brachypodio-Stipetum typicum*; P9: *Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli*; P7: *Sedetum micrantho-sediformis*; P8: *Helianthemum guttati*.

ròfiles. El maig de 1986 va ser anormalment sec i càlid (vegeu el capítol 3) i es va acomplir una disminució ràpida de la humitat del sòl a totes les parcel·les, fins a assolir valors semblants als de l'estiu anterior (al voltant del 10 % d'humitat a les pastures mesòfiles i del 5 % a les xeròfiles i als prats d'annuals).

Per tant, en l'evolució de la humitat del sòl es diferencien clarament dos períodes: l'un en què la humitat del sòl és alta, des de mitjan tardor fins a mitjan primavera (de novembre a abril), i l'altre amb una humitat del sòl baixa (per sota del 10 %), corresponent als mesos d'estiu (de juliol a octubre). Les diferències climàtiques entre els dos anys en què va transcórrer l'estudi varen ser considerables. El primer any (1985), la humitat fou alta pel maig i va anar disminuint gradualment durant el juny; en canvi, les temperatures altes i les poques precipitacions del maig del segon any (1986) varen provocar una disminució ràpida i accentuada de la humitat del sòl a totes les comunitats.

Per a l'anàlisi de les diferències en la humitat del sòl entre les comunitats i entre les dates de mostratge, hem agrupat, per una banda, les parcel·les corresponents a una mateixa comunitat vegetal i, per l'altra, les dinou dates en vuit períodes diferents, considerant dins el mateix període les dates consecutives amb valors semblants: maig de 1985, juny de 1985, juliol-agost de 1985, setembre-octubre de 1985, novembre de 1985, desembre de 1985 - febrer de 1986, març-abril de 1986, maig-juny de 1986. L'anàlisi de la variància confirma que la humitat del sòl no varia significativament entre les dates de mostratge agrupades en cadascun d'aquests períodes.

Els resultats obtinguts en l'anàlisi de la variància, ANOVA 2-factorial (9 comunitats $\times$ 8 períodes), indiquen que hi ha diferències significatives en la humitat del sòl entre el tipus de comunitat ($F = 24,725$; g. ll.: 8, $p < 0,001$) i entre els períodes de mostratge ($F = 82,569$; g. ll.: 7; $p < 0,001$). La interacció entre ambdós factors (*període* $\times$ *comunitat*) també és significativa ($F = 1,480$; g. ll.: 56; $p < 0,05$), cosa que indica que les diferències entre comunitats varien segons el període de l'any.

La humitat del sòl és significativament més alta ($p < 0,05$) a les pastures mesòfiles (parcel·les P1, P2A, P2B i P3A) que a les altres comunitats (figura 23). Dintre de les pastures seques als prats d'annuals sense *Stipa* (parcel·la P9) la humitat és significativament més alta que als llistonars (P3C i P10). La dels altres prats d'annuals (P4, P7 i P8) no és significativament diferent de la del conjunt de pastures xeròfiles (P3B: joncedes seques; P3C i P10: llistonars, i P6: *Thymo-Globularietum*). Pel que fa a les variacions en la humitat del sòl entre els períodes humit i sec, són més accentuades en els prats d'annuals que a les pastures vivaces. Durant el període humit (del novembre a l'abril) el contingut d'aigua del sòl dels prats d'annuals és més semblant al de les pastures mesòfiles, mentre que durant el període sec (de juliol a octubre del 1985, i el maig i el

juny del 1986) pren valors similars al de les pastures seques. Les diferències entre les comunitats són més grans durant el període humit i quan la humitat del sòl disminueix.

Comparant les mostres anàlogues, s'hi veu que a les pastures mesòfiles (*Euphrasio-Plantaginetum* i *Plantagini-Aphyllanthesetum*) no hi ha diferències significatives entre les parcel·les estudiades, les quals presenten valors poc diferents entre si (figura 23). En els prats d'annuals, tot i no haver-hi diferències significatives entre les parcel·les, s'observa que, durant gairebé tot el període, la humitat del sòl dels prats d'annuals sense *Stipa* (parcel·la P9) va ser més alta que a les altres comunitats i, en canvi, en els pradells d'annuals de les codines (parcel·les P7 i P8) és on va ser més baixa. La humitat del sòl dels llistonars (parcel·les P3C i P10) va ser significativament més baixa ($p < 0,05$) que la de les altres pastures seques (parcel·les P3B i P6).

Quant a dates de mostratge, la humitat del sòl varia significativament ($p < 0,05$), amb diferències importants entre els valors més alts (per sobre del 15 %), obtinguts el maig de 1985 i des del novembre de 1985 fins a l'abril de 1986, i les humitats més baixes (per sota del 15 %) dels mesos de juny a octubre de 1985 i del maig i del juny de 1986. Durant el setembre i l'octubre de 1985 la humitat del sòl va ser significativament més baixa que en la resta del període d'estudi.

En comparar la humitat del sòl de les parcel·les situades en diferents posicions topogràfiques d'un mateix turó (figura 24), s'hi observa que les parcel·les situades a la part baixa de l'obaga (P1, P2A i P2B), corresponents a les pastures mesòfiles, són les que presenten els valors més alts d'humitat durant tot el període; en canvi, els valors més baixos es donen als sòls de les pastures seques situades en els pendents del solell (P3C i P10).

A Puig-rodon la humitat del sòl del llistonar (P3C), situat en el pendent del vessant solell, és significativament més baixa ($p < 0,05$) que a les parcel·les de l'obaga (P2A: joncada mesòfila, i P9: prat d'annual sense *Stipa*, de tendència mesòfila). La de la parcel·la de la carena (P6: *Thymo-Globularietum*) no és significativament diferent de la del solell ni de les de l'obaga.

Al Clascar de Malla la humitat del sòl de la parcel·la de l'obaga (P1) és significativament més alta ($p < 0,05$) que la de la parcel·la del pendent solell (P10) i que la de les codines calcàries de la carena (P7). La humitat de l'altra parcel·la situada a la carena (P4) i la de la part baixa del solell (P3A) no varia significativament respecte de les anteriors.

A Mont-rodon, durant tot el període d'estudi, la humitat del sòl de la parcel·la de l'obaga (P2B) va ser significativament més alta ($p < 0,05$) que la del solell (parcel·la P3B, amb orientació SE).

En general, doncs, el percentatge d'humitat és significativament més alt

($p < 0,05$) a les parcel·les situades a l'obaga que a les situades als solells, i sobretot a les més pendents. Les parcel·les situades a la carena mostren valors intermedis, no significativament diferents dels de l'obaga ni dels del solell.

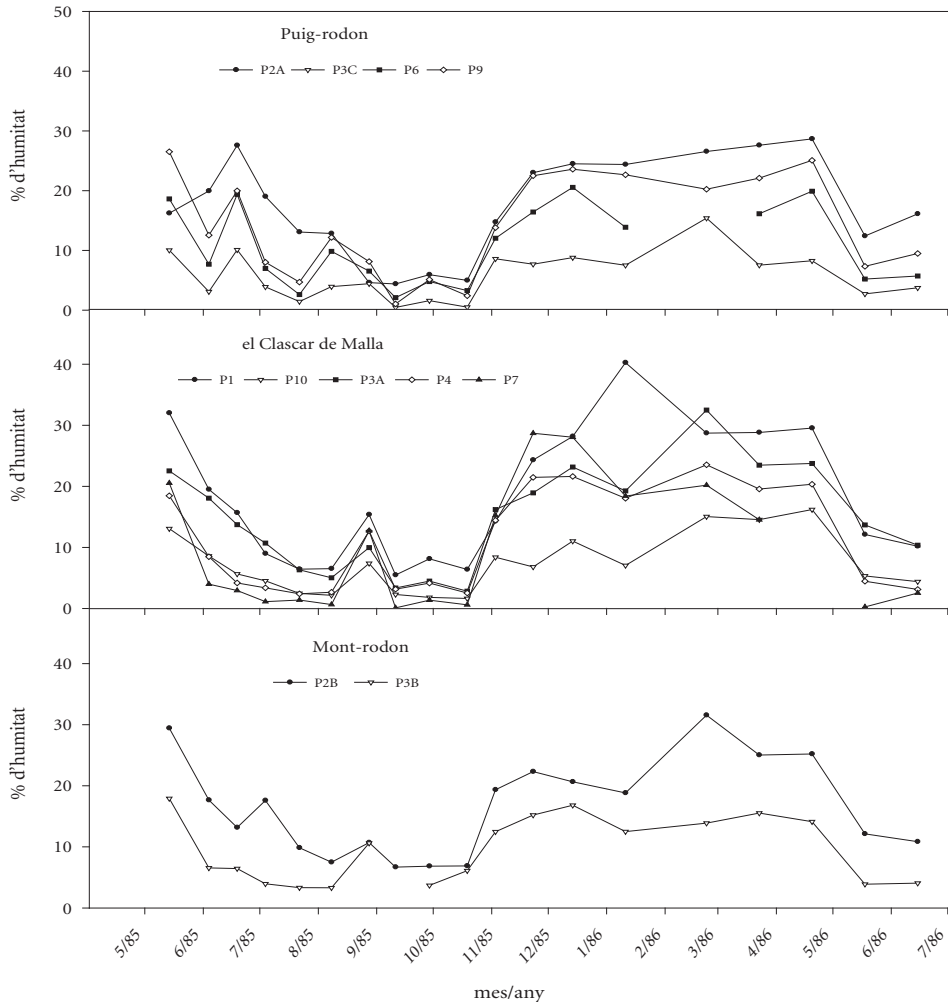


FIGURA 24. Evolució de la humitat del sòl durant el període d'estudi a les diferents parcel·les i en els diferents turons. A la taula 10 es mostren la posició topogràfica i el tipus de comunitat vegetal de cada parcel·la. Els codis de les parcel·les són els mateixos que els de la figura 23.

4.3.3.4. Potencial hídric dels sòls (ψ)

El potencial hídric del sòl (ψ) de cada parcel·la a la zona de màxim arrelament s'ha calculat mitjançant l'equació de la corba de retenció hídrica corresponent, a partir dels valors d'humitat del sòl prèviament corregits segons el % de graves.

A totes les parcel·les, la corba de retenció hídrica presenta un bon ajust a la funció exponencial del tipus $y = ax^b$ (on y és el potencial hídric i x la humitat), amb coeficients de correlació significativament alts, propers a 1 (r entre 0,98 i 1, $p < 0,01$). A la taula 14 es mostren els valors de les constants a i b de l'equació de la corba de cada parcel·la, utilitzada per estimar el potencial hídric del sòl (ψ).

Com en el cas de la humitat, l'evolució del potencial hídric del sòl (ψ) al llarg de l'any és condicionada per l'evolució de les temperatures i de les precipitacions (figura 25). El maig i el juny de 1985, quan la temperatura i l'ETP augmenten, els sòls s'assequen i el potencial hídric hi disminueix, des de valors propers a -33 kPa fins a valors per sota de -1.500 kPa. Aquesta disminució és gradual a les pastures mesòfiles i fins a final de juliol no s'arriba a valors per sota de -1.500 kPa. En canvi, a les pastures seques i als prats d'annuals el potencial hídric del sòl disminueix ràpidament i el mes de juny ja està per sota de -1.500 kPa. En els pradells d'annuals l'assecamament del sòl encara és més ràpid i el mes de juny ja s'hi assoleixen ψ extremament negatius. De juliol a octubre de 1985, el potencial hídric del sòl es va mantenir per sota de -1.500 kPa, tot i que a les pastures mesòfiles i als prats d'annuals (P4 i P9) no va assolir valors tan

TAULA 14

Valors de les constants, el coeficient de correlació (r) i el nivell de significació (sign. F) de l'equació exponencial ($y = ax^b$) de la corba de retenció d'aigua de cada parcel·la a la zona de màxim arrelament

Parcel·la	a	b	r	sign. F
P1	6344988449,32	-4,757692	0,986	0,0020
P2A	284932225,51	-4,512849	0,994	0,0005
P2B	548706399,71	-4,628483	0,992	0,0008
P3A	9325408,71	-3,998305	0,998	0,0001
P3B	4460294,87	-3,882200	0,998	0,0000
P3C	4875211,77	-3,946770	0,999	0,0000
P4	20063877,78	-4,235150	0,997	0,0002
P6	23475546,46	-4,276631	0,996	0,0003
P7	115872092,27	-4,542074	0,991	0,0010
P8	12601438,90	-4,334992	0,982	0,0028
P9	7475533,26	-3,964043	0,999	0,0000
P10	16306989,93	-3,960298	0,995	0,0004

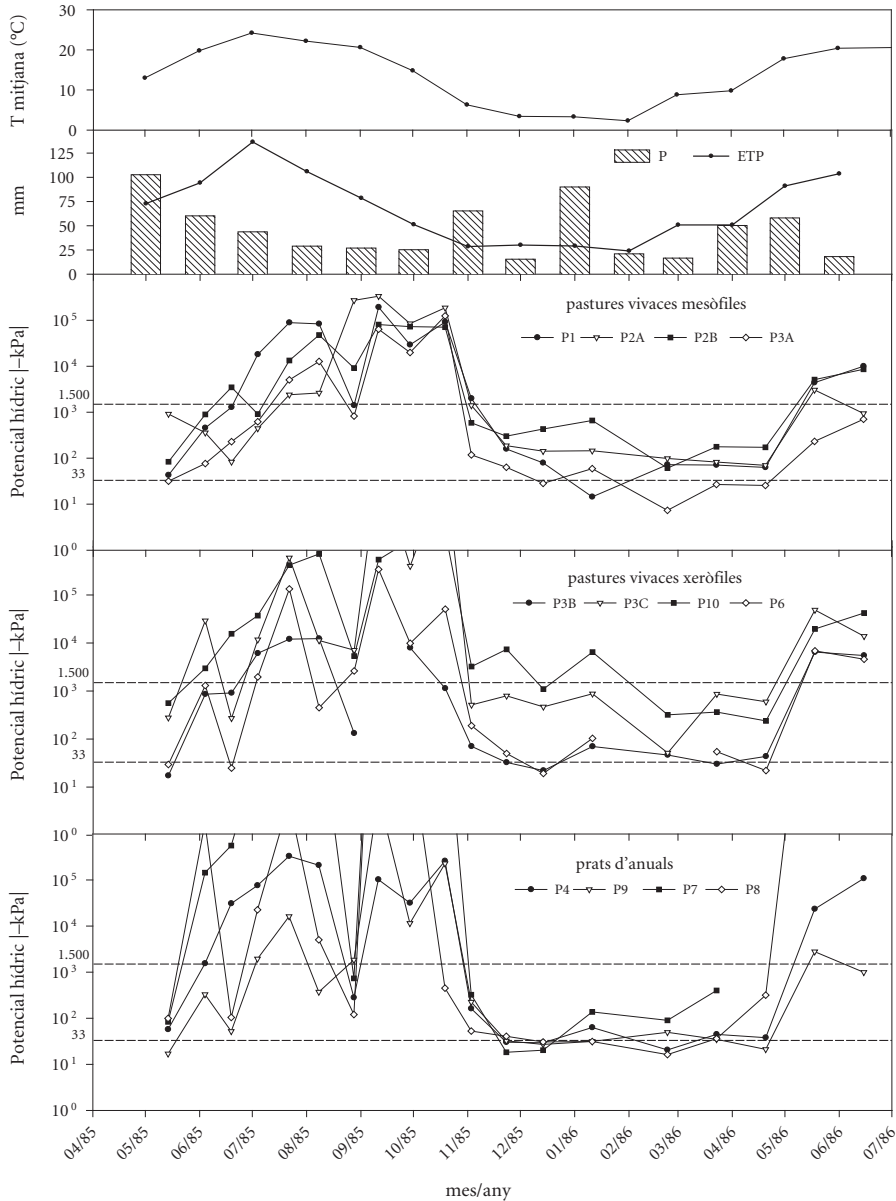


FIGURA 25. Evolució del potencial hídric del sòl durant el període d'estudi a les diferents parcel·les agrupades segons el tipus de comunitat. En els dos gràfics superiors es representen la temperatura mitjana, la precipitació (P) i l'ETP mensual de l'observatori de Vic durant el mateix període. Els codis de les parcel·les són els mateixos que a la figura 23.

negatius com als llistonars (P3C i P10) o als pradells d'annuals (P7 i P8). Aquests valors tan baixos són deguts molt probablement al mètode d'estimació del potencial hídric, mitjançant l'equació de la corba característica d'humitat. Hem considerat que aquesta corba segueix una funció del tipus $y = ax^b$ per a tots els valors de potencial. En realitat, però, per sota de -1.500 kPa tendeix asimptòticament al coeficient higroscòpic i s'aplanava una mica, de manera que els valors extremament negatius obtinguts deuen ser sobreestimats. Sigui com vulgui, la humitat del sòl de juliol a octubre va ser entre el 5 i el 10 % més baixa que el contingut d'aigua a -1.500 kPa; i, en el cas dels pradells d'annuals i dels llistonars, el setembre i l'octubre del 1985 els sòls estaven completament secs i la humitat era del mateix ordre o, fins i tot, més baixa que la del sòl sec a l'aire. Per tant, encara que els valors de ψ més enllà dels -1.500 kPa s'hagin sobreestimat, es constata que en aquest període hi va haver un dèficit hídric important en el sòl, sobretot als prats d'annuals i a les pastures xeròfiles.

A partir del novembre de 1985, quan la temperatura ambiental i l'ETP van disminuir, les precipitacions van omplir la reserva d'aigua del sòl i el ψ va augmentar fins a valors propers a -33 kPa gairebé a totes les parcel·les (figura 25). Des del novembre del 1985 i fins a l'abril del 1986, les temperatures baixes i l'ETP, igual o inferior a les precipitacions, varen mantenir el potencial hídric del sòl entre -33 kPa i -100 kPa, i en alguns moments fins i tot proper a la saturació a totes les parcel·les, excepte a les dels llistonars (on va quedar proper a -1.500 kPa o per sota). El maig del 1986, anormalment sec i càlid, el potencial hídric del sòl va ser inferior a -1.500 kPa gairebé a totes les parcel·les, amb valors semblants als que hi va haver el juliol i l'agost de l'any anterior.

A totes les parcel·les s'observen dues èpoques de l'any ben diferenciades pel que fa al potencial hídric del sòl: un període en què el ψ és molt baix, per sota de -1.500 kPa, i un altre en què es proper a -33 kPa. El primer correspon a l'estiu i a l'inici de la tardor (des del juliol fins a l'octubre de 1985), quan els sòls estan completament secs i pràcticament no hi ha aigua disponible per a les plantes (figura 25). A les pastures xeròfiles i als prats d'annuals, a partir del mes de juny el ψ del sòl ja es troba per sota del punt de marcimement, mentre que a les pastures mesòfiles aquesta situació no es dona fins a final de juliol. El segon període va des de mitjan tardor fins a mitjan primavera (des del novembre del 1985 fins a l'abril de 1986), quan la humitat del sòl és alta i hi ha aigua disponible a totes les comunitats; coincideix amb el moment en què l'ETP és inferior a les precipitacions i les temperatures baixes. El 1985, en unes condicions climàtiques properes a les mitjanes, aquesta disminució va ser gradual i no es va esdevenir dèficit hídric. En canvi, les condicions climàtiques particulars del maig i el juny del 1986 varen provocar una disminució ràpida del ψ , i a partir del maig ja es va acomplir un dèficit hídric gairebé a totes les parcel·les.

Els resultats obtinguts en l'ANOVA 2-factorial (9 comunitats $\times$ 8 períodes) indiquen que també hi ha diferències significatives en el potencial hídric del sòl segons el tipus de comunitat ($F = 8,656$; g. ll.: 8, $p < 0,001$) i entre els períodes de mostratge ($F = 68,811$; g. ll.: 7; $p < 0,001$); la interacció entre ambdós factors (*comunitat $\times$ període*) no és significativa ($F = 1,260$; g. ll.: 56; $p > 0,05$).

Comparant comunitats, els llistonars (P3C i P10) i els pradells d'annuals sobre codines margoses (P7) són els que presenten durant tot el període el potencial hídric del sòl significativament més baix (test de Scheffé, $p < 0,05$). Entre les altres comunitats les diferències no resulten significatives.

A les pastures mesòfiles, el valor i l'evolució del potencial hídric del sòl no varien significativament entre les diferents parcel·les (figura 25). Pel que fa als prats d'annuals, les diferències tampoc no són significatives entre parcel·les. Durant el període humit el potencial hídric és semblant a totes, mentre que en el període sec pren valors molt més inferiors en els pradells terofítics (P7 i P8) que en els altres prats d'annuals amb *Stipa* o sense (P4 i P9). A les pastures xeròfiles, el potencial hídric d'una de les parcel·les del llistonar (P10) va ser significativament més baix ($p < 0,05$) que el de les joncedes seques (P6 i P3B), però no significativament diferent del de l'altre llistonar (P3C).

Podem considerar que hi ha tres menes de situacions temporals significativament diferents (test de Scheffé, $p < 0,05$) pel que fa al potencial hídric del sòl: una amb un gran dèficit hídric i amb uns ψ extremament negatius (setembre-octubre del 1985), una altra amb aigua edàfica disponible (juny del 1985 i novembre-abril del 1986) i la tercera amb un dèficit hídric moderat (juny-agost del 1985 i maig-juny del 1986).

Si comparem les parcel·les situades en diferents posicions topogràfiques d'un mateix turó (figura 26), s'hi observa que el potencial hídric del sòl és sempre més baix en les dels llistonars, situades als llocs més pendents del vessant solell.

A Puig-rodon, tot i que les diferències no són significatives, durant tot el període el potencial hídric del sòl del llistonar (P3C) del solell va ser inferior al de la joncada mesòfila de l'obaga (P2A) i al del *Thymo-Globularietum* de la carena (P6).

A Malla, el potencial hídric del sòl del llistonar (P10), situat en el pendent del vessant solell, va ser significativament més baix ($p < 0,01$) que el de les altres parcel·les, excepte el del pradell d'annuals de la carena (P7). Entre les pastures mesòfiles, tant de l'obaga (P1) com del solell (P3A), i els prats d'annuals amb pelaguers de la carena (P4) no hi ha diferències significatives.

A Mont-rodon no hi ha diferències significatives en el potencial hídric del sòl de les dues parcel·les; tot i que aquest presenta una evolució similar, durant els mesos humits (de novembre a abril) és una mica més alt a la joncada seca del solell (P3B) que a la joncada mesòfila de l'obaga (P2B).

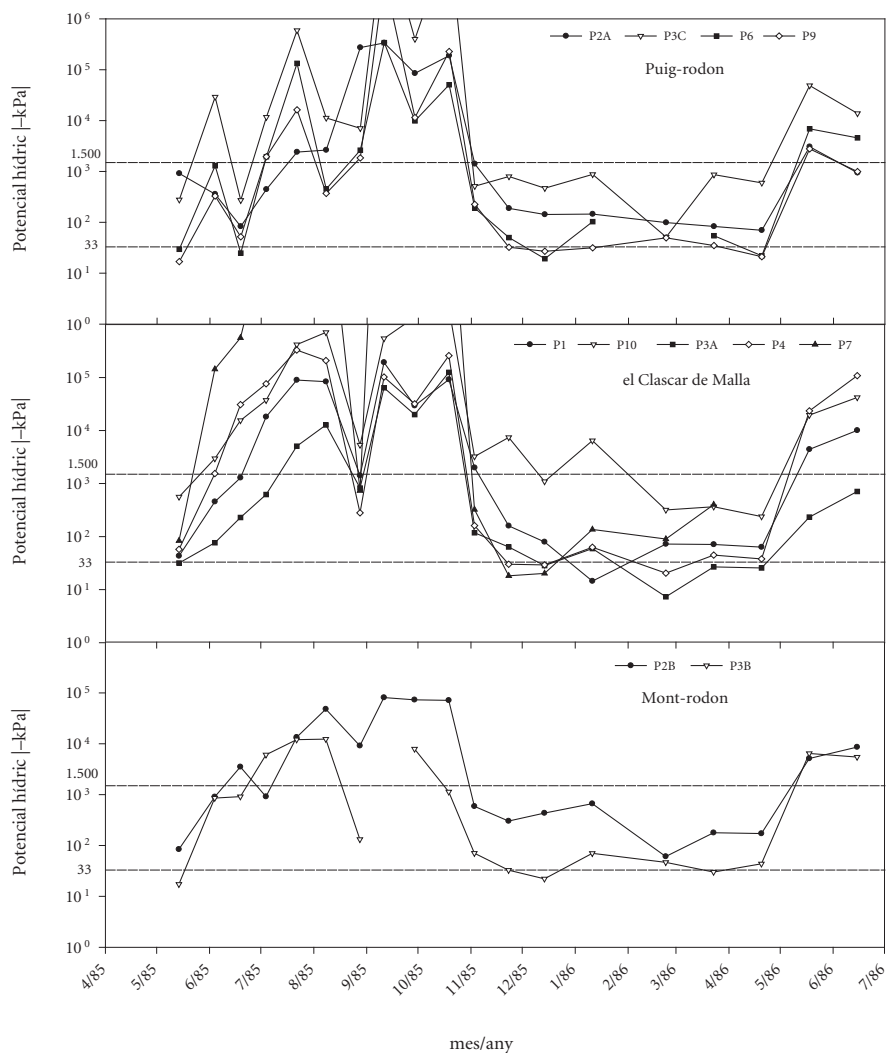


FIGURA 26. Evolució del potencial hídric del sòl a les diferents parcel·les i en els diferents turrons. A la taula 10 s'indiquen la posició topogràfica i el tipus de comunitat de cada parcel·la. Els codis de les parcel·les són els mateixos que a la figura 23.

4.3.4. Relació entre el règim hídric del sòl, la topografia i les característiques edàfiques

Hem distingit tres menes de períodes diferents pel que fa a la humitat i al potencial hídric: 1) període humit (maig de 1985 i novembre de 1985 - abril de 1986); 2) període sec (juny-agost de 1985 i maig-juny de 1986; 3) període molt sec (setembre-octubre de 1985). Hem realitzat una anàlisi de regressió lineal múltiple pas a pas per a cada període prenent com a variables dependents la humitat, per una banda, i el potencial hídric, per l'altra; i com a variables independents, l'exposició (E1, E2), la inclinació (I1, I2), la profunditat (P1, P2), el % de graves, el % de argiles i el % de matèria orgànica.

Els resultats obtinguts posen de manifest que els factors que més influeixen en el contingut hídric (taula 15) i en el potencial hídric del sòl (taula 16) són l'exposició i la profunditat del sòl. En tots els models, les variables seleccionades corresponen a les relacionades amb aquests factors i en tots els casos hi influeixen significativament. La correlació lineal entre les variables seleccionades i les variables dependents és més alta durant els períodes humits que en els períodes secs, i una mica més alta per a la humitat que per al potencial hídric.

Durant el període humit (maig del 1985 i novembre del 1985 a abril del 1986), l'exposició és la variable que més influeix tant en la humitat com en el potencial hídric del sòl; en la humitat també hi influeixen, en ordre decreixent, el percentatge de graves i la profunditat del sòl. Aquestes tres variables conjun-

TAULA 15

Resultats de l'anàlisi de regressió lineal múltiple, mètode pas a pas, entre la humitat del sòl i les variables topogràfiques (exposició i inclinació), la profunditat del sòl i els percentatges de graves, d'argiles i de matèria orgànica. Variables seleccionades en cada model i coeficients corresponents; valor de l'estadístic t i nivell de significació per a cadascuna de les variables

Període	r	r ²	Variables seleccionades	Coefficient	t	Sign.
1-humit*	0,79	0,62	Exposició (E2)	-0,538	-7,751	0,000
	F = 48,313		% de graves	-0,323	-3,927	0,000
	Sign. 0,000		Profunditat (P3)	0,196	2,271	0,026
2-sec**	0,66	0,44	Profunditat (P3)	0,468	4,331	0,000
	F = 23,662		Exposició (E1)	0,404	0,379	0,000
	Sign. 0,000		% de matèria orgànica	-0,223	-2,144	0,035
3-molt sec***	0,574	0,33	Profunditat (P3)	0,574	4,028	0,000
	F = 16,225					
	Sign. 0,000					

Variable dependent: humitat (*maig de 1985 / novembre de 1985 - abril de 1986; **juny-agost de 1985 / maig-juny de 1986; ***setembre-octubre de 1985).

TAULA 16

Resultats de l'anàlisi de regressió lineal múltiple, mètode pas a pas, entre el potencial hídric del sòl i les variables topogràfiques (exposició i inclinació), la profunditat del sòl i els percentatges de grava, d'argiles i de matèria orgànica. Variables seleccionades en cada model i coeficients corresponents; valor de l'estadístic t i nivell de significació per a cadascuna de les variables

Període	r	r ²	Variables seleccionades	Coefficient	t	Sign.
1-humit*	0,73 F = 35,094 Sign. 0,000	0,54	Exposició (E2)	0,713	8,134	0,000
			% d'argiles	0,228	2,310	0,023
			% de matèria orgànica	0,234	2,123	0,036
2-sec**	0,55 F = 9,644 Sign. 0,000	0,30	% de matèria orgànica	0,633	5,173	0,000
			Profunditat (P3)	-0,376	-3,094	0,003
			Exposició (E1)	-0,298	-2,487	0,015
			Exposició (E2)	0,260	2,626	0,010
3-molt sec***	0,60 F = 9,038 Sign. 0,001	0,36	Exposició (E2)	1,074	4,174	0,000
			Profunditat (P2)	-0,783	-3,043	0,005

Variable dependent: potencial hídric (*maig de 1985 / novembre de 1985 - abril de 1986; **juny-agost de 1985 / maig-juny de 1986; ***setembre-octubre de 1985).

tament expliquen el 62 % de la variació de la humitat del sòl. En el potencial hídric, a més de l'exposició, hi influeixen, amb un pes equivalent, el percentatge d'argiles (com a representant de la textura) i el percentatge de matèria orgànica, les quals en conjunt expliquen el 54 % de la variació.

En el període sec (juny-agost del 1985 i maig-juny del 1986), a més de l'exposició i de la profunditat del sòl, el percentatge de matèria orgànica també influeix de manera significativa en la humitat i, en major grau, en el potencial hídric. Aquestes variables expliquen el 44 % de la variació de la humitat i el 30 % de la variació del potencial hídric del sòl en aquest període.

Durant el període de màxim estrès hídric, quan la humitat és molt baixa i el potencial hídric extremament negatiu, el 33 % de variació de la humitat es pot atribuir a la profunditat, i el 36 % de la variació del potencial hídric, a l'exposició i a la profunditat (per ordre d'importància).

Així, doncs, els resultats de l'anàlisi de regressió lineal múltiple posen de manifest que tant en la humitat com en el potencial hídric del sòl influeixen més l'exposició i la profunditat del sòl que la textura i el contingut de matèria orgànica. En general, el percentatge d'argiles i el de matèria orgànica han estat poc seleccionats, i, quan ho han estat, el seu pes (indicat pel valor del coeficient corresponent) ha estat inferior al de l'exposició i al de la profunditat del sòl.

La figura 27 mostra la importància que tenen la topografia i la profunditat del sòl en el contingut i en el potencial hídric. El percentatge d'humitat i el po-

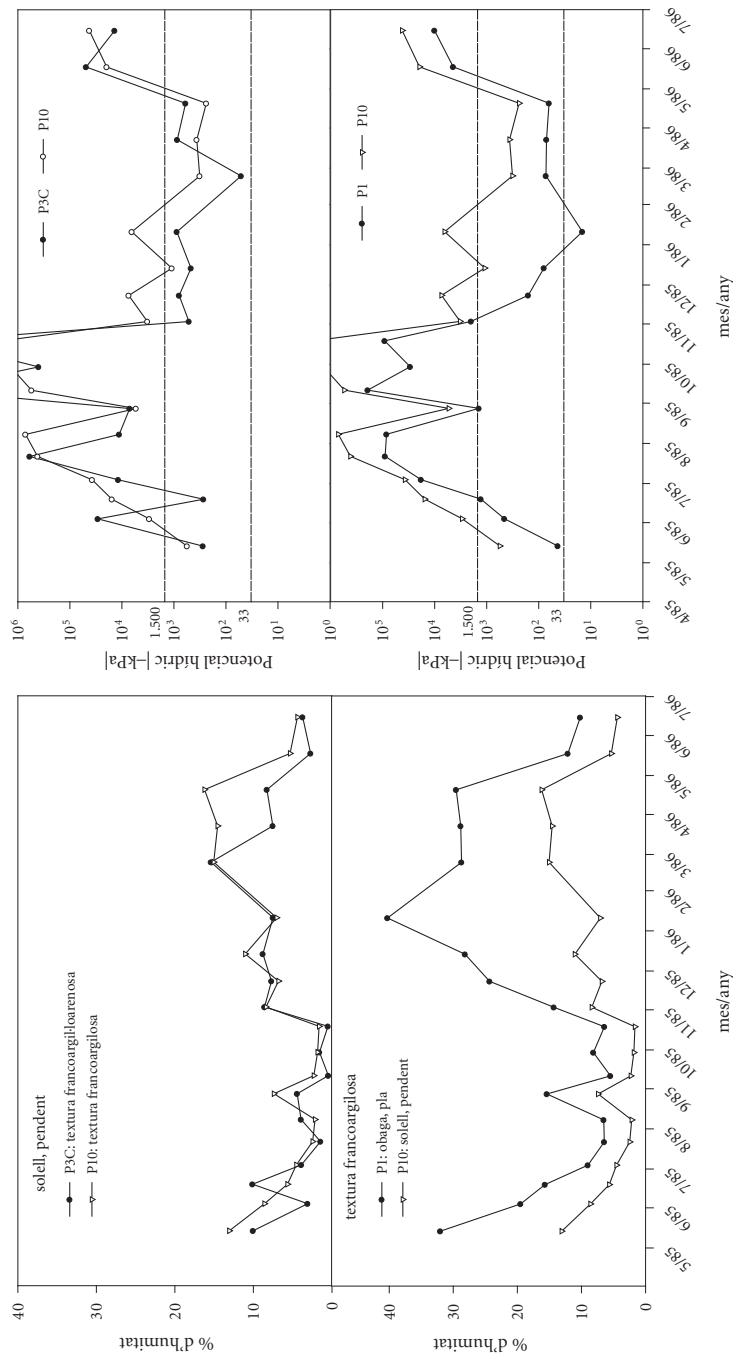


FIGURA 27. Evolució de la humitat i del potencial hídic del sòl. Els gràfics inferiors corresponen a dues parcel·les amb la mateixa textura del sòl, però situades en posicions topogràfiques diferents i amb una profunditat del sòl també diferent; l'una porta una pastura mesòfila (P1) i l'altra una de xeròfila (P10). Els gràfics superiors corresponen a parcel·les que es troben en la mateixa situació topogràfica i amb profunditat del sòl semblant, però de textura edàfica diferent; totes dues porten una pastura xeròfila (P1: *Euphrasio-Plantaginietum*; P10 i P3C: *Brachypodio-Aphyllantherum brachypodietosum retusi*).

tencial hídric del sòl difereixen significativament ($p < 0,05$), durant tot el període d'estudi, en els sòls que tenen la mateixa textura (francoargilosa), però que es troben situats en exposicions diferents (l'un a l'obaga i l'altre al solell) i que tenen també profunditats diferents (l'un de més d'1 m i l'altre entre 50 cm i 1 m). En canvi, les diferències són petites i no significatives entre els sòls de profunditat mitjana (50 cm a 1 m) que es troben en els pendents del solell i que presenten textura diferent (l'un de textura francoargilosa i l'altre de textura francoargilloarenosa).

4.4. DISCUSSIÓ

4.4.1. *Característiques fisicoquímiques*

Les característiques dels sòls estan directament relacionades amb el tipus de roca i amb el relleu. Sobre les margues, els sòls tenen textures franques, francoargiloses, francoargil·lollimoses o francoargilloarenoses, i són carbonàtics i de pH alt. En canvi, sobre gresos tenen textura francoarenosa, estan descarbonats i el seu pH és més aviat baix (taules 10 i 11). La topografia (exposició, inclinació i posició en el vessant) influeix sobre els factors microclimàtics, sobre els processos d'erosió i de sedimentació i en l'activitat biològica. En els diferents vessants d'un turó, els sòls es distribueixen típicament al llarg d'un gradient d'exportació, transport i acumulació de materials; aquest mateix gradient determina també la diversitat de la vegetació dels vessants. Profunditat, pedregositat i textura del sòl són característiques edàfiques fortament influïdes per aquests processos (Díaz Pineda, 1989). Diversos autors han posat de manifest que tant el relleu com la topografia són factors responsables de les variacions de les característiques del sòl (Butler i Goetz, 1986; Terradas, 1986; Acton, 1992) i de la composició, l'estructura i la distribució de les comunitats vegetals (Levassor *et al.*, 1981; Puerto, 1993; Guerrero-Campo *et al.*, 1999a).

L'erosió més intensa a les parts altes dels turons comporta processos d'exportació i transport dels materials cap a les parts baixes dels vessants, on s'acumulen els productes d'alteració de la roca (sobretot els materials més fins), l'aigua, les sals i els materials biològics. Aquests processos determinen diferències en la profunditat i en les característiques de les capes superiors del sòl, segons la seva posició en el vessant (Puerto *et al.*, 1980; Terradas, 1986). Coincidint amb els resultats obtinguts per uns altres autors (Guerrero *et al.*, 1999a), els sòls de les comunitats xeròfiles, situades en els pendents i a les parts altes dels vessants, són els més pedregosos, poc profunds a la zona culminant i de profunditat mitjana en les posicions intermèdies, de textura francoarenoargilosa i amb el pH i el percentatge de carbonats més elevats. En canvi, els sòls de

les pastures mesòfiles, situades a les parts baixes del vessant, són els més profunds, de textures fines (francoargiloses i francoargil·lollimoses) i poc pedregosos; contenen menys carbonats i el seu pH és lleugerament més baix. La profunditat del sòl és una de les causes principals de les diferències de composició de les pastures a poca distància (Puerto *et al.*, 1983).

La dinàmica descendent, és a dir, els processos de transport vessant avall, afecta també la fertilitat dels sòls. El contingut de nitrogen i de matèria orgànica és més alt en els sòls de les pastures mesòfiles del peu de vessant que no pas en els de les pastures xeròfiles i dels prats d'annuals de les parts altes i intermèdies. En un estudi fet en pastures del centre-oest d'Espanya, Vázquez de Aldana *et al.* (1996) varen observar també un augment significatiu de la matèria orgànica, del carboni total, del nitrogen, del calci d'intercanvi i de les argiles de dalt a baix d'un vessant. La major fertilitat dels sòls permet una producció més gran de biomassa i alhora una major aportació de matèria orgànica (Burke *et al.*, 1999; Vázquez de Aldana *et al.*, 1992; Montalvo *et al.*, 1987; Schimel *et al.*, 1985; Pérez Corona *et al.*, 1998; Corona *et al.*, 1991; Díaz Pineda, 1989). La relació C/N (la majoria entre 10 i 12) indica que en totes les comunitats estudiades els processos de descomposició i mineralització de la matèria orgànica són molt actius; els valors observats són del mateix ordre que els obtinguts per alguns altres autors (Hedin *et al.*, 1972; Sebastià, 1991a) en les capes superiors del sòl d'altres pastures.

4.4.2. Règim hídric del sòl

La capacitat de retenció d'aigua dels sòls està directament relacionada amb la textura i amb el contingut de matèria orgànica (Porta *et al.*, 1999; Brady i Weil, 1999). Els sòls de les pastures mesòfiles amb textura fina (francoargilosa o francoargil·lollimosa) i de nivells alts de matèria orgànica són els que tenen més capacitat de retenció d'aigua a tots els potencials; en canvi, aquesta capacitat és més baixa en els sòls de les pastures xeròfiles i dels prats d'annuals, de textura més grollera (francoarenosa i francoargilloarenosa) i amb poca matèria orgànica. Aquests resultats coincideixen amb els obtinguts per uns altres autors a les praderies d'Amèrica del Nord (Dodd i Lauenroth, 1997; Singh *et al.*, 1998), on les textures fines poden emmagatzemar més quantitat d'aigua que no pas les textures grolleres tant en les capes superiors del sòl com en tot el perfil.

L'evolució de la humitat i del potencial hídric del sòl al llarg de l'any al nivell de màxim arrelament segueix la distribució estacional de les precipitacions i l'evolució de les temperatures ambientals generals de la zona (figures 23 i 25). A totes les comunitats s'observen dos períodes clarament diferenciats: un pe-

ríode humit, que va de novembre a abril, en què les precipitacions més o menys abundants de la tardor i les temperatures baixes de l'hivern permeten que hi hagi bona disponibilitat d'aigua; i un període sec, corresponent als mesos d'estiu, en què les temperatures elevades i les precipitacions escasses comporten un dèficit hídric important. A final de primavera, quan les precipitacions solen ser abundants i les temperatures van augmentant, s'acompleix la transició entre aquests dos períodes i el contingut d'aigua del sòl disminueix. Tot plegat correspon a les tres estacions en què, segons Miller (1982), es pot dividir l'any en els ecosistemes mediterranis: 1) hivern, amb precipitacions altes i aigua disponible, però amb temperatures baixes que limiten el creixement de les plantes; 2) primavera, amb aigua disponible i temperatures moderades que possibiliten el creixement; i 3) estiu, amb temperatures altes, però amb precipitacions i humitat baixes que limiten fortament el creixement.

Després del dèficit hídric de l'estiu, les pluges de la tardor restitueixen ràpidament la reserva d'aigua del sòl a totes les parcel·les. En el període estudiat, els mesos de setembre i octubre varen ser molt secs (vegeu el capítol 3) i les precipitacions tardorals no varen arribar fins a final d'octubre, cosa que va allargar la sequera de l'estiu fins ben entrada la tardor. Les temperatures baixes de l'hivern permeten mantenir una bona disponibilitat d'aigua del sòl fins a la primavera següent; a les comunitats mesòfiles i als prats d'annuals la humitat del sòl és alta i el potencial hídric proper a la capacitat de camp (-33 kPa), mentre que a les pastures seques tant la humitat com el potencial hídric romanen sensiblement més baixos. Durant l'hivern les temperatures baixes són el principal factor limitant del desenvolupament de les plantes a les comunitats mediterrànies (Evans i Young, 1989).

Cardona, en l'estudi d'algunes comunitats vegetals barcelonines (1980), observa també que la humitat del sòl depèn clarament de les precipitacions atmosfèriques, que les humitats més altes es donen a la tardor i a la primavera, en els moments de més pluges, i que els mesos més secs són els d'estiu. L'evolució de la humitat al llarg de l'any és semblant a l'observada a les pastures de la plana de Vic; els mesos més humits són els de tardor-hivern, i a la primavera els sòls es van assecant fins a assolir els valors més baixos d'humitat a l'estiu.

Durant l'estiu, la manca d'aigua és el principal factor limitant, de manera que s'esdevé una aturada del creixement de les plantes a tots els tipus de pastures. L'esgotament de la reserva d'aigua del nivell superior del sòl és especialment ràpid en els sòls prims dels prats d'annuals i en els de les pastures xeròfiles situades en els pendents més inclinats del solell. Tant la forta radiació que reben com l'escàs recobriment vegetal d'aquestes pastures fan que les aportacions d'aigua procedents de les pluges d'estiu es perdin ràpidament per l'ETP. La posició en el vessant influeix en l'ETP i en la dessecació del sòl a través de la

radiació i de la velocitat del vent (Isard, 1986); als solells amb més radiació i a les carenes amb més circulació d'aire les pèrdues d'aigua per ETP són superiors i els sòls s'assequen més ràpidament.

Les diferències en l'evolució de les temperatures entre el solell i l'obaga, comentades en el capítol anterior, condicionen l'evolució diferent de la humitat del sòl en les comunitats corresponents, sobretot durant la primavera quan aquella disminueix. A final d'hivern i durant la primavera les temperatures augmenten i comencen a ser favorables per al creixement; és el moment en què els teròfits germinen i en què les plantes vivaces i les anuals, que ja havien germinat a la tardor, reprenen el creixement (Guàrdia *et al.*, 1998).

Les diferències més importants en el règim hídric entre les comunitats estudiades es donen precisament durant la primavera (període de transició entre l'humit de l'hivern i l'eixut de l'estiu), quan les temperatures són favorables, la reserva hídrica del sòl disminueix fins que s'esgota i el període de dèficit hídric s'inicia. Comença una fase d'aclimatació de les plantes a la deshidratació, en què es combinen els efectes del dèficit hídric amb la temperatura i la intensitat lumínica elevada (Pereira i Chaves, 1993). A les comunitats xeròfiles del solell i als prats d'anuals, la disminució de la humitat i del potencial hídric del sòl a final de primavera (maig i juny) és més ràpida que a les mesòfiles de l'obaga i de les parts baixes del vessant. Segons Miller (1982), el temps d'esgotament de la disponibilitat d'aigua del sòl a principi d'estiu depèn de la profunditat del sòl, de la pedregositat, de la capacitat de retenció d'aigua, de les precipitacions i de l'ETP primaveral. La intensa radiació que reben els sòls de les exposicions al sud fa que la disminució de la humitat hi sigui més ràpida que en els d'exposició al nord (Isard, 1986). Les característiques dels sòls de les pastures mesòfiles (més profunds, menys pedregosos, de textura fina i amb més matèria orgànica) afavoreixen que la humitat i el potencial hídric hi disminueixin de manera més lenta i gradual. L'ascensió capil·lar d'aigua permetrà restituir les pèrdues per evapotranspiració en els nivells superiors (Hillel, 1982). En estudis posteriors caldrà avaluar les diferències que hi ha entre comunitats pel que fa a la reserva d'aigua de les capes inferiors del sòl.

En els sòls poc profunds, incipients, on es fan les comunitats d'anuals, hi ha una disminució encara més ràpida de la humitat i del potencial hídric del sòl, fet que comporta un escurçament del període vegetatiu de les plantes vivaces, amb rels profundes i de cicle llarg, i afavoreix indirectament el creixement de les plantes anuals, adaptades a un esgotament sobtat dels recursos (Bazzaz i Morse, 1991; Shmida i Burgues, 1988). Les variacions microclimàtiques i la sequera extrema estival expliquen la presència de teròfits, que en tots els ambients àrids es comporten com a espècies tolerants a l'estrès (Madon i Medail, 1997). Les temperatures altes de l'estiu són en general poc importants per als

prats d'annuals, perquè els teròfits ja s'han mort abans i les seves llavors no en són afectades (Evans i Young, 1989).

Les condicions ambientals i l'evolució de la humitat i del potencial hídric del sòl durant la primavera semblen determinants per a la composició florística de les comunitats. Les diferents condicions hídriques durant l'estació de creixement influeixen en la distribució topogràfica de la vegetació (Isard, 1986). A les pastures seques, la poca disponibilitat d'aigua, sobretot durant el període en què les temperatures són favorables per al creixement, juntament amb el fort dèficit hídric estival condicionen la presència de plantes adaptades a viure amb poca aigua, les quals presenten diferents mecanismes, fisiològics i anatòmics, per evitar-ne les pèrdues i regular llur economia hídrica (Pereira i Chaves, 1993; Puigdefàbregues i Pugnaire, 1999). Segons alguns autors (Pereira i Chaves, 1993) hi ha prou indicis per concloure que en condicions d'estrès les plantes tenen mecanismes de regulació fotoquímica i bioquímica que els permeten ajustar el seu funcionament a les limitacions ambientals. La més bona disponibilitat d'aigua durant el període de creixement en els sòls més profunds de les obagues i dels peus de vessant permet la presència d'espècies mesòfiles, amb requeriments hídrics més alts i amb l'òptim vegetatiu a final de primavera (Guàrdia *et al.*, 1998). En les pastures mediterrànies, el balanç d'aigua sembla un factor rellevant per a llur composició florística (Montalvo *et al.*, 1993). Segons Sebastià (1991a), la humitat del sòl és un factor molt important per a les comunitats vegetals, ja que influeix directament sobre les plantes i en la disponibilitat de nutrients.

La variabilitat interanual en la distribució de les precipitacions comporta evidentment variacions en l'evolució general de la humitat del sòl, que afecten sobretot l'època de transició entre els períodes humit i sec. Les poques precipitacions i les temperatures altes del maig del 1986 varen ocasionar una disminució ràpida de la humitat i del potencial hídric del sòl, de manera que a partir d'aquest mes totes les comunitats van entrar en dèficit hídric. La tardor excepcionalment seca de l'any 1985 va fer que la sequera estival s'allargués fins a final d'octubre i que durant els mesos de setembre i octubre s'acomplís el dèficit hídric més important de tot el període d'estudi.

Els resultats concernents a la humitat i al potencial hídric del sòl posen de manifest quins són els factors que afecten la seva evolució, entre els quals hi ha la topografia (exposició, inclinació o pendent), la profunditat i algunes altres característiques dels sòls (textura i contingut de matèria orgànica). Els factors que més influeixen en la disponibilitat d'aigua al llarg de l'any són l'exposició, el pendent i la profunditat del sòl. La capacitat de retenció d'aigua del sòl està directament relacionada amb la textura i el contingut de matèria orgànica, però la quantitat d'aigua i l'estat en què es troba en cada moment depenen sobretot de la

posició en el vessant (exposició, inclinació) i de la profunditat del sòl. El relleu té una forta influència en l'acumulació i en el moviment de l'aigua en els sòls (Acton, 1992), de manera que el règim hídric varia en funció de la topografia (Rainer, 1990); les diferències d'orientació causen diferències en el règim d'insolació i, secundàriament, afecten la disponibilitat d'aigua (Evans i Young, 1989).

De tots els paràmetres edàfics considerats, els que es relacionen més amb la diversitat de la vegetació són els que influeixen directament en el règim hídric del sòl (la profunditat i la textura). Aquests factors regeixen la quantitat d'aigua utilitzable per les plantes, alhora que condicionen les altres característiques físico-químiques del sòl a través dels processos edafogènics. Evans i Young (1989) demostren que la distribució de la vegetació va d'acord amb les característiques del sòl que més afecten la disponibilitat d'aigua. Cal considerar, d'altra banda, el paper que té la vegetació en les propietats del sòl; el tipus de comunitat influeix sobretot en el contingut de matèria orgànica i de nutrients, però també en els efectes dels processos d'erosió i de degradació (Pouget, 1980).

La diversitat de relleus que es donen en els turons determina el desenvolupament de diferents tipus de sòls en les diferents exposicions i posicions topogràfiques. El règim hídric particular de cada sòl influeix directament en la composició florística de les comunitats vegetals que s'hi desenvolupen.

En conclusió, a les àrees més planes de la base dels turons margosos i també en zones poc inclinades dels vessants nord, nord-est i nord-oest trobem sòls profunds ben desenvolupats, d'estructura favorable i textura francoargil·lollimosa, amb una gran capacitat de retenció hídrica; la pedregositat hi és baixa, són carbonàtics i, dins d'aquests, són els que tenen el pH més baix. Hi són importants els processos d'acumulació de materials procedents de l'erosió del vessant. Són els que afavoreixen una major disponibilitat hídrica per a les plantes al llarg de tot l'any. Tot plegat hi permet el desenvolupament de l'*Euphrasio-Plantaginetum mediae* i de les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*), pastures constituïdes per un proporció alta d'espècies de tendència centreeuropea.

A les zones poc inclinades exposades al sud i a les àrees més pendents dels vessants est i oest hi ha sòls pedregosos, de profunditat mitjana, de textura francoargil·loarenosa i amb un contingut alt de carbonats i baix de matèria orgànica. La disponibilitat hídrica hi és inferior a la dels sòls anteriors, cosa que implica un augment d'espècies xeròfiles mediterrànies i una minva de plantes mesòfiles. Aquí és on trobem les joncedes seques (*Brachypodio-Aphyllanthetum typicum*).

En els pendents més inclinats ($> 10^\circ$) del vessant sud, on predominen els processos d'erosió i transport, els sòls són pedregosos, tenen una profunditat mitjana (50-100 cm) i la textura de la seva capa superior és francoargil·loarenosa; són molt carbonàtics, de pH alt, i contenen poca matèria orgànica. Aquests

sòls tenen la mínima disponibilitat d'aigua, fins i tot durant el període humit, ja que bona part de l'aigua que hi arriba es perd per escolament superficial i la que s'infiltra és evaporada ràpidament. En aquests sòls és on es fan els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), constituïts majoritàriament per espècies termòfiles mediterrànies.

A les parts culminants dels turons o a mig vessant en els replans de les margues, sobre substrats més durs, trobem en general sòls poc profunds i de textura entre franca i francoargil·loarenosa. Quan la pedregositat és elevada, s'hi desenvolupen les comunitats del *Thymo-Globularietum cordifoliae*, en què la planta dominant (*Globularia cordifolia*) creix arrapada a terra formant una catifa gairebé contínua. Quan el contingut de graves és baix, hi apareixen els prats d'annuals amb pelaguers (*Brachypodio-Stipetum typicum*). El règim hídric d'aquests sòls és similar al de les joncedes seques, i això explica la presència d'espècies mesoxeròfiles mediterrànies; en els sòls més prims són freqüents les plantes anuals.

A les parts baixes dels turons, en zones poc inclinades, per sota dels pendents abruptes desproveïts de vegetació, l'acumulació de materials fins procedents de les parts superiors dona lloc a la formació de sòls inicials, poc evolucionats, de poca profunditat, de textura franca o francoargil·losa, carbonàtics i lleugerament bàsics. Tenen bona disponibilitat hídrica en les èpoques de pluges (primavera i tardor) o d'humitat ambiental alta (hivern) a causa que s'hi acumula l'aigua que s'escorre dels vessants; en canvi, a final de primavera s'assequen ràpidament i es mantenen completament secs durant tot l'estiu. Aquest règim hídric determina la presència de teròfits i de plantes mesohigròfiles estacionals, característiques dels prats d'annuals sense pelaguers (*Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli*).

A les codines, els sòls són molt prims, incipients, formats directament a partir dels materials procedents de l'erosió i la meteorització de la mateixa roca i per l'activitat dels vegetals que hi han arrelat. Sobre les margues són sòls francs, poc pedregosos, amb un contingut de carbonats i un pH elevats. És on es fan els pradells de crespínells amb anuals (*Sedetum micrantho-sediformis*). En canvi, sobre els gresos es formen sòls de textura arenosa, descarbonatats, lleugerament àcids i amb molt poca matèria orgànica. S'hi fan els pradells d'annuals acidòfils (*Helianthemum guttati*). En ambdós casos, la disponibilitat hídrica està estretament lligada a les precipitacions i a la humitat ambiental per mor de la poca capacitat de retenció d'aigua d'aquests sòls.

5. Els factors ambientals i la distribució de les pastures

5.1. INTRODUCCIÓ

L'estructura i la composició florística de les comunitats vegetals són determinades per les interaccions entre les plantes constituents (relacions de competència) i entre aquestes i els factors ambientals (clima, característiques dels sòls, topografia, etc.). Una associació vegetal és una comunitat abstracta definida per una combinació característica d'espècies que es troba en una àrea geogràfica determinada de característiques ecològiques (edàfiques i microclimàtiques) particulars, les quals condicionen la seva composició florística.

L'estudi de les relacions entre les espècies i l'ambient és un dels problemes centrals en ecologia (Mercier *et al.*, 1992). Totes les espècies es troben en un hàbitat característic i d'amplitud limitada; dins d'aquesta amplitud tendeixen a ser més abundants al voltant del seu òptim ecològic particular. Al llarg de gradients ambientals hi ha un reemplaçament successiu de les espècies en funció dels canvis en l'ambient o al llarg del temps (Ter Braak i Prentice, 1988). Els gradients són generalment una abstracció de la realitat física per explicar la distribució dels organismes en l'espai i en el temps (Austin, 1985). Ter Braak i Prentice (1988) fan una revisió de les tècniques d'anàlisi numèrica que ajuden a la interpretació de la composició de les comunitats en termes de respostes de les espècies als gradients ambientals en sentit ampli. L'anàlisi de gradients *sensu lato* inclou tant l'anàlisi de gradients directa, on l'abundància de cada espècie es descriu en funció de les variables ambientals mesurades, com l'anàlisi de gradients indirecta (Whittaker, 1967), en què les mostres de les comunitats són representades al llarg d'uns eixos de variació que poden ser interpretats en termes de gradients ambientals.

Diversos autors han utilitzat els mètodes multivariants per estudiar les relacions entre les comunitats vegetals (prats, brolles, boscos, etc.) i els factors am-

bientals que influeixen en la seva composició, la seva estructura i la seva distribució; Mercier *et al.* (1992) exposen els principals mètodes numèrics que es poden aplicar per estudiar les relacions espècies-ambient. L'anàlisi de components principals (ACP) és un dels mètodes que s'han aplicat en diversos estudis per conèixer les relacions entre les variables edàfiques i la distribució de les espècies i de les comunitats vegetals (Meyer *et al.*, 1992; Puerto *et al.*, 1980). En canvi, en els estudis de vegetació un dels mètodes més utilitzats és l'anàlisi de correspondències. En estudis de pastures, alguns autors apliquen, per una banda, l'ACP per esbrinar els principals factors de variació dels paràmetres edàfics i, per l'altra, l'anàlisi de correspondències (AC) per aconseguir una ordenació de les comunitats basada en la composició florística (Guerrero Campo *et al.*, 1999a; Rivas-Martínez *et al.*, 1980; Sebastià, 1991a i 1991b; Mengui *et al.*, 1993; Ben-Shahar, 1990 i 1991; Madon i Médail, 1997). Segons Montaña i Greigh-Smith (1990), l'AC és un mètode apropiat quan es pretén buscar una correlació àmplia entre grups de variables ambientals i grups d'espècies, i és especialment útil quan les dades de riquesa específica són heterogènies. L'anàlisi factorial de correspondències (AFC) és un altre mètode que s'ha utilitzat per definir grups d'inventaris florístics en espais on la vegetació és heterogènia i dispersa (Guàrdia, 1995; Guerrero, 1998), com també per comparar l'ordenació dels inventaris obtinguda amb aquest mètode numèric i la classificació realitzada mitjançant el mètode fitosociològic tradicional (Lacoste i Roux, 1971; Font, 1993; Valls, 1999). Alguns altres autors apliquen l'anàlisi canònica de correspondències (Ter Braak, 1987; Wondzell *et al.*, 1990; Rainer, 1990; Escudero i Regato, 1992; Aguado-Santacruz i García-Moya, 1998; Didier i Poudevigne, 2000) o l'anàlisi de correspondències de tendències (*detrended correspondence analysis*) per establir relacions directes entre la composició de les comunitats i les variables ambientals (Chang i Gauch, 1986; Wondzell *et al.*, 1990; Jha i Singh, 1990) o bé per avaluar els efectes de les pertorbacions ambientals en la composició i la distribució de les espècies (McIntyre i Lawerel, 1994).

L'objectiu d'aquest capítol és analitzar les relacions causals que es poden establir entre els paràmetres ecològics estudiats i la composició i la distribució de les pastures de la Plana mitjançant els mètodes d'anàlisi multivariant.

Hem aplicat dos mètodes numèrics d'ordenació: l'AFC per a les dades de vegetació i l'ACP per a les dades edàfiques. La interpretació conjunta de les ordenacions obtingudes en aquestes dues anàlisis ha de permetre avaluar les relacions causals entre les comunitats pradenques i els factors ecològics estudiats.

Els resultats que presentem en aquest capítol han estat publicats, de manera més sintètica, a la revista *Acta Botanica Barcinonensia* (Casas i Ninot, 2003).

5.2. METODOLOGIA

5.2.1. *Fonaments teòrics de l'anàlisi de components principals i de l'anàlisi factorial de correspondències*

L'anàlisi de components principals (ACP) i l'anàlisi factorial de correspondències (AFC) són dos mètodes d'anàlisi factorial mitjançant els quals, a partir de les n variables inicials que caracteritzen les mostres estudiades, s'obté un nombre reduït de noves variables (components principals o factors) que expliquen la major part de la variabilitat de les n variables inicials. Aquestes noves variables definides són no correlacionades i poden representar-se com a eixos ortogonals que emmarquen un espai cartesià bidimensional. Normalment se seleccionen els primers parells d'eixos (1 i 2, 1 i 3), que són els que acumulen la major part de la variància de les variables i, per tant, els que aporten més informació (Benzecri, 1966; Guinochet, 1973; Cuadras, 1991).

En l'ACP s'escullen a partir de la matriu de correlacions entre les variables els factors (anomenats *components principals*) que són combinació lineal de les variables observables i que expliquen en ordre decreixent la major part de la variància total. Les dues o tres primeres components principals s'utilitzen normalment com a coordenades per a la representació gràfica de les mostres. La separació física entre mostres dona una idea de la proximitat, o distància matemàtica, que hi ha entre si. Aquesta ACP és escaient d'aplicar-la quan s'utilitzen variables quantitatives (Cuadras, 1991).

L'AFC, introduïda per Benzecri el 1966, és un cas particular de l'anàlisi de components principals. Permet representar gràficament els inventaris (mostres) en funció de les espècies (variables) i les espècies en funció dels inventaris; a més, possibilita la representació simultània dels inventaris i de les espècies en un mateix gràfic. Per a l'estudi de les comunitats vegetals l'AFC sembla l'anàlisi més idònia perquè permet comparar simultàniament els inventaris i les espècies i reconèixer les relacions d'afinitat que hi ha entre inventaris, entre espècies i entre inventaris i espècies (Gauch, 1982; Pouget, 1980). Existeixen ja diversos estudis de la vegetació en què es posa de manifest la bona concordança entre els resultats obtinguts en l'AFC i els establerts amb els mètodes fitosociològics clàssics (Lacoste i Roux, 1972; Font, 1993; Valls, 1999).

Un dels aspectes més interessants d'aquestes anàlisis és la interpretació ecològica dels eixos resultants, sovint assimilables a gradients ambientals, interpretació que permet relacionar les comunitats vegetals entre si i amb les condicions ambientals.

Cal tenir en compte, però, que tant l'AFC com l'ACP són mètodes numèrics d'ordenació que faciliten l'estimació de les afinitats entre les mostres considerades, però que no proporcionen directament una classificació (Guino-

chet, 1973; Margalef, 1980). Per a la classificació i la formació automàtica de grups cal recórrer a uns altres mètodes multivariants, com ara l'anàlisi discriminant o l'anàlisi d'estols (*cluster analysis*).

5.2.2. *Aplicació de l'anàlisi factorial de correspondències i de l'anàlisi de components principals a les dades florístiques i edàfiques*

Hem realitzat una AFC sobre una matriu formada pels 144 inventaris de pastures de la zona estudiada. La tipificació dels inventaris segons el mètode sigmatista ha portat a la descripció de deu comunitats diferents (vegeu el capítol 2). En aquesta anàlisi hem tingut en compte només la presència o l'absència de les espècies en els inventaris. Havent-ne exclòs prèviament els tàxons presents només en un o dos inventaris, el nombre total d'espècies ha estat 201. Per a la preparació de les matrius a partir dels inventaris hem utilitzat els programes del paquet XTRINAU (Font, 1990), i per a l'execució de l'anàlisi i la representació dels resultats, el programa ADCO, desenvolupat per C. Cuadras i G. Alonso.

A fi d'esbrinar quins són els principals factors responsables de la diversitat dels sòls de les pastures i com s'ordenen aquestes en funció dels principals factors de variació, hem aplicat una ACP sobre les vint-i-cinc mostres de sòls analitzades. Les localitats corresponents i les característiques del nivell superior dels sòls (10 cm superiors) són descrites en el capítol 4. Les variables edàfiques emprades en l'anàlisi han estat: profunditat, sorres, argiles, graves, carbonats, pH en aigua, matèria orgànica, relació C/N i densitat aparent. No hi hem inclòs les variables llim i nitrogen perquè estan altament correlacionades amb aquelles (la primera amb les sorres i les argiles, i la segona amb la matèria orgànica). En l'anàlisi hem utilitzat les variables originals, o bé les variables transformades, en cas que no seguissin una distribució normal (graves i pH en aigua). Hem aplicat la transformació de l'arcsinus de l'arrel quadrada de la variable dividida per 100 ($\arcsin \sqrt{x/100}$) en el cas de les graves, i l'antilogaritme (10^x) en el cas del pH (Sokal i Rohlf, 1995). Per a la realització de l'ACP hem utilitzat el paquet estadístic SPSS (v. 9.0).

5.3. RESULTATS

5.3.1. *Anàlisi factorial de correspondències dels inventaris florístics*

5.3.1.1. Ordenació dels inventaris

A la figura 28 es representa la disposició dels inventaris segons els dos primers eixos de variació de l'AFC, els quals donen una variància conjunta del 10,4 % (5,59 % el primer i 4,82 % el segon).

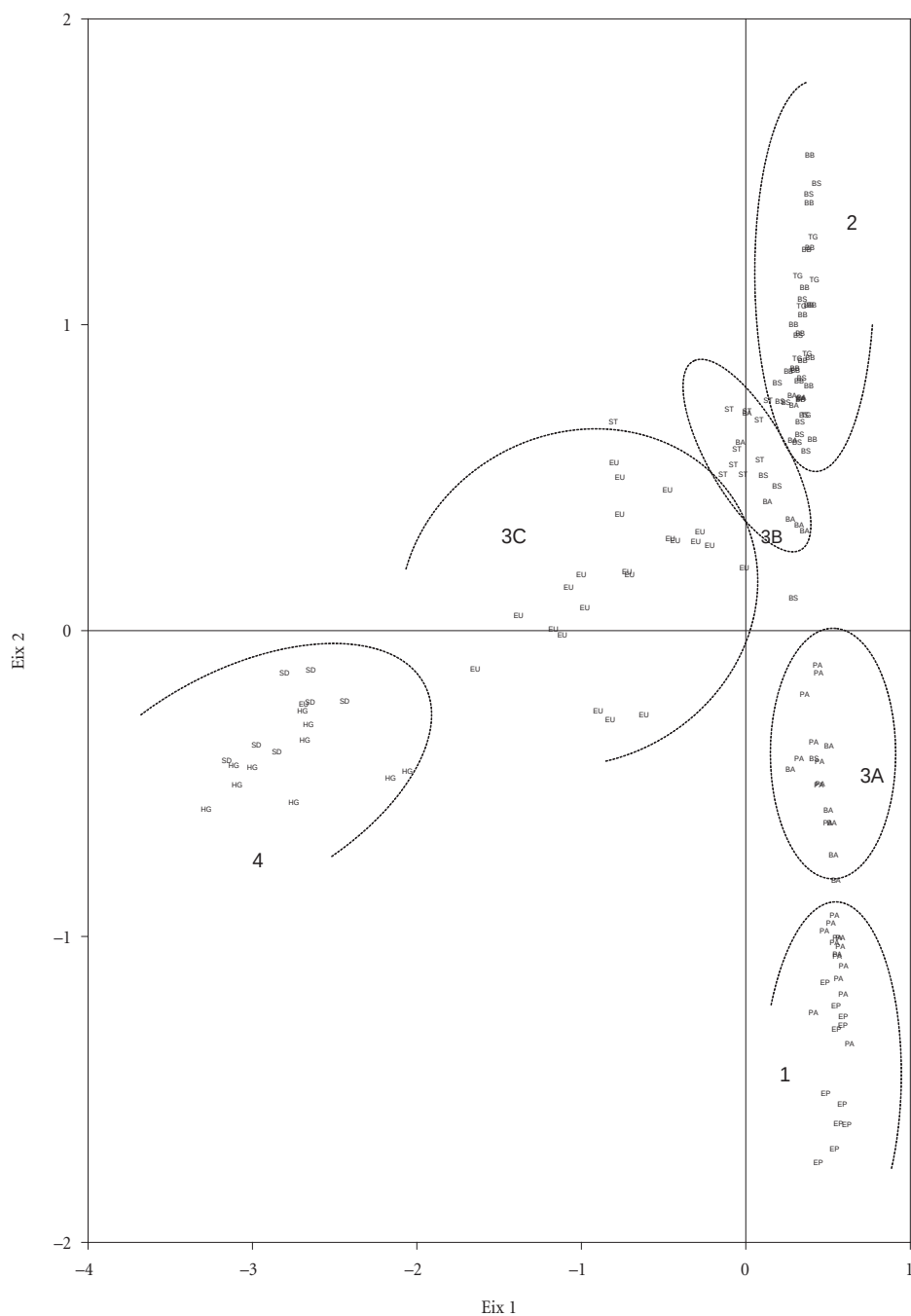


FIGURA 28. Ordenació dels inventaris segons els dos primers eixos de variació de l'AFC. Cadascun dels inventaris s'indica mitjançant el codi de la comunitat corresponent: EP: *Euphrasio-Plantaginetum mediae*; PA: *Plantagini-Aphyllanthesetum*; BA: *Brachypodio-Aphyllanthesetum typicum*; BS: *Brachypodio-Aphyllanthesetum stipetosum*; BB: *Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi*; TG: *Thymo-Globularietum cordifoliae*; ST: *Brachypodio-Stipetum ibericae typicum*; EU: *Brachypodio-Stipetum ibericae centauretiosum pulchelli*; SD: *Sedetum micrantho-sediformis*; HG: *Helianthemum guttati*.

El primer eix permet separar les comunitats vivaces de les teròfitiques. A la banda negativa de l'eix hi ha un grup de comunitats ben separat de la resta, que inclou els inventaris en què predominen els teròfits i que corresponen a les associacions *Helianthemum guttati* i *Sedetum micrantho-sediformis*. El grup intermedi, força extens, correspon als inventaris del *Thero-Brachypodium*, que presenten una proporció important de plantes anuals, però també d'hemicriptòfits (*Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli* i *Brachypodio-Stipetum typicum*). A la banda positiva de l'eix queden disposats tots els inventaris de les comunitats vivaces (*Mesobromion* i *Aphyllanthion*), constituïdes majoritàriament per hemicriptòfits i camèfits i amb poques plantes anuals. Aquest eix horitzontal es pot relacionar, doncs, amb la profunditat del sòl, un factor que condiciona directament la presència d'espècies anuals. El grup de l'esquerra correspon als pradells d'anuals de les codines, desenvolupats damunt de sòls incipients, molt prims; el grup intermedi, als prats d'anuals damunt de sòls poc profunds, però no tan prims com els anteriors; i el grup majoritari que hi ha a la banda positiva de l'eix, als prats vivaços desenvolupats sobre sòls més o menys profunds.

El segon eix distribueix el conjunt d'inventaris de les comunitats vivaces (*Aphyllanthion* i *Mesobromion*) seguint un gradient de mesofilia-xerofilia. Al llarg d'aquest eix vertical es van separant gradualment, de baix a dalt, les comunitats mesòfiles (*Euphrasio-Plantaginetum* i *Plantagini-Aphyllanthetum*), situades a la banda negativa, de les comunitats xeròfiles (*Brachypodio-Aphyllanthetum*), situades a la banda positiva. El grup superior inclou els inventaris de les comunitats més seques: els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), el *Thymo-Globularietum cordifoliae* i les joncedes amb pelaguers (*Brachypodio-Aphyllanthetum stipetosum*). Els inventaris del *Brachypodio-Aphyllanthetum typicum* se situen a la zona intermèdia, vora l'origen, fent el trànsit entre les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*) i els llistonars. Aquest eix vertical cal, doncs, relacionar-lo amb l'exposició, de manera que el grup de l'extrem inferior correspon a inventaris de pastures situades a les obagues i els grups de l'extrem superior corresponen majoritàriament als inventaris dels solells. En les posicions intermèdies es barregen inventaris aixecats en orientacions diferents, incloent-n'hi alguns d'orientats al nord i d'altres d'orientats al sud.

En conclusió, segons els dos primers eixos de l'AFC es poden separar força bé sis grups d'inventaris, cadascun integrat pels sintaxons que presenten més afinitats florístiques (figura 28). Tres d'aquests grups corresponen a les comunitats vivaces: a l'extrem inferior, les comunitats mesòfiles (grup 1); a l'extrem superior, les més xeròfiles (grup 2), i entremig (grup 3A), els inventaris més xeròfils del *Plantagini-Aphyllanthetum* i els més mesòfils del *Brachypo-*

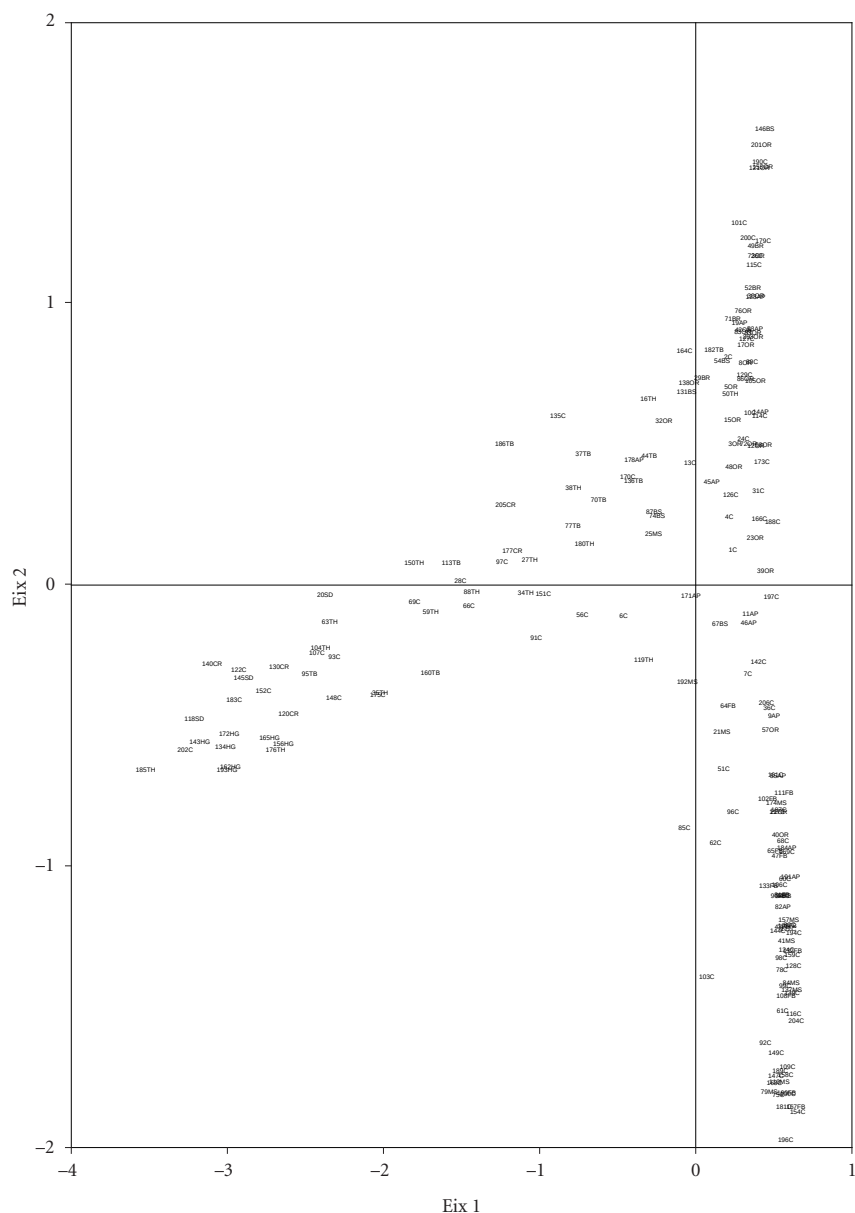
dio-Aphyllanthetum. Els tres grups restants corresponen als prats d'annuals, que se separen al llarg de l'eix horitzontal. El grup 4, de l'extrem inferior esquerre, inclou els pradells d'annuals, tant els acidòfils com els calcícoles; al mig hi ha tots els inventaris del *Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli* (grup 3C), i el tercer grup (3B), que inclou els inventaris dels prats d'annuals amb pelaguers (*Brachypodio-Stipetum typicum*), queda situat prop de les comunitats vivaces xeròfiles, amb les quals presenta forces afinitats florístiques. L'AFC permet separar clarament les dues subassociacions del *Brachypodio-Stipetum*: la típica, més propera a l'*Aphyllanthion* i amb força afinitats florístiques amb les comunitats xeròfiles del *Brachypodio-Aphyllanthetum stipetosum*, i la subassociació *centaurietosum pulchelli*, a mig camí entre les comunitats vivaces i els pradells d'annuals de les codines calcàries i dels pradells acidòfils.

5.3.1.2. Ordenació de les espècies

L'ordenació de les espècies emprant els dos mateixos eixos de variació (figura 29) no delimita grups tan evidents com en el cas dels inventaris, si bé la seva distribució segueix els mateixos patrons.

Al llarg de l'eix horitzontal se separen les espècies anuals, a la banda negativa, i les espècies perennes (hemcriptòfits i camèfits), a la banda positiva. A l'extrem esquerre de l'eix s'agrupen les anuals acidòfiles característiques d'*Helianthemion guttati* (*Logfia minima*, *Aira caryophyllea*, *Trifolium arvense*, *Scleranthus annuus*, *Myosotis ramosissima*, *Hypochoeris glabra*, *Arabidopsis thaliana*), els camèfits de fulla suculenta que caracteritzen el *Sedetum-micranthosediformis* (*Sedum album*, *Sedum acre* i *Sedum sediforme*), alguns altres teròfits estretament relacionats amb les comunitats de les codines (*Trigonella monspeliaca*, *Teucrium botrys*, *Poa bulbosa*, *Galium parisiense* o *Arenaria serpyllifolia*) i les criptògames (*Grimmia pulvinata*, *Pleurochaete squarrosa* o *Cladonia foliacea*). A la part central de l'eix horitzontal se situa el conjunt de plantes anuals característiques de *Thero-Brachypodion* i *Thero-Brachypodietea*, que caracteritzen els prats d'annuals del *Brachypodio-Stipetum* (*Leontodon taraxacoides*, *Alyssum alyssoides*, *Desmazeria rigida*, *Euphorbia sulcata*, *Bombycilaena erecta*, *Brachypodium distachyon*, etc.), i les espècies anuals mesòfiles, diferencials de la subassociació *centaurietosum pulchelli* (*Centaureum pulchellum*, *Orchis coriophora* i *Euphrasia pectinata*). Com abans, aquest eix està relacionat amb la profunditat del sòl.

Al llarg del segon eix se separen clarament les espècies perennes, seguint, com en el cas dels inventaris, un gradient de mesofília-xerofília, relacionat amb l'ecologia i el caràcter biogeogràfic de les plantes. A l'extrem inferior es troben les espècies mesòfiles, centreeuropees, predominantment hemcriptò-



TAULA 17

Codis alfabètics utilitzats en la figura 29:

MS: Mesobromion; FB: Brometalia i Festuco-Brometea; AP: Aphyllanthion; BR: Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi; OR: Ononido-Rosmarinetea; TB: Thero-Brachypodion i Thero-Brachypodietalia; BS: subassociacions del Brachypodio-Stipetum; SD: Sedetum micrantho-sediformis; HG: Helianthemion guttati; TH: Thero-Brachypodietea; CR: criptògames (molses i líquens); C: companyes

1C	<i>Festuca gr. ovina</i>	34TH	<i>Medicago minima</i>
2C	<i>Thymus vulgaris</i>	35TH	<i>Cerastium pumilum</i>
3OR	<i>Koeleria vallesiana</i>	36C	<i>Hieracium gr. pilosella</i>
4C	<i>Potentilla neumanniana</i>	37TB	<i>Bombycilaena erecta</i>
5OR	<i>Helianthemum italicum</i>	38TH	<i>Linum strictum</i>
6C	<i>Plantago lanceolata</i>	39OR	<i>Carex humilis</i>
7C	<i>Eryngium campestre</i>	40OR	<i>Coronilla minima</i>
8OR	<i>Teucrium polium</i>	41MS	<i>Plantago media</i>
9AP	<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	42OR	<i>Avenula bromoides</i>
10C	<i>Genista scorpius</i>	43FB	<i>Helianthemum nummularium</i>
11AP	<i>Hippocrepis glauca</i>	44TB	<i>Bupleurum baldense</i>
12OR	<i>Asperula cynanchica</i>	45AP	<i>Globularia vulgaris</i>
13C	<i>Dichanthium ischaemum</i>	46AP	<i>Ononis pusilla</i>
14AP	<i>Linum tenuifolium</i> subsp. <i>milleti</i>	47FB	<i>Onobrychis supina</i>
15OR	<i>Argyrolobium zanonii</i>	48OR	<i>Trinia glauca</i>
16TH	<i>Convolvulus cantabrica</i>	49BR	<i>Brachypodium retusum</i>
17OR	<i>Fumana procumbens</i>	50TH	<i>Carlina corymbosa</i>
18C	<i>Brachypodium phoenicoides</i>	51C	<i>Dactylis glomerata</i>
19AP	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	52BR	<i>Helichrysum stoechas</i>
20SD	<i>Sedum sediforme</i>	53AP	<i>Inula montana</i>
21MS	<i>Carex caryophyllea</i>	54BS	<i>Stipa iberica</i>
22OR	<i>Avenula pratensis</i>	55AP	<i>Astragalus monspessulanus</i>
23OR	<i>Euphorbia nicaeensis</i>	56C	<i>Linum catharticum</i>
24C	<i>Odontites lutea</i>	57OR	<i>Thesium divaricatum</i>
25MS	<i>Euphrasia pectinata</i>	58OR	<i>Carduncellus monspelliensium</i>
26C	<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	59TH	<i>Desmazeria rigida</i>
27TH	<i>Leontodon taraxacoides</i>	60C	<i>Galium pumilum</i>
28C	<i>Dipcadi serotinum</i>	61C	<i>Lotus corniculatus</i>
29BR	<i>Sideritis hirsuta</i>	62C	<i>Medicago lupulina</i>
30OR	<i>Lavandula latifolia</i>	63TH	<i>Arenaria serpyllifolia</i>
31C	<i>Teucrium chamaedrys</i>	64FB	<i>Sanguisorba minor</i>
32OR	<i>Helianthemum apenninum</i>	65FB	<i>Scabiosa columbaria</i>
33OR	<i>Coris monspeliensis</i>	66C	<i>Vulpia ciliata</i>

TAULA 17 (Continuació)

67BS	<i>Blackstonia perfoliata</i>	105OR	<i>Jasonia tuberosa</i>
68C	<i>Carex flacca</i>	106C	<i>Dianthus seguieri</i> subsp. <i>gautieri</i>
69C	<i>Erodium cicutarium</i>	107C	<i>Erophila verna</i>
70TB	<i>Euphorbia exigua</i>	108FB	<i>Ononis spinosa</i>
71BR	<i>Plantago albicans</i>	109C	<i>Poa pratensis</i>
72OR	<i>Satureja montana</i>	110MS	<i>Salvia pratensis</i>
73OR	<i>Globularia cordifolia</i>	111FB	<i>Carlina vulgaris</i>
74BS	<i>Orchis coriophora</i>	112C	<i>Stachys officinalis</i>
75C	<i>Agrimonia eupatoria</i>	113TB	<i>Astragalus stella</i>
76OR	<i>Atractylis humilis</i>	114C	<i>Carex hallerana</i>
77TB	<i>Brachypodium distachyon</i>	115C	<i>Echinops ritro</i>
78C	<i>Daucus carota</i>	116C	<i>Festuca</i> gr. <i>rubra</i>
79MS	<i>Ranunculus bulbosus</i>	117C	<i>Scabiosa atropurpurea</i>
80C	<i>Polygala calcarea</i>	118SD	<i>Sedum album</i>
81C	<i>Prunella vulgaris</i>	119TH	<i>Allium sphaerocephalon</i>
82AP	<i>Catananche caerulea</i>	120CR	<i>Cladonia foliacea</i>
83OR	<i>Fumana ericoides</i>	121OR	<i>Ononis tridentata</i>
84MS	<i>Pimpinella saxifraga</i>	122C	<i>Poa bulbosa</i>
85C	<i>Trifolium campestre</i>	123AP	<i>Veronica tenuifolia</i>
86OR	<i>Leuzea conifera</i>	124C	<i>Allium oleraceum</i>
87BS	<i>Centaureum pulchellum</i>	126C	<i>Echium vulgare</i>
88TH	<i>Euphorbia sulcata</i>	127C	<i>Euphorbia brittingeri</i>
89C	<i>Hypericum perforatum</i>	128C	<i>Knautia arvensis</i>
90FB	<i>Prunella laciniata</i>	129C	<i>Melica ciliata</i>
91C	<i>Sherardia arvensis</i>	130CR	<i>Pleurochaete squarrosa</i>
92C	<i>Trifolium pratense</i>	131BS	<i>Stipa capillata</i>
93C	<i>Anagallis arvensis</i>	132FB	<i>Teucrium pyrenaicum</i>
94FB	<i>Bromus erectus</i>	133FB	<i>Veronica austriaca</i>
95TB	<i>Galium parisiense</i>	134HG	<i>Aira caryophyllea</i>
96C	<i>Hypochoeris radicata</i>	135C	<i>Allium</i> sp.
97C	<i>Ajuga chamaepitys</i>	136TB	<i>Ononis reclinata</i>
98C	<i>Arrhenatherum elatius</i>	137MS	<i>Cirsium acaule</i>
99C	<i>Briza media</i>	138OR	<i>Fumana thymifolia</i>
100C	<i>Centaurea jacea</i>	139C	<i>Galium lucidum</i>
101C	<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>	140CR	<i>Grimmia pulvinata</i>
102FB	<i>Phleum phleoides</i>	142C	<i>Leucanthemum vulgare</i>
103C	<i>Trifolium repens</i>	143HG	<i>Logfia minima</i>
104TH	<i>Trifolium scabrum</i>	144C	<i>Picris hieracioides</i>

TAULA 17 (Continuació)

145SD	<i>Sedum acre</i>	177CR	<i>Didymodon vinealis</i>
146BS	<i>Stipa offneri</i>	178AP	<i>Euphorbia mariolensis</i>
147C	<i>Taraxacum officinale</i>	179C	<i>Ononis minutissima</i>
148C	<i>Veronica polita</i>	180TH	<i>Petrorhagia prolifera</i>
149C	<i>Agrostis capillaris</i>	181C	<i>Phleum pratense</i>
150TH	<i>Alyssum alyssoides</i>	182TB	<i>Scabiosa stellata</i>
151C	<i>Bromus hordeaceus</i>	183C	<i>Teucrium botrys</i>
152C	<i>Erodium ciconium</i>	184AP	<i>Thymelaea sanamumda</i>
154C	<i>Leontodon hispidus</i>	185TH	<i>Trigonella monspeliaca</i>
155OR	<i>Lithodora fruticosa</i>	186TB	<i>Arenaria conimbricensis</i>
156HG	<i>Trifolium arvense</i>	187C	<i>Astragalus austriacus</i>
157MS	<i>Trifolium montanum</i>	188C	<i>Centaureium umbellatum</i>
158C	<i>Viola hirta</i>	189C	<i>Cirsium gr. eriophorum</i>
159C	<i>Viola sylvestris</i>	190C	<i>Euphorbia serrata</i>
160TB	<i>Arenaria leptoclados</i>	191AP	<i>Genista hispanica</i>
161C	<i>Dorycnium hirsutum</i>	192MS	<i>Gymnadenia conopsea</i>
162HG	<i>Myosotis ramosissima</i>	193HG	<i>Hypochoeris glabra</i>
163C	<i>Origanum vulgare</i>	194C	<i>Knautia catalaunica</i>
164C	<i>Psoralea bituminosa</i>	195FB	<i>Koeleria pyramidata</i>
165HG	<i>Scleranthus annuus</i>	196C	<i>Lolium perenne</i>
166C	<i>Scorzonera graminifolia</i>	197C	<i>Ophrys apifera</i>
167FB	<i>Thymus pulegioides</i>	199FB	<i>Prunella grandiflora</i>
169C	<i>Viola sp.</i>	200C	<i>Quercus coccifera</i>
170C	<i>Aegilops ovata</i>	201OR	<i>Rosmarinus officinalis</i>
171AP	<i>Anacamptis pyramidalis</i>	202C	<i>Silene nocturna</i>
172HG	<i>Arabidopsis thaliana</i>	203OR	<i>Stachelina dubia</i>
173C	<i>Cirsium sp.</i>	204C	<i>Tetragonolobus maritimus</i>
174MS	<i>Cirsium tuberosum</i>	205CR	<i>Toninia caeruleonigrescens</i>
175C	<i>Cistus salviifolius</i>	206C	<i>Viola alba</i>
176TH	<i>Crucianella angustifolia</i>		

fits, característiques de *Mesobromion* i *Festuco-Brometea*, les quals són també diferencials de les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*), com és ara *Thymus pulegiodes*, *Prunella grandiflora*, *Ranunculus bulbosus*, *Salvia pratensis*, *Plantago media*, *Cirsium acaule* o *Onobrychis supina*. A més d'aquestes espècies característiques, hi ha també companyes de caràcter mesòfil de distribució centreeuropea (*Leontodon hispidus*, *Phleum pratense*, *Agrimonia eupatoria* o *Centaurea jacea*, entre altres). A l'extrem superior s'agrupen les es-

pècies més termòfiles, típicament mediterrànies, sobretot camèfits, característiques d'*Ononido-Rosmarinetea* i diferencials dels llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), com ara *Brachypodium retusum*, *Helicrysum stoechas*, *Lithospermum fruticosum*, *Lavandula latifolia* o *Fumana procumbens*. Entre aquests dos extrems es disposen gradualment diversos tàxons mesoxeròfils d'*Aphyllanthion* i d'*Ononido-Rosmarinetea* (*Aphyllanthes monspeliensis*, *Hippocrepis galuca*, *Ononis pusilla*, *Carex humilis*, *Euphorbia nicaeensis*, *Globularia vulgaris*, *Trinia glauca*, etc.).

5.3.2. Anàlisi de components principals dels sòls de les pastures

Els tres primers eixos resultants de l'ACP aplicada a les característiques dels sòls expliquen globalment el 79,26 % de la variància: el 42,38 % el primer, el 23,72 % el segon i el 12,7 % el tercer. La importància relativa dels factors per a les variables considerades en l'anàlisi són, per al primer eix i en ordre decreixent, argiles, sorres, matèria orgànica, profunditat i densitat aparent; per al segon eix, carbonats, pH en aigua i graves; i per al tercer, relació C/N (taula 18).

A partir dels resultats i de la representació gràfica de l'ACP prenent els dos primers eixos de variació (figura 30), es dedueix que el primer eix representa la textura, la fertilitat i la profunditat del sòl. Hi queden destriats clarament els sòls més profunds, de textura fina, argilosos i amb molta matèria orgànica, situats a la banda dreta; els sòls mitjanament profunds, de textura argil·loarenosa i amb menys matèria orgànica, situats prop del centre de coordenades; i els sòls molt prims, de textura sorrenca i amb poca matèria orgànica, a l'extrem inferior esquerre.

El segon eix està relacionat amb el contingut de carbonats i es correspon amb un gradient de pedregositat i d'acidesa del sòl. Al llarg d'aquest eix vertical se separen els sòls pedregosos, de pH alt i normalment molt carbonatats (situats a la

TAULA 18
Correlació entre cadascuna de les variables edàfiques i les tres components extretes en l'ACP

Variables	Components		
	1	2	3
Argiles	0,9278	0,0220	-0,2235
Sorres totals	-0,9199	-0,0049	-0,1441
Matèria orgànica	0,8114	-0,1859	-0,2730
Profunditat	0,8010	0,0134	0,0449
Densitat aparent	-0,7099	-0,3984	0,3255
Carbonats	0,0815	0,8117	0,2218
pH _{H₂O}	0,2195	0,7868	0,4053
Graves	-0,4111	0,7728	-0,2829
C/N	0,3469	-0,2559	0,7727

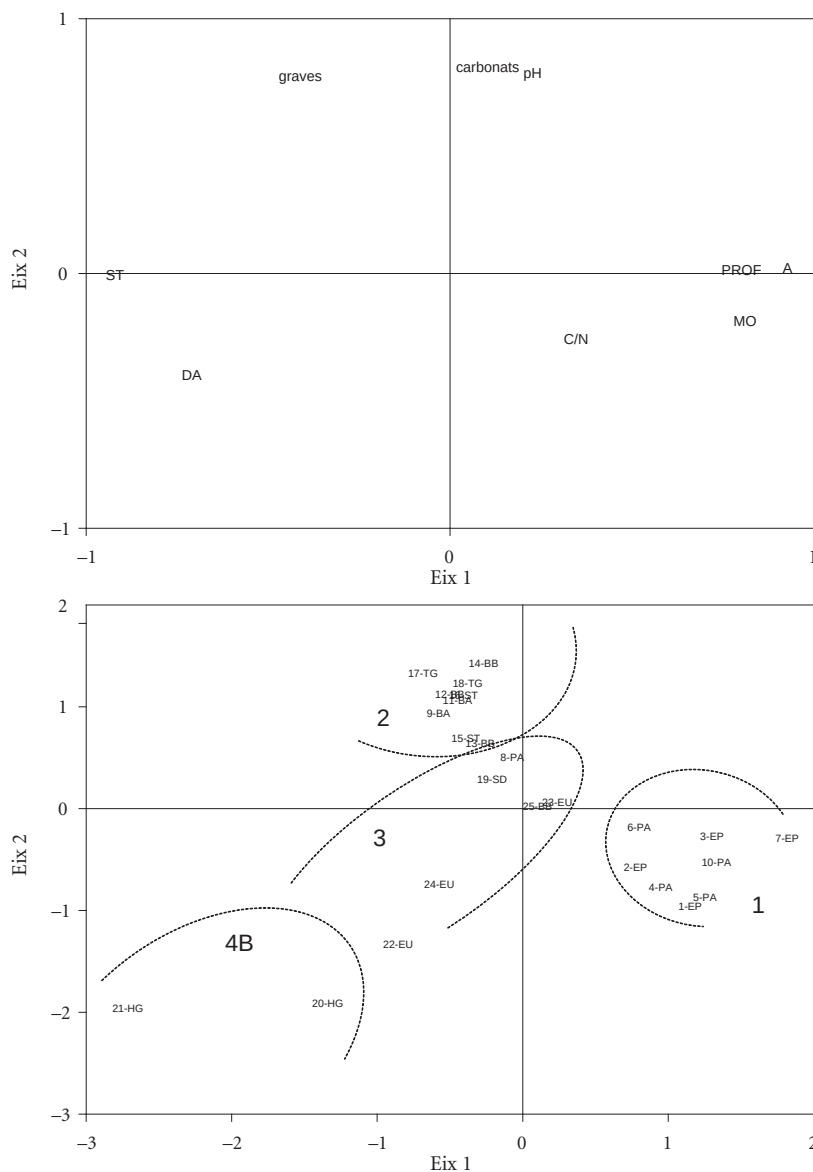


FIGURA 30. Representació de les variables edàfiques (gràfic superior) i de les mostres de sòl de la zona de màxim arrelament (gràfic inferior), en un espai definit pels dos primers eixos de variació de l'ACP. En el gràfic inferior, cada mostra és identificada amb un número propi i un codi alfabètic que indica el tipus de comunitat. Per a les característiques edàfiques de cada mostra vegeu l'annex 2; per als codis alfabètics, vegeu la figura 28. PROF: profunditat; A: argiles; ST: sorres totals; MO: matèria orgànica; DA: densitat aparent; C/N: relació carboni/nitrogen.

part superior esquerra); els poc pedregosos i lleugerament bàsics (en posició intermèdia), i els lleugerament àcids i poc pedregosos (a la part inferior esquerra). El tercer eix, no representat aquí, està relacionat amb la mineralització del sòl.

Cadascun dels quatre grups que es poden diferenciar en l'ACP inclou els sòls de les comunitats més afins florísticament (figura 30), de manera que els sòls del grup 1 corresponen a les comunitats vivaces mesòfiles (*Euphrasio-Plantaginietum* i *Plantagini-Aphyllanthetum*); els del grup 2, a les pastures xeròfiles (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*, *Thymo-Globularietum*, *Brachypodio-Aphyllanthetum typicum* i *Brachypodio-Stipetum*); el grup 3, als prats d'annuals calcícoles (*Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli*), i el grup 4, als pradells d'annuals acidòfils (*Helianthemetum guttati*).

5.3.3. *Relació entre l'anàlisi factorial de correspondències i l'anàlisi de components principals*

Els grups obtinguts en les dues anàlisis (AFC i ACP) corresponen a grups ecològics força ben diferenciats, cadascun dels quals inclou una o més comunitats pradenques afins. La distància entre aquests grups indica quines són les principals variables ambientals que en condicionen tant la composició florística com la distribució en l'espai. A la taula 19 resumim les característiques edàfiques, florístiques i fitotopogràfiques corresponents.

5.4. DISCUSSIÓ

Observem que els inventaris s'ordenen de manera molt semblant, tant en funció de la composició florística (grups obtinguts amb l'AFC) com en funció dels paràmetres edàfics (grups obtinguts en l'ACP). Això indica que l'afinitat florística dels inventaris es correspon, tal com era d'esperar, amb l'afinitat edàfica i referma, per tant, la causalitat que exerceixen les propietats dels sòls en la composició de les comunitats vegetals. Peco *et al.* (1980), estudiant els prats del centre de la península Ibèrica, conclouen que la tendència principal de la variació florística està correlacionada amb les tendències de la variació fisicoquímica dels sòls, cosa que permet entendre l'estructura de la vegetació com el resultat d'aquesta interacció.

L'ordenació dels inventaris florístics mitjançant l'AFC permet separar força bé les comunitats descrites seguint el mètode sigmatista i posa de manifest les seves afinitats. Per exemple, visualitza clarament la transició gradual que es dona entre els sintàxons eurosiberians (*Mesobromion*) i els mediterranis (*Ononido-Rosmarinetea*) a través de les comunitats d'*Aphyllanthion* (*Plantagini-Aphyllanthetum*, *Brachypodio-Aphyllanthetum typicum* i *Brachypodio-Aphyl-*

lanthetum brachypodietosum retusi). Els diagrames de l'AFC permeten una comprensió directa dels diferents grups i aporten una ordenació objectiva dels inventaris delatant els inventaris híbrids o mal diferenciats. Tal com van observar alguns altres autors (Lacoste i Roux, 1971; Font, 1993), veiem també una bona concordança entre la classificació dels inventaris en unitats fitosociològiques i la seva ordenació mitjançant l'AFC.

TAULA 19

Característiques florístiques, edàfiques i topogràfiques dels grups obtinguts en l'AFC i l'ACP

-
- Grup 1: Pastures d'afinitat centreeuropea (*Euphrasio-Plantaginetum mediae*) o mesoxeròfiles (*Plantagini-Aphyllanthesetum*), constituïdes majoritàriament per hemicriptòfits. Sòls profunds, francoargilosos i francoargil·lollimosos, amb un contingut alt de matèria orgànica i baix de graves. Dins dels sòls carbonàtics, són els que tenen el pH més baix. Tenen bona disponibilitat hídrica i es troben situats majoritàriament en exposició al nord, a la part baixa dels turons, plana o poc inclinada.
- Grup 2: Prats xeròfils (*Brachypodio-Aphyllanthesetum*, *Thymo-Globularietum cordifoliae*) amb moltes espècies mediterrànies i amb un nombre important de camèfits. Sòls francoargil·loarenosos, mitjanament profunds, fàcilment erosionables, amb un contingut alt de graves i poca matèria orgànica, i de pH alt. Situats majoritàriament en exposició al sud, a les parts mitjanes i altes dels vessants, força pendents, o als replans pedregosos sobre les margues. La disponibilitat hídrica és força inferior a la dels sòls del grup anterior.
- Grup 3: Pastures que fan la transició entre els dos grups precedents, tant pel que fa a la composició florística com a les característiques edàfiques. Sòls francs o francoargilosos, poc profunds, amb un percentatge de matèria orgànica inferior als del grup 1; o bé sòls francoargil·loarenosos amb un contingut de graves inferior als del grup 2. Situats en totes les exposicions.
- 3A: Prats secs, xeròfils (*Brachypodio-Aphyllanthesetum typicum*) o mesoxeròfils (*Plantagini-Aphyllanthesetum*), que fan la transició entre els grups 1 i 2. Constituïts per hemicriptòfits i camèfits.
- 3B-3C: Prats terofítics calcícoles (*Brachypodio-Stipetum ibericae*)
- 3B: Amb predomini de *Stipa iberica* i amb camèfits xeròfils (*Brachypodio-Stipetum ibericae typicum*). Situats a les parts culminants i en exposició al sud.
- 3C: Amb teròfits i sense *Stipa iberica* (*Brachypodio-Stipetum ibericae centauretiotum pulchelli*). Situats al peu dels turons.
- Grup 4: Pradells terofítics de codines, sobre sòls incipients.
- 4A: Calcícoles, situats sobre margues (*Sedetum micrantho-sediformis*).
- 4B: Pradells d'annuals acidòfils, sobre gresos (*Helianthemum guttati*). Sòls francoarenosos, superficials, de pH i contingut de matèria orgànica baixos. Situats a les carenes, sobre els gresos.
-

Basant-nos en l'ordenació de l'AFC, les pastures de la Plana es poden distribuir en sis grans grups de comunitats que posen de manifest les afinitats florístiques entre si i reflecteixen el gradient ecològic en què es desenvolupen. Dins de cadascun dels grups, les variacions de composició florística degudes a petites variacions ambientals autoritzen a distingir-hi diversos sintàxons. L'aplicació de noves AFC als grans grups obtinguts hauria permès de separar les associacions que inclouen i conèixer amb més detall el factor de variació dins de cada grup individual. L'AFC permet interpretar quins són els gradients ambientals que determinen o controlen la composició florística, en aquest cas de les pastures. L'aplicació de l'AFC a les dades florístiques permet, per tant, la individualització de grups que representen els tipus de medis i que concorden de manera significativa amb els que es defineixen a partir de les característiques florístiques (associacions vegetals), de manera que es pot afirmar que a cada associació vegetal li corresponen unes determinades condicions ecològiques (Lacoste i Roux, 1972).

Superposant el diagrama de les espècies i el dels inventaris, es fan evidents els tàxons característics de cada associació, de manera que mitjançant l'AFC es poden definir més objectivament les agrupacions d'espècies i posar en evidència no solament els tàxons característics de cada associació, sinó també el seu component específic normal. Aquest tipus de representació també mostra quines són les més freqüents (Lacoste i Roux, 1971).

Les comunitats terofítiques ocupen una extensió reduïda, es localitzen en els indrets més eixuts i estan lligades generalment als sòls superficials, mentre que les comunitats vivaces són les majoritàries en tots els turons de la Plana, sempre en sòls poc o molt profunds (vegeu el capítol 2).

Els teròfits, abundants a la regió mediterrània, són plantes que passen el període desfavorable (en aquest cas l'estiu, sec i càlid) en forma de llavor, la unitat morfològica de les angiospermes més resistent a la sequera (Shmida i Burguess, 1988). A més, són plantes de creixement ràpid que completen el seu cicle biològic en menys d'un any. Segons Danin i Orshan (1990), l'efimerisme és part de l'estratègia de les plantes anuals per sobreviure durant l'estació seca. A la Plana, les pastures terofítiques representen, des del punt de vista dinàmic, les etapes inicials de la successió damunt dels afloraments calcaris rocosos (Bolòs, 1959). En els diagrames de l'AFC queden a la banda negativa de l'eix horitzontal. Dintre seu se separen força clarament els pradells propis de les codines, damunt de sòls incipients (de 2 a 10 cm), i els que es fan sobre sòls una mica més gruixuts (de 20 a 50 cm) i que contenen també algunes espècies vivaces (camèfits i hemicriptòfits). A l'extrem negatiu de l'eix s'agrupen les espècies pioneres en la colonització de superfícies desproveïdes de vegetació, com són els teròfits més efimers, les criptògames i els camèfits de fulla suculent

(*Sedum* sp. pl.), característics dels pradells d'annuals de les codines, tant sobre gresos (*Helianthemum guttati*) com sobre margues i calcàries (*Sedetum micrantho-sediformis*). A la part mitjana de l'eix se situen la resta d'espècies anuals, característiques de les dues subassociacions del *Brachypodio-Stipetum*, l'una pròpia de les carenes (subass. *typicum*), i l'altra, dels peus de vessant, amb sòls poc profunds (subass. *centaurietosum pulchelli*). Al llarg de l'eix horitzontal de l'AFC hi ha, doncs, un gradient ben clar, associat al desenvolupament del sòl i a la colonització dels substrats per la vegetació, que va des de la roca nua fins a un sòl incipient on les espècies cespitoses perennes poden competir amb èxit i dificulten la germinació dels teròfits. El factor determinant per a l'establiment de les comunitats terofítiques és l'escassa profunditat del sòl, la qual limita la disponibilitat d'aigua i dels recursos a períodes de durada curta, coincidents amb les precipitacions primaverals i les temperatures favorables per al creixement. Durant el fort dèficit hídric de l'estiu, la poca profunditat de sòl no permet mantenir les reserves necessàries per poder allargar el període de creixement. La sequera estacional relativament llarga i les temperatures elevades són factors fortament selectius que afavoreixen les plantes anuals (Bazzaz i Morse, 1991).

Les espècies perennes i les comunitats vivaces es distribueixen clarament seguint un gradient de mesofília. Aquests resultats concorden amb els obtinguts per uns altres autors en estudis sobre pastures (Rivas-Martínez *et al.*, 1980; Sebastià, 1991a; Font, 1989 i 1993; Valls, 1999); sembla, per tant, que el gradient mesofília-xerofília és determinant per a la composició i l'estructura de les comunitats. Hi ha una separació molt clara entre les comunitats vivaces mesòfiles, situades a l'extrem negatiu de l'eix vertical de l'AFC, i les xeròfiles, situades a l'altre extrem; en posició intermèdia se situen les comunitats meso-xeròfiles, que fan la transició entre aquests dos grups. Pel que fa les espècies, la transició és més gradual. Aquest gradient cal relacionar-lo, a més, amb les formes biològiques dominants a cada comunitat i amb la distribució biogeogràfica de les espècies, de manera que hi ha un augment gradual dels camèfits i de les espècies mediterrànies des de l'extrem inferior, on hi ha les comunitats mesòfiles, cap a l'extrem superior, on se situen les xeròfiles. Les estructures llenyoses dels camèfits van associades al grau de xerofília, ja que la sequera afavoreix la formació de teixits llenyosos de suport (Braun-Blanquet, 1979).

Les proporcions dels diferents tipus biològics a les comunitats reflecteixen les característiques ambientals en què es troben (Margalef, 1980). La disposició dels òrgans de renovació, en què es basa la classificació dels tipus biològics de Raunkier, és un bon indicador integrador de les adaptacions de les plantes a l'ambient (Floret *et al.*, 1987). Els hemicriptòfits predominen quan hi ha més disponibilitat d'aigua en el sòl i les condicions ambientals són més

estables; els camèfits, en canvi, suporten una sequera més accentuada, de manera que són més abundants a les comunitats xeròfiles. Així, doncs, la distribució de les espècies principals dels prats respon a l'efecte de gradients ambientals que afecten la capacitat competitiva de les espècies (Sebastià, 1991a).

Les condicions ambientals relacionades amb la disponibilitat d'aigua i el grau de sequera que han de suportar les plantes condicionen la composició florística i la distribució de les pastures a la Plana. Els ambients de condicions edàfiques, topogràfiques i microclimàtiques que permeten mantenir un nivell més alt d'humitat edàfica i ambiental, i amb amplitud tèrmica menys extrema, afavoreixen les espècies mesòfiles, generalment plantes herbàcies, hemicriptòfits de distribució centreeuropea, que caracteritzen les comunitats més mesòfiles (*Euphrasio-Plantaginetum mediae* i *Plantagini-Aphyllanthetum*). En canvi, allà on aquestes condicions limiten la disponibilitat d'aigua, sobretot durant la primavera, les espècies més afavorides són les persistents, ben adaptades a resistir la sequera, sobretot els camèfits, i també les petites mates llenyoses (*Lavandula latifolia*, *Helichrysum stoechas*, *Thymus vulgaris*, *Fumana ericoides*) i algunes gramínies dominants (*Brachypodium retusum*). Aquestes i algunes altres espècies, la majoria de distribució mediterrània, caracteritzen les comunitats vivaces més xeròfiles, els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), que es fan en els solells més secs dels turons. Entre aquests dos extrems es distribueixen gradualment les espècies lligades als sintàxons submediterranis de l'*Aphyllanthion*. Per tant, el gradient de mesofília-xerofília està directament relacionat amb la disponibilitat d'aigua en el sòl i amb les condicions microclimàtiques dels vessants.

Les plantes anuals presenten més afinitat amb les perennes xeròfiles que amb les més mesòfiles. La transició entre plantes anuals i vivaces es fa a la banda positiva de l'eix vertical de l'AFC, on se situen majoritàriament les espècies xeròfiles. Els teròfits queden ben separats de les plantes vivaces més mesòfiles, mentre que hi ha algunes anuals calcícoles situades prop de les plantes perennes mesoxeròfiles. En el diagrama dels inventaris es pot observar també que hi ha una transició gradual des dels prats terofítics (*Thero-Brachypodion*) cap a les pastures vivaces xeròfiles de l'*Aphyllanthion* a través del *Brachypodio-Stipetum*. En la distribució de les plantes anuals al llarg de gradients ambientals en pastures mediterrànies obtinguda per Madon i Médail (1997) mitjançant l'anàlisi de correspondències, les espècies anuals s'agrupen també amb les perennes més xeròfiles. Segons aquests autors, els resultats donarien arguments per considerar que les plantes anuals de les pastures mediterrànies són tolerants a l'estrès.

Els resultats obtinguts en l'ACP permeten afirmar que les principals característiques edàfiques que determinen la variabilitat de les pastures són la textura, la profunditat, la fertilitat, el contingut de carbonats i la pedregositat

del sòl. En l'anàlisi detallada d'aquests paràmetres edàfics s'han posat de manifest les diferències entre els sòls de les comunitats a la zona de màxim arrelament (vegeu el capítol 4). L'aplicació de l'ACP permet visualitzar gràficament les relacions entre les variables edàfiques considerades i les característiques dels sòls de les comunitats pradenques. Tot i que l'ACP només s'ha aplicat a un nombre reduït de mostres, com que es tracta de mostres de sòl representatives de les comunitats, els resultats són prou vàlids.

Les variables edàfiques permeten separar les comunitats de manera semblant a com se separen segons la composició florística en l'AFC: per una banda, les comunitats vivaces respecte de les comunitats terofítiques i, per l'altra, les comunitats vivaces mesòfiles respecte de les xeròfiles. Aquestes variables en reflecteixen una altra de mesurada, però no inclosa en l'anàlisi, que és la humitat del sòl. Tal com ja s'ha comentat en el capítol anterior, la disponibilitat d'aigua és més alta en els sòls profunds de textura fina i amb nivells alts de matèria orgànica, situats al peu dels vessants, on es fan les comunitats mesòfiles, que en els sòls pedregosos de textura argil·loarenosa, de profunditat mitjana i amb menys matèria orgànica i molt carbonàtics, dels vessants pendents, on es fan les comunitats xeròfiles. Aquests dos grups de comunitats queden ben separats tant en l'ACP com en l'AFC. Per tant, el gradient mesofília-xerofília que s'evidencia en el segon eix de l'AFC està directament relacionat amb el gradient de textura, profunditat i fertilitat del sòl que representa el primer eix de variació de l'ACP i que reflecteix el gradient d'humitat del sòl. En el capítol anterior ja hem explicat que aquests paràmetres (textura, profunditat i contingut de matèria orgànica) influeixen en la humitat i en el potencial hídric del sòl, i que la profunditat i la topografia són els factors que determinen la disponibilitat d'aigua al sòl, de manera que els resultats obtinguts en l'ACP confirmen el que hi apuntàvem (capítol 4).

La textura governa moltes propietats del sòl, com ara la seva permeabilitat, la seva capacitat de retenció d'aigua i de nutrients en els complexos argil·lohúmics i la capacitat de suportar una ocupació permanent de les plantes. Lacoste i Roux (1972) afirmen que la textura representa el factor preponderant en la determinació de la composició florística de les associacions vegetals. A més, cal considerar que les variacions en la topografia i en els règims de textura són també responsables de l'heterogeneïtat ambiental, a partir de la qual resulta el mosaic de taques de vegetació (Jha i Sing, 1990). Rainer (1990) també atribueix la major part de la variabilitat de la vegetació de les sabanes del nord de Bolívia a les variables del règim hídric del sòl i als percentatges de sorres i llims.

La profunditat del sòl no té un significat fisiològic directe per a les plantes; en canvi, la humitat edàfica sembla que, almenys per a algunes espècies, exerceix un control ambiental més directe (Gittings, 1965). La profunditat, a més

d'influir en la disponibilitat hídrica, també influeix directament en la presència de plantes anuals. Els sòls poc profunds no permeten l'establiment permanent de plantes perennes amb sistemes radicals ben desenvolupats com els dels hemicriptòfits o dels camèfits. Només a partir d'una certa profunditat de sòl es poden establir les pastures vivaces; segons Puerto *et al.* (1983), a partir d'uns 40 cm. En aquestes comunitats, la profunditat de sòl, juntament amb altres característiques edàfiques i topogràfiques, determina el règim hídric del sòl i la disponibilitat d'aigua edàfica és el condicionant del tipus de plantes que s'estableix a cada indret particular. Els sòls més profunds, de textura fina, situats als peus dels turons, tenen règims hídrics més favorables, sobretot durant la primavera, i poden tenir reserves d'aigua superiors a la dels sòls menys profunds, de textures més grolleres. Alhora la posició topogràfica determina la velocitat d'esgotament d'aigua del sòl. A les obagues, les condicions microclimàtiques són més favorables per mantenir la humitat del sòl, mentre que als solells, a les parts altes i mitjanes dels vessants, amb pendents forts, hi ha un microclima més càlid i sec que afavoreix la presència de les plantes termòfiles i més adaptades a la sequera, com són els camèfits mediterranis, que caracteritzen les comunitats més xeròfiles.

Així, doncs, els gradients descrits en l'AFC es poden explicar mitjançant els gradients dels paràmetres edàfics de l'ACP a través de la influència que aquests factors tenen en la disponibilitat d'aigua del sòl. Per tant, es pot concloure que la diversitat de les característiques dels sòls està relacionada amb la diversitat florística de les comunitats i en la seva distribució a través de la influència que els factors edàfics tenen en el règim hídric. La disponibilitat d'aigua és, doncs, un dels factors principals que condicionen la composició florística de cada tipus de comunitat.

Part III

Règim hídríc dels sòls, biomassa i producció de les joncedes mesòfiles i dels llistonars

6. Característiques de les parcel·les

6.1. INTRODUCCIÓ

En els apartats anteriors ha quedat manifest que un dels principals factors determinants de la distribució de les pastures als turons de la Plana és la disponibilitat hídrica del sòl. Aquí abordem l'estudi de la influència del règim hídric del sòl en la biomassa i en la producció primària aèria. L'estudi s'ha centrat en les dues comunitats pradenques més esteses actualment als turons de la Plana i les que reflecteixen més bé la diversitat topogràfica, edàfica i microclimàtica de la zona: les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesetum*), amb dominància de *Brachypodium phoenicoides*, i els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi*), on predomina *Brachypodium retusum*. Les joncedes mesòfiles són comunitats submediterrànies constituïdes per espècies de tendència eurosiberiana que fan la transició vers les pastures centreeuropees; els llistonars són les pastures vivaces més seques, amb plantes típicament mediterrànies.

En aquest capítol exposem les característiques florístiques i edàfiques de les parcel·les emprades per a l'estudi detallat del règim hídric d'ambdós tipus de comunitats i, a més, presentem les dades climàtiques corresponents al període d'estudi.

6.2. SITUACIÓ DE LES PARCEL·LES

Per dur a terme aquest estudi es varen establir sis parcel·les permanents, tres per a cada tipus de comunitat, situades en tres turons diferents de la Plana: Mont-rodon, Malla i Palau, on eren ben representats tots dos tipus de pastures. Quant a Mont-rodon, situat entre els termes municipals de Seva, Tona i

Taradell, es tracta d'un turó relativament gros, d'uns 1.000 m de longitud (NW → SE) per 300-500 m d'amplada (NE → SW), i de 560 m d'altitud a la base i 625 m a la part culminant. A Palau, situat a Granollers de la Plana, en el terme municipal de Gurb, hi ha un turó de dimensions mitjanes, 500 m de llarg (NW → SE) per 200 m d'amplada (NE → SW), i de 520 m d'altitud a la base i 575 m a la part culminant. En el terme municipal de Malla es va escollir un turó més petit, situat a Cal Cabaler, de 200 m de llarg (N → S) per 100 m d'amplada (E → W), i entre 560 m i 580 m d'altitud. En tots tres turons, els sediments argilosos que apareixen en els vessants S, SE i SW estan recoberts per llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*); i a les parts baixes dels vessants i a les àrees planes de la carena es fan joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*). A cadascun d'aquests turons es varen establir dues parcel·les, una per a cada tipus de pastura.

A la taula 20 s'especifiquen la situació i les característiques de cadascuna de les parcel·les.

6.3. COMPOSICIÓ FLORÍSTICA

Les característiques de les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*) i dels llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*) ja s'han descrit al capítol 2. A la taula 21 presentem els inventaris corresponents a les parcel·les estudiades.

A les joncedes mesòfiles destaca la dominància de *Brachypodium phoenicoides*, acompanyat d'unes altres gramínies com ara *Avenula pratensis* subsp. *iberica*, *Festuca* gr. *rubra* i *Bromus erectus*, i d'algunes altres espècies mesòfiles, pròpies de *Bromion* i de *Brometalia*, plantes que les caracteritzen i que les diferencien clarament dels llistonars. Entre aquestes espècies cal destacar *Helianthemum nummularium*, *Euphrasia pectinata*, *Polygala calcarea*, *Plantago media*, *Carex caryophylla*, *Galium pumilum* i *Hieracium pilosella*. Entre les companyes hi ha també diverses espècies mesòfiles que no es troben als llistonars (*Onobrychis supina*, *Scabiosa columbaria*, *Linum catharticum* o *Phleum phleoides*, entre altres).

Als llistonars, en canvi, és dominant *Brachypodium retusum*, el qual acompanyen diferents plantes xeròfiles mediterrànies, com és ara *Thymus vulgaris*, *Avenula bromoides*, *Plantago albicans*, *Lavandula latifolia*, *Fumana ericoides* o *Convolvulus cantabrica*.

Totes dues comunitats comparteixen, però, un conjunt d'espècies mediterrànies i submediterrànies característiques d'*Aphyllanthion* i de les unitats superiors, com són *Aphyllanthes monspeliensis*, *Asperula cynanchica*, *Koeleria vallesiana*, *Helianthemum oleandicum* subsp. *italicum*, *Teucrium polium*, *Carex humilis* o *Hippocrepis glauca*.

TAULA 20
Situació, localització i tipus de comunitat de les parcel·les experimentals

Codi de la parcel·la	Turó	Comunitat	Altitud (m)	Longitud i latitud	Quadrat UTM	Orientació	Pendent (°)	Superfície (m²)	Situació
MA1	Malla	<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>	560	41° 54' N 2° 12' E	DG 3538	SE	5	42	Part baixa del turó, al vessant sud, sobre el paquet de colluvions que hi ha damunt de les margues
MA2	Malla	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>	575	41° 54' N 2° 12' E	DG 3538	S	30-35	72	Prats secs que es fan sobre els paquets d'argiles del vessant solell del turó
MO1	Mont-rodon	<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>	610	41° 52' N 2° 15' E	DG 3539	Part culminant	Pla	28	Prats de la part superior, a les clarianes de la roureda, a l'extrem nord del turó
MO2	Mont-rodon	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>	590	41° 52' N 2° 15' E	DG 3539	SW	30-35	80	Prats secs sobre els paquets d'argiles del vessant sud-oest del turó
PA1	Palau	<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>	550	41° 59' N 2° 14' E	DG 3848	W	2-5	42	Prats de la part baixa del turó, a l'extrem nord. Prop del Vilar de Palau
PA2	Palau	<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>	550	41° 59' N 2° 14' E	DG 3848	S-SW	25-30	49	Prats secs del vessant solell, en els colluvions que hi ha sobre les margues

TAULA 21
Taula d'inventaris de les parcel·les experimentals

Número d'ordre	1	2	3	4	5	6
Parcel·la	MA1	MO1	PA1	MA2	MO2	PA2
Orientació	SE	-	W	S	SW	S-SW
Pendent	5	0	3	30	30	20
Superfície inventariada (m ²)	42	28	36	72	49	49
Recobriment de l'estrat herbaci (%)	95	100	95	75	100	80
Diferencials de <i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>						
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	4.3	4.3	4.3	.	.	.
<i>Avenula pratensis</i> subsp. <i>iberica</i>	3.2	3.3	3.2	.	+	+
<i>Festuca</i> gr. <i>rubra</i>	2.2	2.2	1.2	+	.	+
<i>Carex caryophyllea</i>	1.2	1.2	1.2	.	.	.
<i>Helianthemum nummularium</i>	1.2	1.2	1.2	.	.	.
<i>Euphrasia stricta</i> subsp. <i>pectinata</i>	1.2	+2	2.2	.	.	.
<i>Coronilla minima</i> subsp. <i>minima</i>	2.2	2.2	1.2	.	.	.
<i>Galium pumilum</i> s. l.	+	1.2	+	.	.	.
<i>Hieracium</i> gr. <i>pilosella</i>	+2	1.2	1.2	.	.	.
<i>Polygala calcarea</i>	+2	+	+	.	.	.
<i>Ranunculus bulbosus</i>	+	+	+	.	.	.
<i>Prunella laciniata</i>	+	+	+	.	.	.
<i>Plantago media</i>	1.2	.	1.2	.	.	.
<i>Bromus erectus</i>	+	+	.	.	.	.
Diferencials de <i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>						
<i>Brachypodium retusum</i>	.	.	.	5.4	5.4	5.4
<i>Thymus vulgaris</i>	+	.	+	3.2	3.2	1.2
<i>Avenula bromoides</i>	.	.	.	1.2	1.2	1.2
<i>Plantago albicans</i>	.	.	.	2.2	1.2	1.2
<i>Convolvulus cantabrica</i>	.	.	.	1.2	1.2	+
<i>Fumana ericoides</i> var. <i>spachi</i>	.	.	.	1.2	1.2	+
<i>Lavandula latifolia</i>	.	.	.	1.2	+	+
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	.	.	.	+	+	+2
subsp. <i>squarrosa</i>	.	.	.	.	.	.
<i>Euphorbia exigua</i>	.	.	.	+2	.	+2
<i>Leontodon taraxacoides</i>	.	.	+	1.2	.	+2
subsp. <i>longirostris</i>	.	.	.	.	.	.
<i>Bupleurum baldense</i>	.	.	.	+	+2	.
<i>Echinops ritro</i>	.	.	.	+	+	+
<i>Helichrysum stoechas</i>	.	.	.	.	+2	+
Característiques d' <i>Aphyllanthion</i> i de les unitats superiors						
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i>	2.2	1.2	1.2	2.2	2.2	2.2
<i>Asperula cynanchica</i>	1.2	+2	+	+2	1.2	1.2
<i>Carex humilis</i>	+	2.2	3.3	+	+	2.2
<i>Helianthemum oelandicum</i>	1.2	+	1.2	1.2	1.2	1.2
subsp. <i>italicum</i>	.	.	.	.	.	.
<i>Koeleria vallesiana</i>	+	1.2	1.2	1.2	1.2	+
<i>Carduncellus monspeliensis</i>	+	+	+	1.2	+	+
<i>Teucrium polium</i> subsp. <i>polium</i>	1.2	.	1.2	2.2	1.2	1.2
<i>Coris monspeliensis</i> subsp. <i>monspeliensis</i>	+	.	+	1.2	1.2	+

TAULA 21 (Continuació)

<i>Hippocrepis glauca</i>	1.2	1.2	+	1.2	.	+
<i>Argyrolobium zanonii</i>	+2	.	+	+	+	+
<i>Linum tenuifolium</i> subsp. <i>milletii</i>	1.2	+	+	+	+	+
<i>Ononis pusilla</i>	+	1.2	+	+	+2	.
<i>Astragalus monspessulanus</i>	+2	+	+	.	.	+
<i>Atractylis humilis</i>	.	.	+	+	+2	+
<i>Inula montana</i>	+2	.	.	.	+2	+
<i>Euphorbia mariolensis</i>	.	2.2	.	.	2.2	.
<i>Euphorbia nicaeensis</i>	+	.	+	.	.	.
<i>Helianthemum apenninum</i>	.	.	.	.	+	+
subsp. <i>apenninum</i>						
<i>Globularia cordifolia</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Globularia vulgaris</i> subsp. <i>vulgaris</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Leuzea conifera</i>	.	.	.	.	.	+2
<i>Thymelaea sanamunda</i>	3.2	.	.	.	.	.
Companyes						
<i>Eryngium campestre</i>	1.2	+	+	+	+	+
<i>Carlina vulgaris</i>	+	+	+2	1.2	1.2	1.2
<i>Plantago lanceolata</i>	1.2	1.2	+	.	1.2	+
<i>Potentilla neumannianalla</i>	1.2	1.2	1.2	.	2.2	+
<i>Genista scorpius</i>	+	.	+	1.2	+	+
<i>Sideritis hirsuta</i>	+	.	+	.	+	+
<i>Festuca</i> gr. <i>ovina</i>	.	1.2	.	1.2	1.2	1.2
<i>Dichanthium ischaemum</i>	+	+	+	2.2	.	+
<i>Quercus humilis</i> (pl.)	+	+	+	.	.	.
<i>Odontites lutea</i>	+	.	+2	.	+	.
<i>Linum strictum</i> subsp. <i>strictum</i>	.	.	+	+2	.	+2
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	.	+	.	.	1.2	+
<i>Linum catharticum</i>	+	.	+	.	.	.
<i>Lotus corniculatus</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Allium sphaerocephalon</i>	+	.	+	.	.	.
<i>Spiranthes autumnalis</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Ophrys lutea</i>	+	+	.	.	.	.
<i>Scabiosa atropurpurea</i>	.	+2	+	.	.	.
<i>Onobrychis supina</i>	.	+	+	.	.	.
<i>Dactylis glomerata</i>	.	+	.	.	+2	.
<i>Phleum phleoides</i>	.	+2	+	.	.	.
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	.	+	+	.	.	.
<i>Veronica austriaca</i> subsp. <i>tenuifolia</i>	1.2	.	.	.	.	.
<i>Astragalus austriacus</i>	+2	.	.	.	.	.
<i>Centaurium pulchellum</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Blackstonia perfoliata</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Orchis coriophora</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Briza media</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Aster sedifolius</i>	+	.	.	.	.	.
<i>Helianthemum pilosum</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>	.	.	.	+	.	.
<i>Sedum sediforme</i>	.	.	.	1.2	.	.

TAULA 21 (Continuació)

<i>Dipcadi serotinum</i>	.	.	.	+2	.	.
<i>Bombycilaena erecta</i>	.	.	.	1.2	.	.
<i>Medicago minima</i>	.	.	.	+2	.	.
<i>Carex flacca</i>	.	+	.	.	.	.
<i>Dorycnium hirsutum</i>	.	+2	.	.	.	.
<i>Hypochoeris radicata</i>	.	+	.	.	.	.
<i>Trinia glauca</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Teucrium chamaedrys</i>	.	.	.	.	+2	.
<i>Aster</i> sp.	.	.	.	.	+	.
<i>Sonchus oleraceus</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Scorzonera angustifolia</i>	.	.	.	.	+	.
<i>Allium</i> sp.	.	.	.	.	+	.
<i>Scabiosa columbaria</i> subsp. <i>columbaria</i>	+	.	+	.	.	.
<i>Orchis ustulata</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Arenaria conimbricensis</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Hieracium</i> sp.	.	.	+	.	.	.
<i>Stachys officinalis</i>	.	.	+	.	.	.
<i>Micropus erectus</i>	.	.	.	.	.	+2

Les dues formes biològiques dominants en aquestes comunitats són els hemicriptòfits i els camèfits, als quals pertanyen entre el 80 i 90 % de les espècies (figura 31). La diferència entre l'una comunitat i l'altra es dona en les proporcions d'aquests dos grups de plantes. A les joncedes mesòfiles el percentatge d'hemicriptòfits és molt superior al dels camèfits, mentre que als llistonars la proporció de camèfits és més alta, però poc més que la d'hemicriptòfits. A les joncedes, el 10-20 % de la resta d'espècies queda repartit entre els teròfits i els geòfits, mentre que als llistonars pràcticament no hi ha geòfits i, per tant, aquell percentatge correspon majoritàriament als teròfits.

Els espectres fitogeogràfics d'aquestes comunitats testimonien el caràcter mesòfil o xeròfil que, respectivament, presenten (figura 32). A les joncedes mesòfiles, el percentatge dels elements centreeuropeu i submediterrani supera el de l'element mediterrani, mentre que als llistonars aquelles plantes hi són poc representades, de manera que l'element mediterrani hi domina.

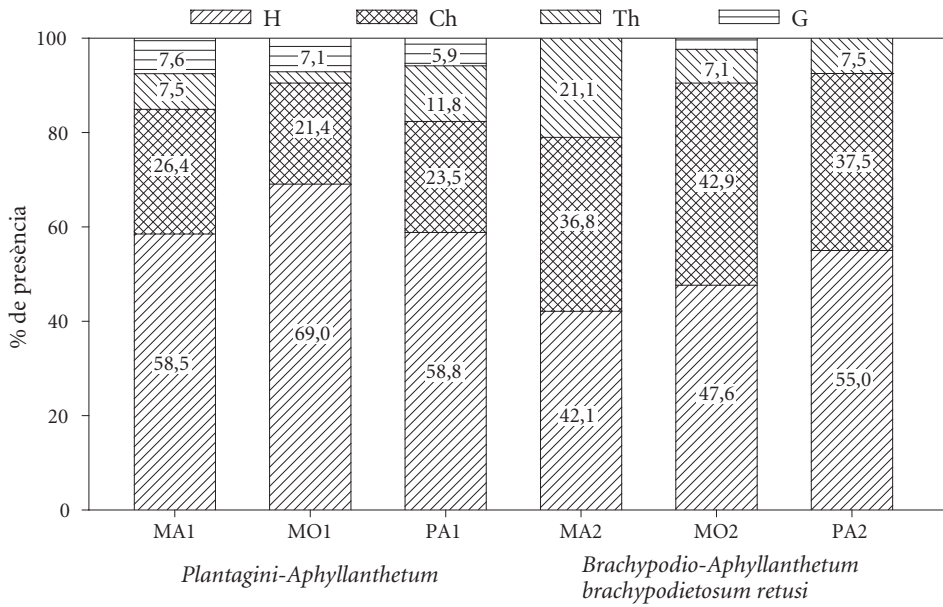


FIGURA 31. Espectres de les formes biològiques de les parcel·les estudiades. Formes biològiques: H, hemicriptòfits; Ch, camèfits; Th, teròfits; G, geòfits.

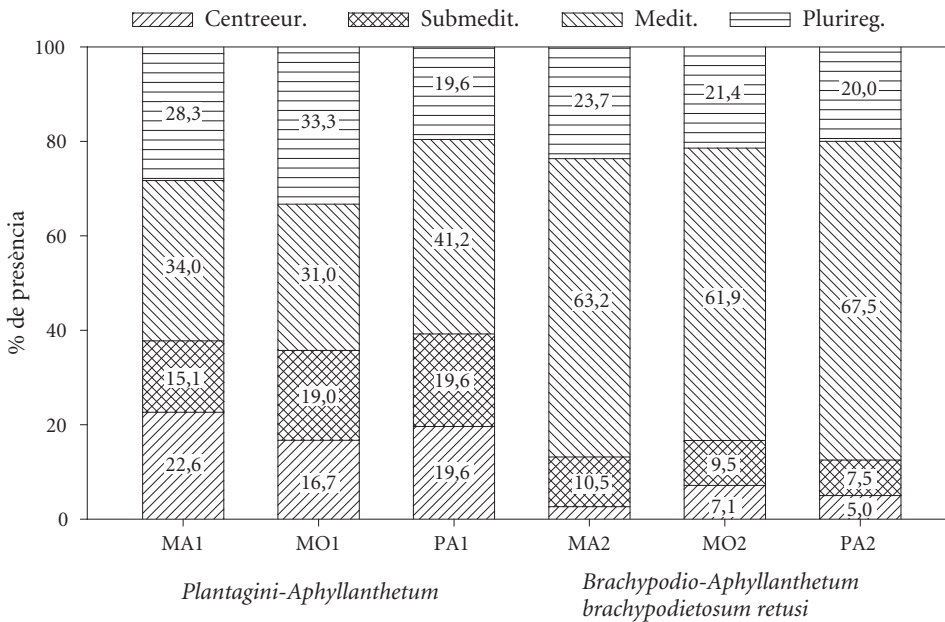


FIGURA 32. Espectres d'elements fitogeogràfics de les parcel·les estudiades.

6.4. ELS SÒLS DE LES PARCELLES

En el capítol 4 hem descrit les característiques dels sòls, en el nivell de màxim arrelament, dels diferents tipus de pastures estudiades.

En aquest apartat presentem l'estudi detallat i la caracterització dels sòls de cadascuna de les parcelles amb l'objectiu d'aprofundir el coneixement de les característiques edàfiques de les joncedes mesòfiles i dels llistonars.

6.4.1. Metodologia

Al costat de cadascuna de les parcelles vàrem obrir una excavació (*calicata*) per a l'estudi del perfil edàfic i la caracterització del sòl d'ambdues comunitats. En el cas dels llistonars (MA2, PA2 i MO2) i de la joncada de Malla (MA1), es va atènyer fins a la roca mare, que es trobava a 80 cm de fondària a MA2 i a PA2, a 90 cm a MO2 i a 3 m a MA1. En el cas de les joncedes de Palau (PA1) i de Mont-rodon (MO1) es va fer l'excavació fins a una certa fondària de l'horitzó C, a 1,2 m; en ambdós casos la roca mare es trobava a més de 1,5 m. *In situ* es van fer la diferenciació i la descripció morfològica dels horitzons i se'n van recollir mostres per a la caracterització fisicoquímica, feta després al laboratori.

Els paràmetres analitzats i el mètode analític emprat són descrits a la taula 22. A partir dels resultats obtinguts vàrem calcular, a més, els paràmetres següents: porositat, contingut de matèria orgànica ($\text{Corg} \times 1,72$), relació C/N i CRAD. La CRAD es va calcular a partir dels continguts volumètrics d'aigua a -33 kPa i -1.500 kPa , de la densitat aparent i de la profunditat del sòl.

6.4.2. Descripció i classificació dels perfils

Tots els perfils estudiats corresponen a sòls desenvolupats sobre paquets de sediments acumulats damunt les margues. A PA2 aquests sediments corresponen a antigues terrasses fluvials del Ter; a MO1 són dipòsits quaternaris d'argiles, procedents de l'erosió dels materials triàsics del Montseny, i en els altres perfils (MA1, MA2, PA1 i MO2) són materials colluvials.

El gruix d'aquests paquets varia segons la posició topogràfica. En els pendents, on predominen els processos erosius, són més prims, mentre que a les parts baixes, on hi ha més acumulació de materials, són més gruixuts. En conseqüència, la profunditat en què es troba la roca mare en els sòls de les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesum*) situats al peu dels vessants és superior a la dels llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi*) situats en els vessants mateixos. En els primers es troba a més d'1,5 m, i en els segons, a menys d'1 m.

TAULA 22
Paràmetres edàfics analitzats i mètode analític seguit

<i>Paràmetres</i>	<i>Mètode analític</i>
% de graves	Gravimètric. Tamisat amb sedàs de 2 mm de malla
Granulometria: % de sorres, % de llims i % d'argiles	Gravimètric. Separació de les sorres mitjançant sedassos, i de les fraccions fines, llims i argiles, per sedimentació i extracció posterior amb la pipeta de Robinson
Humitat a -33 i -1.500 kPa	Gravimètric. Mostres saturades i sotmeses a les pressions indicades mitjançant les plaques de Richards
Densitat aparent	Gravimètric. A partir de mostres inalterades
Densitat real	Gravimètric. A partir de la terra fina
pH	Potenciomètric. Mesura amb pH-metre, amb elèctrode de vidre, d'una suspensió de sòl en aigua 1:2,5
Conductivitat (CE a 25 °C)	Conductimètric. Mesura amb el conductímetre d'una suspensió de sòl en aigua 1:5
Carbonats totals	Mecànic-volumètric. Mitjançant el calcímetre de Bernard
Calcària activa	Mecànic-volumètric. Mitjançant el calcímetre de Bernard
Carboni orgànic	Volumètric. Via humida: oxidació amb dicromat potàssic i valoració amb sal de Mohr
Nitrogen Kjeldhal	Volumètric
Fòsfor assimilable	Colorimètric. Mètode Olsen: extracció en NaHCO_3 0,5M
Potassi assimilable	Fotometria de flama. Extracció en NH_4AcO 1N
Magnesi extraïble	Absorció atòmica. Extracció en NH_4AcO 1N
Capacitat d'intercanvi catiònic (CIC)	Volumètric. Solució saturant de NH_4AcO 1N

A l'annex 3 trobareu les descripcions dels perfils i la seva classificació segons la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1975). Hem considerat que tots els perfils presenten un règim d'humitat ústic, tot i que els anys en què hi ha una sequera important a l'estiu, com va passar l'any 1994, el règim d'humitat dels sòls dels llistonars tendeix a ser xèric. Els sòls de les joncedes de Malla (MA1) i Mont-rodon (MO1) i dels llistonars de Mont-rodon (MO2) i de Palau (PA2) s'han classificat com a *Typic Ustocrept*, del grup dels Inceptisòls. Són sòls de colors clars, amb un epipedió òcric, un endopedió càmbic i presència de carbonats a tot el perfil. Els sòls del llistonar de Malla (MA2) i de la joncada de Palau (PA1) s'han classificat com a *Typic Ustorthent*, del grup dels Entisòls. Són sòls amb un horitzó B poc diferenciat, el de Malla (MA2) a causa de la seva posició en un vessant sotmès a forta erosió i el de Palau (PA1) perquè correspon a un sòl jove resultant de la intervenció humana (antics bancals). Els primers es corresponen amb els cambisòls calcaris de les unitats de classificació de la FAO, i els segons, amb els regosòls.

6.4.3. *Característiques físicoquímiques dels sòls*

La pedregositat dels sòls dels llistonars, situats en els vessants dels turons, és superior a la dels sòls de les joncedes mesòfiles, situades a les parts baixes (taula 23). En el perfil del llistonar de Malla (MA2) la pedregositat és molt alta a l'horitzó superior i disminueix de manera considerable vers els horitzons inferiors. Al de Palau (PA2) la pedregositat és alta en tot el perfil, amb acumulació de còdols de totes mides a la part superior i amb presència de fragments de marga als horitzons inferiors. Al de Mont-rodon (MO2) els horitzons superiors són menys pedregosos, però a partir de 25 cm la pedregositat és alta i s'hi manté fins al fons.

En els perfils de les joncedes mesòfiles, el contingut de graves és inferior al 10 %, excepte en el cas de Palau (PA1), on hi ha una acumulació important de pedres en el nivell de 50-70 cm (taula 23).

Quant a les textures, als sòls dels llistonars de Malla i de Palau (MA2 i PA2), que tenen una elevada pedregositat superficial, els horitzons superiors són francoarenosos, amb un contingut alt de sorres i baix de llims i argiles, i els horitzons inferiors són francollimosos, amb un contingut alt de llims i baix de sorres (taula 23). Tant el sòl del llistonar de Mont-rodon (MO2) com el de la joncada de Malla (MA1) són francs. El sòl de la joncada de Mont-rodon (MO1) és francoargilós i és el que té una proporció més alta d'argiles; a la joncada de Palau (PA1) el sòl és francollimós, amb un alt contingut de llims. En general, hi ha més heterogeneïtat en la textura del sòl dels llistonars que en el de les joncedes. El contingut de sorres és més divers entre les parcel·les dels llistonars.

Totes les parcel·les presenten sòls bàsics, amb pH al voltant de 8 (taula 24). En tots els perfils, l'horitzó superior és de pH més baix (7,9-8,0) i aquest augmenta lleugerament amb la profunditat (de 0,4 a 0,6 unitats). Pràcticament no hi ha diferències entre els perfils d'ambdues comunitats.

El contingut de carbonats és alt, superior al 20 %, a tots els perfils, excepte a MO1, on es mou al voltant del 3 % (taula 24). A Malla hi ha algunes diferències entre els sòls dels llistonars (MA2) i els de les joncedes mesòfiles (MA1). A MA1 el contingut de carbonats de l'horitzó superior és relativament baix (25 %), mentre que entre 10 cm i 3 m arriba al 35-36 %; en canvi, a MA2 l'horitzó superior és el que té més carbonats (40,8 %), i aquests disminueixen en profunditat. A Palau hi ha molt poques diferències entre ambdues comunitats (PA1 i PA2) i en tots dos casos els carbonats augmenten amb la fondària.

A Mont-rodon es donen diferències importants. Al llistonar (MO2) el sòl té una proporció de carbonats alta, que augmenta amb la profunditat: de 27 % a la superfície a 31 % a l'horitzó C. En canvi, a la joncada (MO1) el sòl té només el 3 % de carbonats a causa, d'una banda, del tipus de material original, pobre en carbonats, i de l'altra, de la seva situació culminant.

TAULA 23

Resultats de l'anàlisi granulomètrica de les mostres de sòl dels perfils (Fr-Ll: francollimosa; Fr-Arg: francoargilosa; Fr-Are: francoarenosa; Fr-Arg-Ar: francoargil·loarenosa)

	Perfil	Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres (%) $0,05 < \phi < 2$	Llims (%) $0,002 < \phi < 0,05$	Argiles (%) $\phi < 0,002$	Classe textural (USDA)
Joncades mesòfiles	MA1	A1	0-10	2,2	32,6	44,2	23,2	Franca
		A2	10-20	3,6	32,2	46,6	21,2	Franca
		Bw	20-35	1,7	33,6	44,6	21,8	Franca
		B/C	35-70	5,5	33,4	45,5	21,3	Franca
		C1	70-150	3,0	27,7	52,7	19,7	Fr-Ll
		C2	150-300	2,7	40,1	45,6	14,3	Franca
	MO1	A1	0-10	7,5	33,6	37,2	29,2	Fr-Arg
		A2	10-30	.	33,9	36,2	29,9	Fr-Arg
		Bw	30-50	3,0	32,1	38,4	29,5	Fr-Arg
		C	50-110	3,2	26,9	40,5	32,6	Fr-Arg
	PA1	A1	0-15	0,5	20,0	57,7	22,3	Fr-Ll
		A2	15-47	1,3	25,2	53,3	21,5	Fr-Ll
		Bw	47-70	28,0	36,5	46,0	17,5	Franca
		C	70-110	9,6	28,2	55,9	17,4	Fr-Ll
Llistonars	MA2	A1	0-10	37,3	56,4	30,4	13,2	Fr-Are
		A2	10-20	7,2	46,0	25,0	29,0	Fr-Arg-Are
		BC ₁	20-35	0,3	15,8	60,4	23,8	Fr-Ll
		BC ₂	35-45	0,5	23,5	56,7	19,8	Fr-Ll
		C	45-60	6,4	27,4	54,8	17,8	Fr-Ll
	MO2	A1	0-10	7,0	38,3	41,9	19,8	Franca
		A2	10-25	8,8	40,7	40,4	18,9	Franca
		Bw	25-40	49,8	40,9	41,1	18,0	Franca
		B/C	40-60	22,0	44,2	37,7	18,1	Franca
		C	60-95	38,9	42,1	40,8	17,2	Franca
	PA2	A1	0-20	51,3	66,4	23,3	10,3	Fr-Are
		A2	20-35	51,5	62,9	26,6	10,5	Fr-Are
		Bwk	35-52	29,8	46,0	38,7	15,3	Franca
		C	52-75	55,0	16,9	63,3	19,8	Fr-Ll

En relació amb els carbonats, el contingut de calcària activa hi és força alt (taula 24). Els perfils de Malla (MA1 i MA2) són els que en presenten més i amb poques diferències entre les dues comunitats. A Palau aquest contingut és lleugerament més baix que a Malla i presenta diferències entre els dos perfils, més alt a la joncada (PA1) que al llistonar (PA2). A Mont-rodon, en els sòls de la joncada (MO1), que tenen pocs carbonats, la calcària activa és inapreciable, mentre que en el del llistonar (MO2) té un nivell mitjà, superior al de PA2 i inferior al de MA2. A tots els perfils, excepte al de la joncada de Malla (MA1), el contingut de calcària activa tendeix a augmentar amb la profunditat.

La conductivitat elèctrica és baixa ($< 0,20$ dS/m), disminueix amb la profunditat i a tots els perfils presenta valors semblants (taula 24). A l'horitzó A hi ha petites diferències entre perfils; en el llistonar de Palau (PA2) aquest horitzó presenta el valor més baix de conductivitat.

Les proporcions de matèria orgànica i de nitrogen són altes a les capes superiors dels sòls (taula 24) i presenten força diferències entre perfils; a Malla i a Palau, el contingut de matèria orgànica és més superior a les joncedes (MA1 i PA1) que als llistonars (MA2 i PA2), mentre que a Mont-rodon ho és més al llistonar (MO2) que a la jonceda (MO1). Els continguts de matèria orgànica i de nitrogen disminueixen amb la profunditat i a tots els perfils presenten valors similars a partir de l'horitzó A2: al voltant de l'1,5 % de matèria orgànica i del 0,1 % de nitrogen a l'horitzó B, i menys de l'1% de matèria orgànica i del 0,1% de nitrogen a l'horitzó C.

La relació C/N és alta a les capes superficials, amb valors superiors a 15 en els sòls dels llistonars i de la jonceda de Malla (MA1), i entre 12 i 13 a les joncedes de Mont-rodon (MO1) i de Palau (PA1) (taula 24). Aquesta relació també disminueix amb la profunditat i es mostra amb diferències més grans entre horitzons a les joncedes mesòfiles que als llistonars. En general, la relació C/N és més alta als perfils dels llistonars que als de les joncedes, a tots els horitzons, amb una sola excepció: a l'horitzó A1 la relació C/N de la jonceda de Malla (MA1) és més alta que la del llistonar (MA2).

Els continguts de fòsfor i de potassi disminueixen de manera considerable amb la profunditat (taula 24); la poca solubilitat d'aquests elements fa que s'acumulin a les capes superficials del sòl. La proporció de fòsfor és baixa a l'horitzó A1 (6-7 mg P/kg a MA1 i a PA2, i entre 4,3 i 4,9 mg P/kg als altres perfils), molt baixa als horitzons A2 i Bw (entre 1,5 i 2,8 mg P/kg) i inferior a 1 mg P/kg a l'horitzó C. No hi ha diferències importants en el contingut de fòsfor del sòls de les dues comunitats estudiades. En el cas del potassi, els continguts són alts, fins i tot excessius, en els horitzons superiors, A1 i A2, i mitjans o baixos als horitzons Bw i C. A Malla, tots dos perfils (MA1 i MA2) presenten valors similars. A Mont-rodon el contingut de potassi és superior a la jonceda (MO1) i a Palau el llistonar (PA2) és el que presenta valors més baixos.

La CIC d'aquests sòls és baixa i disminueix amb la profunditat (taula 24). En general és més baixa als sòls dels llistonars que als de les joncedes. A Malla i a Palau, els horitzons superiors dels llistonars (MA2 i PA2), de textura francoarenosa, presenten una CIC més baixa que els de les joncedes (MA1 i PA1). Entre PA1 i PA2 es manté aquesta diferència en tot el perfil; en canvi, entre MA1 i MA2 no hi ha diferències en la CIC dels horitzons inferiors. A Mont-rodon les diferències entre la jonceda (MO1) i el llistonar (MO2) són més petites, però la CIC és més alta a MO1.

Tots els perfils presenten continguts elevats de magnesi (taula 24). La proporció de magnesi en el sòl està relacionada amb la CIC, de manera que en els sòls dels llistonars, amb la CIC més baixa, els continguts de magnesi arriben a ser excessius en algun cas.

Podem concloure que les diferències principals entre els sòls dels dos tipus estudiats de comunitats pradenques es donen en la profunditat del sòl i en les característiques de l'horitzó superior (horitzó A), on hi ha la màxima densitat d'arrels. En l'horitzó superior les diferències concerneixen la pedregositat, la proporció d'elements grollers i d'elements fins, la fertilitat i la CIC. Al nivell de màxim arrelament (entre 0-10 cm), els sòls de les joncedes mesòfiles són menys pedregosos i tenen continguts superiors d'elements fins (llims i argiles) una textura fina (franca, francoargilosa i francollimosa) i continguts alts de matèria orgànica i d'elements fertilitzants (nitrogen, fòsfor i potassi). La CIC d'aquests sòls és també més alta. Els sòls dels llistonars, en canvi, són més pedregosos, amb més sorres i menys llims i tenen continguts més baixos de matèria orgànica, nitrogen, fòsfor i potassi. Per tant, la fertilitat dels sòls de les joncedes és en general superior a la dels sòls dels llistonars. Aquests resultats coincideixen amb els exposats en el capítol 4. En els horitzons B i C hi ha poques diferències entre l'una comunitat i l'altra.

6.4.4. *Capacitat de retenció hídrica dels sòls*

La quantitat total d'aigua disponible per a les plantes és funció de la profunditat de l'aparell radical i de la suma de l'aigua retinguda entre -33 kPa (capacitat de camp) i -1.500 kPa (punt de marciment permanent) a cada horitzó del sòl explorat per les arrels. Tal com ja s'ha comentat en el capítol 4, la quantitat d'aigua retinguda en aquests punts (-33 kPa i -1.500 kPa) està relacionada amb la textura i amb el contingut de matèria orgànica.

A tots els perfils hi ha una disminució de la capacitat de retenció d'aigua amb la profunditat (taula 25). La quantitat d'aigua retinguda a -33 i -1.500 kPa és més gran a les capes superiors del sòl, on hi ha un contingut més elevat de matèria orgànica, que a les inferiors, amb menys matèria orgànica.

Hi ha algunes diferències en la quantitat d'aigua retinguda pel sòl segons el turó (taula 25), diferències que afecten sobretot l'horitzó A (A1 i A2) i que estan relacionades amb el contingut de sorres i de matèria orgànica. En els perfils de les joncedes mesòfiles, al de Palau (PA1), amb poca proporció de sorres i molta matèria orgànica, és on la capacitat de retenció d'aigua és més alta, mentre que al de Mont-rodon (MO1), amb més sorres i menys matèria orgànica, es donen els valors més baixos. Pel que fa als horitzons inferiors (B i C), l'escassa diferència en el contingut de sorres i de matèria orgànica dels tres perfils fa que la quantitat d'aigua retinguda sigui semblant. En el cas dels llistonars i pel

TAULA 25

Percentatge d'aigua retinguda a capacitat de camp (−33 kPa) i a punt de marcimant (−1.500 kPa), percentatge d'aigua utilitzable per les plantes (AU) i CRAD a cadascun dels horitzons dels perfils de sòl de les parcel·les

	<i>Perfil</i>	<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat (cm)</i>	<i>% d'humitat −33 kPa</i>	<i>% d'humitat −1.500 kPa</i>	<i>% d'AU</i>	<i>CRAD (mm)</i>
Joncetes mesòfiles	MA1	A1	0-10	26,7	13,8	12,9	13
		A2	10-20	20,7	10,2	10,5	15
		Bw	20-35	19,1	9,7	9,4	21
		B/C	35-70	19,9	9,1	10,8	55
		C1	70-150	19,3	8,1	11,2	135
		C2	150-300	17,1	6,5	10,6	232
	MO1	A1	0-10	23,1	12,1	11,0	17
		A2	10-30	22,4	11,6	10,8	35
		Bw	30-50	20,6	10,2	10,4	34
		C	50-110	21,0	11,4	9,6	94
	PA1	A1	0-15	29,8	14,6	15,2	27
		A2	15-47	24,3	11,3	13,0	52
		Bw	47-70	18,8	8,4	10,4	31
		C	70-110	18,1	8,1	10,0	51
Llistonars	MA2	A1	0-10	17,4	7,7	9,7	11
		A2	10-20	21,4	9,6	11,8	16
		BC ₁	20-35	20,6	8,6	12,0	28
		BC ₂	35-45	15,5	6,8	8,7	13
		C	45-60	14,6	6,3	8,3	21
	MO2	A1	0-10	24,1	12,2	11,9	14
		A2	10-25	21,5	10,5	11,0	22
		Bw	25-40	19,3	8,9	10,4	22
		B/C	40-60	18,5	8,6	9,9	25
		C	60-95	17,6	7,9	9,7	53
	PA2	A1	0-20	17,7	8,6	9,1	23
		A2	20-35	15,7	7,3	8,4	18
		Bwk	35-52	14,7	7,6	7,1	16
		C	52-75	15,5	6,9	8,6	27

que fa als horitzons A i B, el perfil de Palau (PA2), amb un alt contingut de sorres, és el que presenta menys capacitat de retenció d'aigua i menys aigua disponible. En canvi, el sòl del llistonar de Mont-rodon (MO2), amb menys sorres i més matèria orgànica, és el que té una capacitat de retenció d'aigua més alta.

A la taula 26 s'indiquen els valors de la CRAD, calculada de les diferents fondàries (segons la densitat d'arrels): *a*) de 0-10 cm, on hi ha la màxima densitat d'arrels; *b*) de 10-20 cm, amb arrels abundants; *c*) de 20-50 cm, encara amb menys densitat d'arrels, i *d*) nivell inferior (50-100 cm), amb rels fines disperses. Per a aquest darrer nivell, als llistonars de Malla (MA2) i de Palau (PA2) hem calculat la CRAD fins a la roca mare (situada a 60 cm a MA2 i a 75 cm a PA2).

TAULA 26
CRAD, expressada en mm, dels diferents nivells del sòl

	<i>Joncedes mesòfiles</i> (<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>)			<i>Llistonars (Brachypodio-Aphyllanthetum</i> <i>brachypodietosum retusi</i>)		
<i>Profunditat (cm)</i>	<i>MA1</i>	<i>MO1</i>	<i>PA1</i>	<i>MA2</i>	<i>MO2</i>	<i>PA2</i>
0-10	12,64	16,50	18,10	10,86	14,40	11,65
10-20	14,91	17,50	17,17	16,05	15,00	11,65
20-50	43,96	50,98	43,85	47,24	42,04	33,46
50-100	84,08	78,72	69,59	13,78 (50-60 cm)*	65,10 (50-95 cm)*	27,40 (50-75 cm)*
Total 0-50	71,51	84,98	79,13	74,15	71,38	56,76
Total 0-100	155,59	163,70	148,72	87,93 (0-60 cm)	136,48 (0-95 cm)	84,16 (0-75 cm)

* Fins a la roca mare.

Dintre de cada tipus de comunitat, la CRAD varia segons el turó i la fondària. A les joncedes, la CRAD de les capes superiors (0-50 cm) és més alta a Mont-rodon (MO1) i a Palau (PA1), mentre que de 50 a 100 cm la més alta és la de Malla (MA1). Als llistonars, el de Palau (PA2) és el que té els valors més baixos en els 50 cm superiors.

Comparant els dos tipus de comunitat, es posa de manifest que la capacitat de retenció d'aigua és, en general, més alta en els sòls de les joncedes que en els dels llistonars. A Mont-rodon i a Palau les diferències són importants, mentre que a Malla són més petites (i en algun cas més alta al llistonar; taula 26).

A la zona de màxim arrelament (0-10 cm), la CRAD de les joncedes és més alta que la dels llistonars en tots els casos. Per sota d'aquest nivell, tant de 10-20 cm com de 20-50 cm, a Mont-rodon i a Palau la CRAD continua essent més alta a les joncedes que als llistonars; en canvi, a Malla la CRAD del llistonar (MA2) és lleugerament més alta que la de la jonceda (MA1).

Considerant la CRAD dels 50 cm superiors del sòl, on hi ha concentrades la majoria de les arrels i d'on les plantes extreuen la major part de l'aigua, les diferències entre comunitats varien segons el turó (taula 26). A Malla, la jonceda (MA1) i el llistonar (MA2) presenten una CRAD similar, només lleugerament més alta (2,6 mm) al llistonar; en canvi, a Mont-rodon i especialment a Palau, la CRAD de la jonceda és més alta que la del llistonar.

La major profunditat dels sòls de les joncedes, on la roca mare es troba per sota d'1,5 m, permet que aquestes comunitats mesòfiles puguin tenir una reserva d'aigua disponible en els nivells edàfics inferiors. Als llistonars, en canvi, la roca mare està situada entre 60 cm i 1 m, cosa que redueix la CRAD del nivell inferior del sòl (50-100 cm) i de la totalitat del perfil (taula 26).

Es pot concloure, per tant, que les diferències en la textura i en el contingut de matèria orgànica determinen que la CRAD dels sòls de les joncedes sigui superior a la dels llistonars; i que la major gruixària del sòl de les joncedes fa que la CRAD de tot el perfil sigui també més alta.

6.5. DADES CLIMÀTIQUES DEL PERÍODE D'ESTUDI

L'estudi del règim hídric del sòl i de la producció de biomassa aèria de les joncedes i els llistonars es va fer durant els anys 1993, 1994 i 1995.

Hem recollit les dades tèrmiques i pluviomètriques corresponents al mateix període enregistrades en diferents observatoris de la Plana: Vic, Manlleu, Gurb, Tona i Taradell. Com que no disposem de registres complets dels observatoris més propers als turons estudiats, i atès que hi ha poques diferències entre aquelles estacions, hem tingut en compte només les dades de l'observatori de Vic, del qual es disposa d'una sèrie meteorològica completa des de l'any 1951 fins ara. Aquest observatori està situat a uns 5 km de les parcel·les de Malla i de Palau i a uns 7 km de les de Mont-rodon.

6.5.1. *Temperatures i precipitacions*

A la taula 27 s'especifiquen les temperatures mitjanes i les precipitacions dels anys en què es va fer l'estudi i els valors mitjans de la sèrie de quaranta anys (1951-1990) de l'observatori de Vic. A la figura 33 es representen les mitjanes de les temperatures mensuals, i a la figura 34, les precipitacions mensuals.

Les temperatures enregistrades el 1993 foren similars a les de la sèrie 1951-1990, amb una mitjana de 12,4 °C, inferior a les del 1994 i del 1995. La precipitació total d'aquest any va ser inferior a la mitjana, i també a la del 1994 i del 1995, amb molt poca pluja els mesos de gener (2,2 mm) i desembre (1,6 mm); els mesos més plujosos varen ser el març (99,3 mm), l'abril (91,7 mm) i el setembre (124,8 mm).

TAULA 27
*Temperatures i precipitacions dels anys 1993, 1994 i 1995
i de la sèrie 1951-1990 de l'observatori de Vic*

	1993	1994	1995	1951-1990
T mitjana (°C)	12,4	13,9	13,3	12,7
T màxima absoluta (°C)	38,0	39,6	35,4	35,7
T mitjana de les màximes (°C)	18,9	20,6	19,8	18,4*
T mínima absoluta (°C)	-7,6	-8,0	-7,6	-9,2
T mitjana de les mínimes (°C)	6,0	7,1	6,8	6,4*
Precipitacions (mm)	656,0	684,4	725,9	726,9

* 1951-1980.

El 1994 va ser un any excepcionalment sec a la primavera i a l'estiu, molt càlid a l'estiu i molt plujós a la tardor; s'hi varen assolir rècords històrics tant pel que fa a les temperatures com les precipitacions. Durant tot l'any, les mitjanes de les màximes mensuals varen ser entre 1 i 3 °C superiors a les mitjanes històriques (figura 33). Destaquen els valors de les màximes absolutes del juliol (39,6 °C) i de l'agost (38 °C), ja que són les més altes enregistrades en aquests mesos des del 1951, després dels 41 °C del juliol de 1983 i dels 40,5 °C de l'agost de 1987. Les temperatures mitjanes del juliol (25 °C) i de l'agost (24,8 °C) també corresponen a les més altes enregistrades des del 1951; només la temperatura mitjana del juliol de 1983 va ser una mica més alta (25,7 °C).

La precipitació total anual del 1994 va ser més baixa que la mitjana anual (taula 27). Els mesos de juliol i agost foren extremament secs; durant seixanta-quatre dies seguits, des del 27 de juny fins al 30 d'agost, només es varen recollir 2,3 mm (0,3 mm el 31 de juliol, 1,5 mm l'1 d'agost i 0,5 mm el 13 d'agost). En tota la sèrie des del 1951, no hi ha cap més any amb tan poques precipitacions a l'estiu i en què coincidís amb el fet que la precipitació del juliol fou pràcticament nul·la i la de l'agost molt escassa, només amb 11,1 mm, 9 dels quals varen caure els dos últims dies del mes. En tota la sèrie hi ha alguns anys amb poques precipitacions el juliol (1968: 5 mm; 1970: 4 mm, i 1983: 0 mm), però aquests anys les precipitacions de l'agost varen ser més abundants (1968: 106,2 mm; 1970: 27,5 mm, i 1983: 82,2 mm). Des del 1951, l'agost del 1994 és el més sec de tot el període, ja que habitualment la precipitació d'aquest mes hi sol superar els 50 mm; només els anys 1958 i 1988 la precipitació de l'agost va ser inferior a 20 mm (17,1 mm el 1970 i

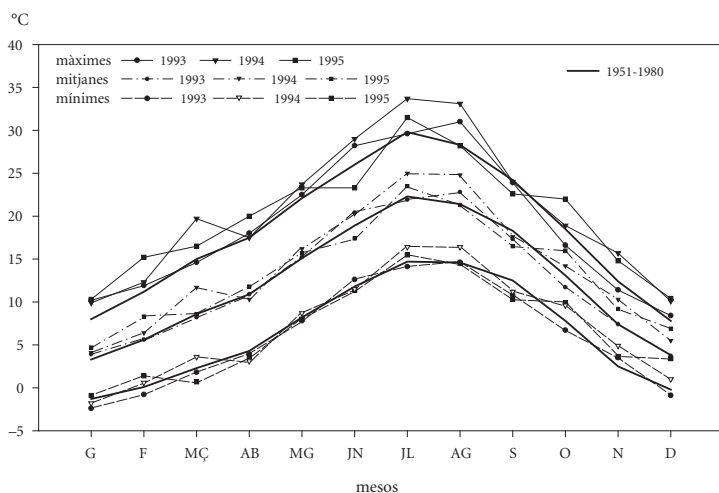


FIGURA 33. Temperatures mitjanes, mitjana de les màximes i mitjana de les mínimes del període d'estudi (1993, 1994 i 1995) i de la sèrie de 1951-1980 a l'observatori de Vic.

16,8 mm el 1988), però aquests anys les pluges del juliol varen ser més altes que les del 1994. Els mesos de maig i juny les precipitacions també varen ser baixes, només amb 33 mm mensuals. En contrast amb una primavera i un estiu molt secs, la tardor va ser molt plujosa; entre el 20 de setembre i l'11 d'octubre s'hi varen recollir 330 mm, 170 dels quals varen caure només en dos dies (9 i 10 d'octubre).

Les temperatures extremes i les poques precipitacions de l'estiu, després d'una primavera amb poques pluges, van fer que l'any 1994 s'esdevingués la sequera més important des dels anys cinquanta.

L'any 1995 va començar essent poc fred i sec, amb mínimes relativament altes i amb molt poques precipitacions durant els mesos de gener, febrer i març; en aquest últim mes només s'enregistraren 5 mm, quan la mitjana és 50 mm. La primavera i l'estiu foren molt plujosos; els mesos de maig, juny i agost són els que varen enregistrar més precipitacions: 118 mm el maig i el juny i 165 mm l'agost (figura 34). La tardor més aviat seca (sobretot el mes d'octubre, amb 29 mm només) va acabar amb un desembre plujós (105 mm). Les temperatures enregistrades aquest any foren superiors a les normals, però sense arribar a màximes tan extremes com el 1994.

Les dades climàtiques d'aquests tres anys posen de manifest la variabilitat interanual en les condicions climàtiques de la Plana, sobretot pel que fa a la distribució de les precipitacions al llarg de l'any (figura 34) i a la precipitació anual acumulada. Cal destacar les diferències importants que hi ha en les precipitacions de la primavera i l'estiu dels tres anys, que varen ser molt escasses el 1994, molt abundants el 1995 i regulars el 1993. Quant a les temperatures, hi ha també variació interanual en la temperatura mitjana. L'any 1994 va ser el més càlid, amb la temperatura mitjana anual més alta i la màxima absoluta també més alta. L'any 1993 va ser el més fresc, amb les temperatures mitjanes i les mínimes més baixes de tots tres anys.

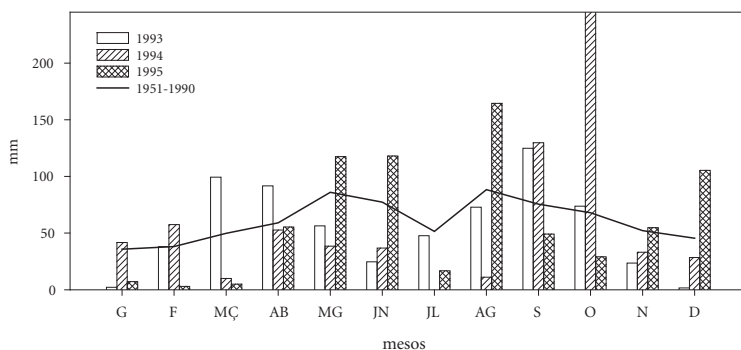


FIGURA 34. Precipitacions mensuals del període d'estudi (1993, 1994 i 1995) i de la sèrie de quaranta anys (1951-1990) a l'observatori de Vic.

6.5.2. Balanç hídric

A la figura 35 es representa el balanç hídric global del sòl, estimat a partir de la precipitació (P) i de l'evapotranspiració potencial (ETP) mensuals mitjanes a l'observatori de Vic. A la tardor, quan la $P > ETP$ i les precipitacions són regulars i abundoses, s'acompleix la recàrrega de la reserva d'aigua fins a la CRAD màxima. Durant l'hivern, aquesta situació es manté i, per tant, hi ha un excés d'aigua que percolarà. Durant la primavera, mentre l' $ETP < P$, continua havent-hi excés d'aigua, i a final de primavera, quan l'ETP supera la P, s'utilitza la reserva d'aigua del sòl. A l'estiu, quan s'ha esgotat la reserva d'aigua i es manté l' $ETP > P$, s'esdevé el període de dèficit hídric.

El balanç hídric estimat a partir de les dades climàtiques del període d'estudi a l'observatori de Vic permet evidenciar les diferències respecte del balanç mitjà (figura 36). El 1993, l'ETP hi supera les precipitacions només els mesos d'estiu: juny, juliol i agost; a partir de final de juny s'hi esgota la reserva d'aigua i el dèficit hídric s'hi manté fins a mitjan agost.

En canvi, el 1994 l'ETP supera les precipitacions des del mes de març fins a la primera quinzena de setembre; els mesos de juliol i agost presenta valors extremament alts a causa de les temperatures màximes extremes (figura 36). Durant la primavera i l'estiu d'aquest any, les precipitacions també hi varen ser molt escasses, la qual cosa va fer que la reserva d'aigua s'esgotés el maig i que el dèficit hídric s'estengués fins a mitjan setembre, un període anormalment llarg.

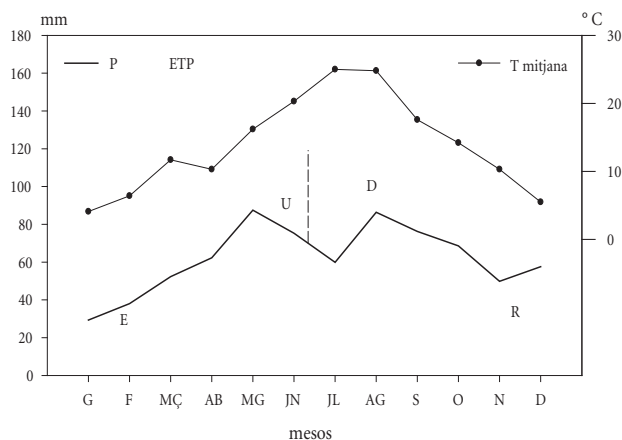


FIGURA 35. Precipitació (P), evapotranspiració potencial (ETP) i temperatura mitjana mensual del període 1951-1980 a l'observatori de Vic. Balanç hídric estimat per a una CRAD de 70 mm en els 50 cm superiors del sòl. R: recàrrega; E: excés d'aigua; U: utilització de la reserva d'aigua del sòl; D: dèficit.

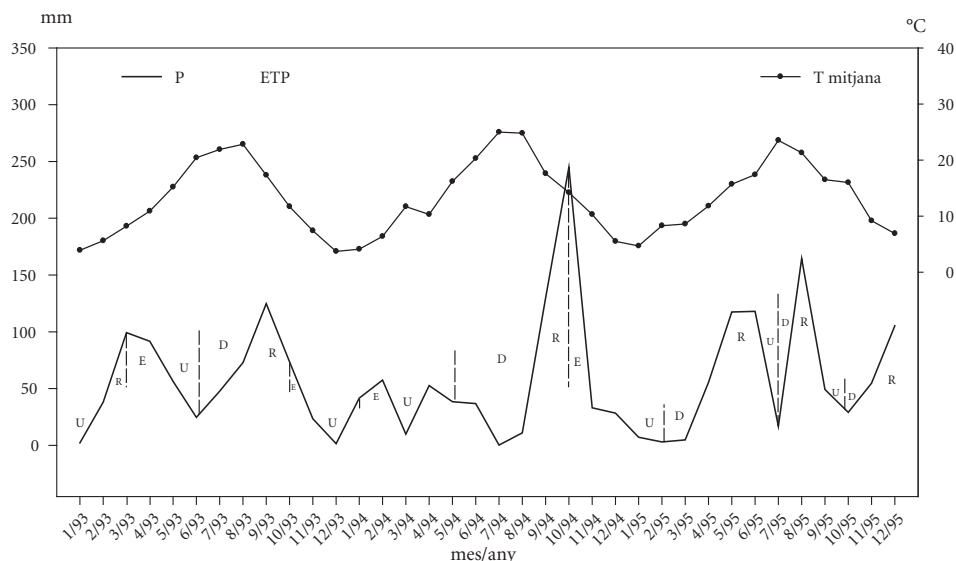


FIGURA 36. Precipitació (P), evapotranspiració potencial (ETP) i temperatura mitjana mensuals dels anys del període d'estudi. Balanç hídric estimat per a una CRAD de 70 mm en els 50 cm superiors del sòl. R: recàrrega; E: excés d'aigua; U: utilització de la reserva d'aigua del sòl; D: dèficit.

El 1995 l'ETP va superar les precipitacions els mesos de gener, febrer, març, juliol i octubre (figura 36). El període de dèficit hídric de l'estiu va quedar limitat al juliol. La poca precipitació caiguda durant el mes de març i les pluges escasses dels mesos anteriors van provocar un dèficit hídric aquest mes. Com que la tardor va ser poc plujosa, el període de dèficit hídric fou curt, des de mitjan octubre fins a mitjan novembre.

En resum, les condicions climàtiques de l'any 1993 varen correspondre a les habituals de la zona. El 1994, en canvi, va ser un any extremament sec a la primavera i a l'estiu, amb temperatures màximes superiors a les habituals durant més dies i un període de dèficit hídric gairebé de quatre mesos. El 1995 va ser un any climàticament atípic, amb una tardor més aviat seca i un estiu humit i poc calorós, i amb diversos períodes curts de dèficit hídric repartits al llarg de l'any: a final d'hivern (març), a l'estiu (juliol) i a la tardor (octubre).

7. Règim hídric dels sòls de les joncedes mesòfiles i dels llistonars

7.1. INTRODUCCIÓ

En la majoria d'ecosistemes terrestres l'aigua és un factor limitant del creixement i del desenvolupament de les plantes. En termes generals, el dèficit hídric redueix el creixement vegetal a causa dels efectes que té la manca d'aigua en els processos fisiològics, com ara la fotosíntesi, la respiració o la divisió i la diferenciació cel·lular (Kramer, 1983).

La disponibilitat d'aigua en el temps i en l'espai és un dels factors principals que determinen l'estructura i la dinàmica dels ecosistemes, tant a les regions on el dèficit hídric és permanent —per exemple, a les zones àrides i semiàrides amb molt poques precipitacions durant l'any (Singh *et al.*, 1998)— com a les regions on el dèficit hídric és estacional —per exemple, les de clima mediterrani, amb temperatures altes i precipitacions escasses a l'estiu. En canvi, a les zones humides no sol haver-hi períodes amb dèficit hídric marcat, sinó que aquest és aleatori i s'esdevé només en períodes breus si hi ha una distribució anormal de les precipitacions. A les regions on hi ha dèficit hídric, les espècies vegetals presenten estratègies i adaptacions diverses per evitar la sequera (*drought avoidance*) o tolerar-la (*drought tolerance*), com poden ser un creixement limitat als períodes favorables, un cicle biològic que s'acaba abans de l'inici de la sequera, un sistema radical expandit en diferents nivells del sòl en funció de la disponibilitat d'aigua o algunes adaptacions morfològiques que permeten reduir les pèrdues d'aigua (Kramer, 1983; Larcher, 1995). Segons Shmida i Burgess (1988), la presència i la predominança de diferents tipus de formes biològiques a les pastures, sobretot en regions seques i semiàrides, sovint estan relacionades amb la disponibilitat d'aigua a diferents nivells dins del sòl.

Diversos autors (Trlica i Biondini, 1990; Knapp *et al.*, 1993; Briggs i Knapp, 1995; Singh *et al.*, 1998) han posat de manifest els efectes que tenen la dinàmica i la disponibilitat d'aigua del sòl en la producció de biomassa aèria i radical de les pastures. Sala *et al.* (1992) i Paruelo i Sala (1995) han estudiat amb detall la dinàmica de l'aigua del sòl en diferents tipus de pastures i han establert el perfil hídric en profunditat i al llarg del temps, a partir del balanç entre les entrades (procedents de les precipitacions) i les sortides (degudes a l'evaporació, a la transpiració i a la percolació en profunditat), i ho han relacionat amb la producció de biomassa aèria i de biomassa radical i amb el model de distribució de les rels sòl endins.

En el capítol 4 hem vist que un dels principals factors determinants de la composició i la distribució de les pastures en els turons de la plana de Vic és la disponibilitat d'aigua edàfica, i hem apuntat que calia avaluar amb més detall la disponibilitat hídrica en els diferents horitzons del sòl; en principi, el nostre estudi es va limitar al nivell de màxim arrelament (als 5-10 cm superiors).

Per això més tard vam aprofundir en l'estudi del règim hídric del sòl de les dues comunitats pradenques més esteses, les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesetum*) i els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi*), les quals es troben en ambients contrastats, amb condicions microclimàtiques i edàfiques diferents.

L'objectiu d'aquest estudi fou avaluar les diferències que es donen en el contingut i el potencial hídric del sòl entre ambdós tipus de pastures, esbrinar la variació del contingut i la disponibilitat d'aigua en el perfil del sòl i en el temps, i establir el balanç hídric i els períodes de dèficit i de reserva.

7.2. METODOLOGIA

Hem estudiat amb detall el contingut d'aigua del sòl a diferents fondàries en les sis parcel·les utilitzades per a l'estudi de la producció de biomassa aèria (descrites en el capítol 6), tres per a les joncedes mesòfiles i tres per als llistonars. Hem obtingut les corbes de retenció hídrica del sòl per a cada parcel·la i per a cada profunditat, corbes que ens han permès estimar el potencial hídric del sòl, a cada parcel·la i a les diferents capes, tenint en compte els valors de la humitat.

A partir del contingut d'aigua i de la capacitat de retenció, hem calculat el balanç hídric dels sòls i hem obtingut, per a cada parcel·la, els períodes de dèficit i de reserva d'aigua. Prenent la mitjana dels valors de les tres parcel·les de cada comunitat, hem avaluat les diferències de règim hídric del sòl en aquells dos tipus de pastures (joncedes mesòfiles i llistonars).

7.2.1. *Contingut hídric del sòl*

El contingut hídric del sòl es va determinar mitjançant el mètode gravimètric, assecant la mostra a 105 °C.

La presa de mostres es va realitzar dintre un període de 953 dies, des del maig de 1993 fins al desembre de 1995, mensualment d'octubre a abril i quinzenalment de maig a setembre. Es varen prendre mostres a diferents profunditats, en intervals de 10 cm, des de 10 fins a 50 cm, excepte en sis dates concretes (desembre de 1993 i març, juny, agost, octubre i desembre del 1994), en què —coincidint amb el mostratge de biomassa radical— se n'obtingueren fins a 100 cm. Cada vegada s'extreien mostres de tres punts diferents situats a l'exterior de la parcel·la i seleccionats a l'atzar, amb què s'obtenien tres repeticions per a cada profunditat. Les mostres recollides es guardaven en bosses de plàstic ben tancades, es portaven immediatament al laboratori, es pesaven i es deixaven assecar a l'aire i després a l'estufa a 105 °C fins a pes constant.

7.2.2. *Corbes característiques d'humitat*

Diversos autors (Ahuja *et al.*, 1985; Williams *et al.*, 1992; Rajkai i Varallyay, 1989) han proposat diferents mètodes per estimar el contingut d'aigua a diferents potencials matricials del sòl a partir d'algunes característiques bàsiques, com ara les fraccions granulomètriques (representants de la textura), la matèria orgànica o la densitat aparent. N'és un l'anàlisi de regressió lineal múltiple, del qual Rawls *et al.* (1989) presenten tres models per a dotze potencials matricials. En el primer nivell es tenen en compte només les propietats bàsiques dels sòls, com són els continguts de sorres, de llims, d'argiles i de matèria orgànica, i la densitat aparent. El segon nivell inclou, a més, el contingut d'aigua a -1.500 kPa i el tercer nivell hi afegeix el contingut d'aigua a -33 kPa.

Nosaltres hem obtingut les corbes característiques d'humitat del sòl per a cada parcel·la i a diferents profunditats, des de 10 fins a 100 cm (a intervals de 10 cm), a partir de l'aigua retinuda per la fracció fina del sòl als potencials de -33 kPa, -60 kPa, -100 kPa, -500 kPa i -1.500 kPa. El contingut d'aigua a cadascun d'aquests potencials es va determinar, en unes mostres, mitjançant la cambra de pressió (placa de Richards) i, en unes altres, mitjançant les equacions de regressió lineal múltiple, calculades a partir de la textura i el contingut de matèria orgànica.

Amb les mostres de sòl provinents d'una mateixa parcel·la i una mateixa profunditat, recollides en diferents dates de mostratge, vàrem preparar una mostra mixta. D'aquesta manera vàrem obtenir noranta mostres. Totes varen ser tamisades amb sedàs de 2 mm de malla separant la fracció fina de la grolle-

ra. A partir de la terra fina es van determinar la classe textural i el contingut de matèria orgànica seguint els mètodes exposats a l'apartat 6.4 (capítol 6).

D'un total de seixanta-quatre mostres, corresponents a quatre classes texturals i amb continguts diferents de matèria orgànica, vàrem determinar-ne, mitjançant les plaques de Richards, el contingut d'aigua als potencials de -33 kPa, -60 kPa, -100 kPa, -500 kPa i -1.500 kPa, cosa que es va fer en fase de desorció emprant la fracció fina del sòl ($\varnothing < 2$ mm) prèviament saturada d'aigua.

Als resultats obtinguts se'ls va aplicar una regressió lineal múltiple, mètode pas a pas (*stepwise*), mitjançant el paquet estadístic SPSS (v. 9.0), per tal de relacionar el contingut hídric amb les proporcions de sorres, llims, argiles i matèria orgànica a cada valor de potencial. L'equació obtinguda per a cada potencial es va utilitzar per estimar els valors dels punts de la corba de la sèrie de mostres restants, no analitzades al laboratori.

7.2.3. Potencial hídric del sòl

El potencial hídric del sòl a cada profunditat i per a cada data de mostreig s'ha calculat a partir dels valors d'humitat mitjançant la corba de retenció hídrica, havent corregit prèviament la humitat del sòl segons el % de graves.

Seguint el mateix model explicat en el capítol 4 (vegeu l'apartat 4.2.2), hem ajustat cadascuna de les corbes obtingudes a una funció potencial del tipus $y = ax^b$ i hem calculat els valors de les constants a i b de l'equació mitjançant el paquet estadístic SPSS (v. 9.0).

7.2.4. Aigua disponible

Coneguts el contingut hídric i la capacitat de retenció d'aigua del sòl, hem calculat la quantitat real d'aigua disponible (AD), expressada en mm, fent la diferència entre el contingut d'aigua del sòl (θ_{mm}) en un moment determinat i el contingut d'aigua a un potencial matricial (ψ) de -1.500 kPa ($\theta_{mm} - 1.500$ kPa):

$$AD = \theta_{mm} - \theta_{mm - 1.500 \text{ kPa}}.$$

El contingut d'aigua (θ_{mm}) a cada nivell i per a cada moment l'hem calculat mitjançant l'expressió

$$\theta_{mm} = (\% \text{ humitat-cgr} / 100) \times da \times p,$$

on humitat-cgr és el % d'humitat referida a la fracció fina del sòl després de fer la correcció segons el % de graves, da la densitat aparent i p la profunditat en mm.

7.2.5. Anàlisi de les dades

Per tal d'analitzar les diferències d'humitat, de potencial hídric i d'aigua disponible entre comunitats, entre profunditats i al llarg del temps, hem aplicat l'anàlisi de la variància (ANOVA) mitjançant el paquet estadístic SPSS (v. 9.0). Per a l'anàlisi de les diferències entre els grups s'ha utilitzat el test de Tukey-HSD.

L'anàlisi de les dades s'ha fet a partir de la variable original, en el cas de l'aigua disponible, i a partir de les variables transformades, en el cas de la humitat i del potencial hídric, ja que aquestes no seguien una distribució normal. D'acord amb les indicacions de Sokal i Rohlf (1995), les dades percentuals de la humitat s'han transformat mitjançant l'arcsinus de l'arrel quadrada de la variable dividida per 100 ($\arcsin \sqrt{x/100}$) i el potencial hídric s'ha transformat logarítmicament ($\log \psi$).

7.3. RESULTATS

7.3.1. Corbes característiques d'humitat

Les característiques de les mostres utilitzades per a l'obtenció de les corbes de retenció d'humitat poden veure's a l'annex 4. A la taula A4.1 es detallen els continguts de matèria orgànica, de sorres, de llims i d'argiles i la classe textural corresponent.

En aquest mateix annex (taula A4.2) s'especifiquen els continguts d'aigua determinats per a cada valor de potencial matricial (−33, −60, −100, −500 i −1.500 kPa) mitjançant les plaques de Richards, en una sèrie de seixanta-quatre mostres. Per a cada valor de potencial, hem obtingut la relació entre el contingut hídric i la matèria orgànica i la textura mitjançant l'anàlisi de regressió lineal múltiple, mètode pas a pas (taula 28). Les equacions obtingudes demostren la importància de la matèria orgànica en la retenció d'aigua del sòl, variable que ha estat seleccionada en tots els models aplicats.

TAULA 28

Equacions de regressió lineal múltiple obtingudes mitjançant el mètode pas a pas, per a cada valor de potencial matricial, a partir dels resultats de les seixanta-quatre mostres de sòls de les parcel·les (vegeu la taula A4.2 de l'annex 4)

Potencial (kPa)	Constant	Coeficients				r	r ²	n
		% de sorres	% de llims	% d'argiles	% de m. o.			
−33	24,339351	−0,2129	0,254873		1,977223	0,81	0,66	62
−60	5,153694				1,362655	0,85	0,73	40
−100	20,767303	−0,17913			1,07347	0,89	0,79	20
−500	13,946855	−0,14499			1,074218	0,83	0,68	20
−1.500	7,397018	−0,07765			1,136655	0,86	0,75	62

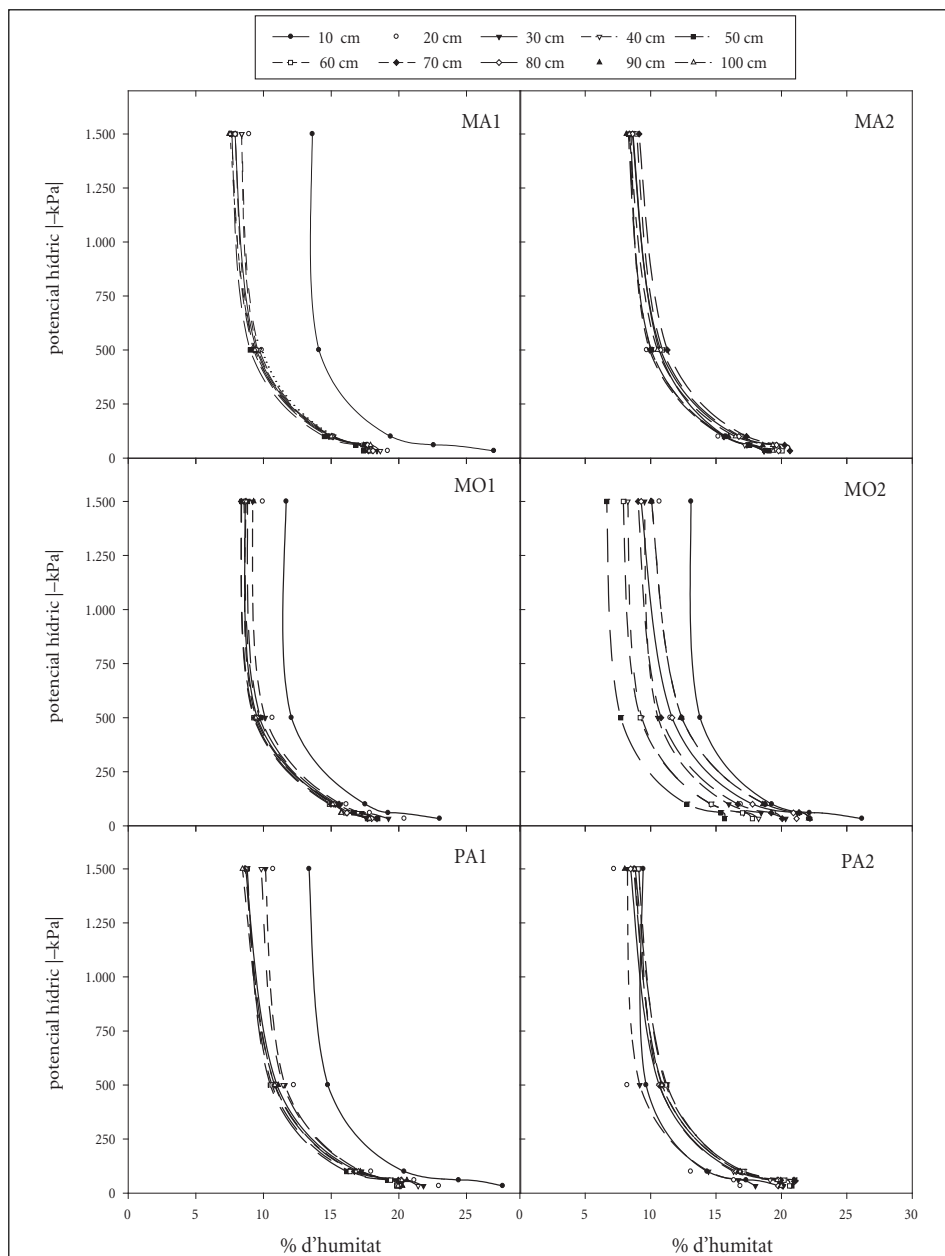


FIGURA 37. Corbes característiques d'humitat a diferents profunditats del sòl, des de 10 fins a 100 cm, de les joncades mesòfiles (gràfics de l'esquerra: MA1, MO1, PA1) i dels llistonars (gràfics de la dreta: MA2, MO2, PA2).

Les equacions de regressió de la taula 28 han estat utilitzades per estimar el contingut d'aigua a cada potencial per a la sèrie de mostres de les quals no s'havien determinat els punts de la corba al laboratori.

La figura 37 representa les corbes característiques d'humitat de cada parcel·la i a cada profunditat. Les diferències observades, en una mateixa parcel·la, entre les corbes de retenció d'aigua segons la profunditat estan relacionades amb les diferències en els continguts de matèria orgànica, sorres, llims i argiles.

A les parcel·les de les joncedes mesòfiles (MA1, MO1 i PA1), la corba d'humitat a 10 cm assenyala, a tots els potencials, una retenció d'aigua molt superior a la de les altres profunditats (figura 37). Les corbes corresponents als nivells profunds, des de 50 fins a 100 cm, donen una retenció d'aigua molt semblant, i molt inferior a la de 10 cm, mentre que les corbes corresponents a 20, 30 i 40 cm mostren valors intermedis. La disminució important de la retenció d'aigua des de les capes superiors a les inferiors s'explica per una disminució paral·lela de la matèria orgànica, que passa del 4-6 % a 10 cm a l'1-3 % a 20 cm, a l'1 % a 40 cm i a menys de l'1 % per sota dels 50 cm. Així, doncs, per a les textures franques, francoargiloses i francollimoses, la retenció d'aigua als diferents potencials està directament i positivament correlacionada amb la matèria orgànica (taula 29); el coeficient de correlació (r) mitjà és 0,61 ($p < 0,01$) per a tots els potencials.

Als llistonars (MA2, MO2 i PA2), les diferències de retenció d'aigua a diferents profunditats varien segons les parcel·les, tot i que en general són els horitzons inferiors, de textura francollimosa, els que retenen més aigua, i els de 20 i 30 cm, amb més proporció de sorres, els que en retenen menys (figura 37). A 10 cm, malgrat els continguts alts de sorres i baixos de llims i argiles, com que hi

TAULA 29

Coeficients de correlació entre el contingut d'aigua a diferents potencials i alguns paràmetres del sòl (m. o.: matèria orgànica, sorres, llims i argiles)

	-33 kPa	-60 kPa	-100 kPa	-500 kPa	-1.500 kPa
% de m. o.	0,552	0,5661	0,6536	0,6177	0,6434
(n)	(62)	(40)	(20)	(20)	(62)
p	0,000	0,000	0,002	0,004	0,000
% de sorres	-0,2454	-0,389	-0,2052	-0,3434	-0,1684
(n)	(62)	(40)	(20)	(20)	(62)
p	0,055	0,013	0,386	0,138	0,191
% de llims	0,2529	0,4221	0,1444	0,2848	0,1559
(n)	(62)	(40)	(20)	(20)	(62)
p	0,047	0,007	0,544	0,224	0,226
% d'argiles	0,1463	0,1553	0,3724	0,4588	0,1521
(n)	(62)	(40)	(20)	(20)	(62)
p	0,256	0,339	0,106	0,042	0,238

ha més matèria orgànica, la corba de retenció hídrica queda entremig de les anteriors. Al llistonar de Malla (MA2) és on hi ha menys diferències entre les corbes: els nivells de 60 a 100 cm, de textura francollimosa, tot i tenir poca matèria orgànica (0,6-0,2 %), són els que presenten més retenció; per sota seu hi ha el nivell de 10 cm, en què, malgrat contenir gairebé el doble de sorres, com que té més matèria orgànica (3,68 %), la retenció d'aigua és semblant a la dels nivells inferiors; els nivells de 20 a 50 cm, amb continguts més alts de sorres i poca matèria orgànica (1-2 %), són els que retenen menys aigua.

En canvi, al llistonar de Mont-rodon (MO2) és on hi ha més diferències entre les profunditats. Ordenats de més a menys segons la retenció d'aigua, tenim els nivells següents: el de 10 cm, amb continguts alts de matèria orgànica (5,2 %); els de 20 i de 30 cm, amb proporcions intermèdies de matèria orgànica (2,4-3,4 %), i els de 70 a 100 cm, amb poca matèria orgànica (< 1 %), però amb valors alts de llims i argiles i poques sorres; els de 40 i 60 cm, també amb poca matèria orgànica (1-1,8 %), però amb més sorres i menys llims i argiles; i el de 50 cm, amb els continguts més alts de sorres i els més baixos de llims i argiles. Al llistonar de Palau (PA2) són els nivells inferiors, des de 40 fins a 100 cm, de textura francollimosa, els que, tot i tenir poca matèria orgànica (des de l'1,5 fins al 0,4 %), presenten més retenció d'aigua a tots els potencials; a 20 cm és on la retenció és més baixa, coincidint amb el fet que hi ha més sorres i menys llims i argiles. Els nivells de 10 i 30 cm presenten una retenció intermèdia.

Les corbes de retenció hídrica mostren un molt bon ajust a la funció exponencial $y = ax^b$, amb coeficients de correlació significativament alts, propers a 1 (r entre 0,98 i 1, $p < 0,05$). A la taula 30 figuren els valors de les constants a i b de les equacions obtingudes per a cadascuna de les corbes de retenció d'aigua.

7.3.2. *Contingut i potencial hídric del sòl*

7.3.2.1. *Evolució al llarg de l'any*

A les figures 38 i 39 es representa l'evolució de la humitat i del potencial hídric (ψ) del sòl de les parcel·les durant el període d'estudi, a diferents profunditats, des de 10 fins a 50 cm. Tant l'una com l'altra evolucionen semblantment a totes les parcel·les i varien significativament segons les dates de mostratge ($p < 0,01$); aquesta variació està relacionada amb les pluges, la temperatura mitjana i l'ETP.

Com hem vist en el capítol 4, tant a les joncedes com als llistonars hi ha dues èpoques ben diferenciades: l'una en què la humitat del sòl presenta valors superiors al 15 % i el ψ es troba per sobre de -1.500 kPa (punt de marciment), de manera que hi ha aigua disponible, i l'altra en què la humitat del sòl és inferior al 10 % i el ψ es troba per sota de -1.500 kPa; per tant, s'hi esdevé dèficit hídric. La primera corres-

TAULA 30

Valors de les constants (a i b) i dels coeficients de correlació (r) de l'equació exponencial ($y = ax^b$) per a les corbes de retenció d'aigua de cada parcel·la i a cada profunditat

Joncades mesòfiles (<i>Plantagini-Aphyllanthetum</i>)						Llistonars (<i>Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi</i>)					
Parcel·la	Profunditat (cm)	a	b	r	Significació F	Parcel·la	Profunditat (cm)	a	b	r	Significació F
MA1	10	3,06E + 09	-5,660748	0,98	0,0227	MA2	10	4,35E + 07	-4,747913	1,00	0,0031
	20	7,00E + 07	-4,917691	1,00	0,0012		20	6,04E + 07	-4,881742	1,00	0,0011
	30	3,22E + 07	-4,683449	1,00	0,0027		30	3,51E + 07	-4,686765	1,00	0,0028
	40	2,62E + 07	-4,586113	1,00	0,0037		40	2,76E + 07	-4,603573	1,00	0,0027
	50	1,17E + 07	-4,387952	0,99	0,0064		50	1,91E + 07	-4,452039	1,00	0,0022
	60	1,30E + 07	-4,37637	0,99	0,0065		60	2,50E + 07	-4,426064	0,99	0,0071
	70	7,46E + 06	-4,181305	0,99	0,0095		70	2,31E + 07	-4,352331	0,99	0,0081
	80	1,11E + 07	-4,302911	0,99	0,0077		80	1,41E + 07	-4,239237	0,99	0,01
	90	6,15E + 06	-4,131741	0,99	0,0104		90	1,09E + 07	-4,224626	0,99	0,0102
	100	5,47E + 06	-4,053298	0,99	0,0119		100	1,08E + 07	-4,172252	0,99	0,0111
MO1	10	2,11E + 09	-5,816146	0,99	0,0101	MO2	10	2,48E + 09	-5,635626	0,99	0,0137
	20	3,36E + 08	-5,378386	1,00	0,0009		20	3,93E + 08	-5,300542	1,00	0,0035
	30	1,38E + 08	-5,144104	1,00	0,0001		30	1,14E + 08	-4,993129	1,00	0,0013
	40	5,27E + 07	-4,858342	1,00	0,0019		40	2,80E + 07	-4,657638	1,00	0,0028
	50	9,98E + 07	-5,08818	1,00	0,0013		50	4,02E + 06	-4,163056	0,99	0,008
	60	6,50E + 07	-5,007654	1,00	0,0018		60	1,61E + 07	-4,478102	1,00	0,0048
	70	5,68E + 07	-4,950312	1,00	0,0026		70	3,46E + 07	-4,551259	1,00	0,005
	80	9,92E + 07	-5,13055	1,00	0,002		80	2,16E + 07	-4,289118	0,99	0,0092
	90	4,10E + 08	-5,621379	0,99	0,0064		90	5,37E + 07	-4,542537	0,99	0,0061
	100	1,46E + 08	-5,291578	1,00	0,0029		100	5,85E + 07	-4,562715	0,99	0,0061
PA1	10	1,08E + 09	-5,253571	0,99	0,0102	PA2	10	1,31E + 08	-5,142745	0,99	0,0128
	20	1,66E + 08	-4,911198	1,00	0,0027		20	6,11E + 06	-4,230681	0,99	0,0083
	30	1,23E + 08	-4,890263	1,00	0,002		30	3,35E + 07	-4,749438	1,00	0,0019
	40	7,82E + 07	-4,751022	1,00	0,0027		40	3,90E + 07	-4,600777	1,00	0,0039
	50	2,37E + 07	-4,443642	0,99	0,0058		50	1,06E + 07	-4,070976	0,99	0,0119
	60	1,93E + 07	-4,358168	0,99	0,0072		60	2,14E + 07	-4,335052	0,99	0,0078
	70	1,30E + 07	-4,195437	0,99	0,01		70	1,41E + 07	-4,218267	0,99	0,0099
	80	1,24E + 07	-4,16384	0,99	0,011		80	1,08E + 07	-4,147899	0,99	0,0108
	90	8,68E + 06	-4,026695	0,99	0,0134		90	3,47E + 06	-3,725321	0,98	0,0183
	100	8,43E + 06	-4,041458	0,99	0,0129		100	1,78E + 07	-4,308693	0,99	0,0087

pon als mesos de tardor-hivern (des d'octubre fins a febrer), quan hi ha més precipitacions i l'ETP i les temperatures són baixes; i la segona, els mesos d'estiu, quan plou poc, la temperatura mitjana és alta i l'ETP és superior a les precipitacions.

Tant a la tardor-hivern de 1993-1994 com a la de 1994-1995, a les joncedes mesòfiles (MA1, MO1 i PA1) la humitat del sòl a 10 cm de profunditat va ser superior al 20 %, i entre 20 i 50 cm es va mantenir entre el 15 i el 20 %, mentre que en els llistonars (MA2, MO2 i PA2) hi va haver entre el 10 i el 15 % d'humitat des de 10 fins a 50 cm de profunditat. Durant aquest mateix període, el potencial hídric del sòl (ψ), tant a les joncedes com als llistonars, fou proper a la capacitat de camp (-33kPa). A la primavera, quan la temperatura i l'ETP augmenten, la humitat del sòl disminueix progressivament i el ψ s'acosta al punt de marcimant (-1.500 kPa); aquesta disminució és, però, més notable als llistonars que a les joncedes i s'hi observen algunes diferències segons els anys (1994 i 1995). El 1994, amb pluges més o menys regulars durant l'abril i el maig, a les joncedes i, sobretot, als llistonars el ψ disminueix progressivament. En canvi, el 1995, com que des del febrer fins a final d'abril va ploure molt poc, s'hi va acomplir una disminució molt accentuada del ψ , que l'abril ja va assolir valors per sota del punt de marcimant en els llistonars. El maig d'aquest mateix any, les precipitacions hi varen ser importants i varen permetre recuperar-hi el ψ fins a valors propers a la capacitat de camp (-33 kPa). Els mesos d'estiu, quan les temperatures i l'ETP són altes, s'hi assoleixen els valors més baixos d'humitat i de ψ . Hi ha, però, algunes diferències entre els tres anys estudiats (1993, 1994, 1995) a causa de les variacions interanuals de les precipitacions, de la temperatura i de l'ETP. L'estiu dels anys 1993 i 1994, els sòls van presentar valors d'humitat molt baixos, entre el 5 i el 10 % a les joncedes mesòfiles i per sota del 5 % als llistonars. L'estiu del 1993, el ψ del sòl va ser inferior a -1.500 kPa , amb valors més negatius als llistonars que a les joncedes, mentre que el del 1994 les temperatures varen ser extremament altes i l'ETP molt superior a la precipitació, de manera que el ψ prengué valors molt negatius, tant a les joncedes com als llistonars, i el mes d'agost hi va assolir els valors més baixos de tot el període d'estudi. El 1995, en canvi, després d'una primavera plujosa i amb pluges regulars durant l'agost, la humitat del sòl va estar, a les joncedes, entre el 10 i el 15 %, i als llistonars, entre el 5 i el 10 %; només el juliol, amb poques precipitacions, inferiors a l'ETP, les humitats varen ser baixes, al voltant del 10 % a les joncedes i del 5 % als llistonars, i el ψ va ser inferior a -1.500 kPa , sense arribar a valors tan negatius com els de l'estiu anterior. A final de l'estiu i a principi de la tardor les precipitacions solen ser abundants i es torna a recarregar la reserva d'aigua del sòl. En aquest moment s'esdevé un augment sobtat de la humitat i el ψ queda proper a la capacitat de camp (-33 kPa). Durant la tardor del 1995 el ψ dels llistonars es va mantenir proper a -1.500 kPa , i en algun cas fins i tot més baix, a causa de les poques precipitacions de l'octubre.

7.3.2.2. Diferències segons la profunditat

La humitat del sòl disminueix amb la profunditat a totes les parcel·les (figura 38) excepte a la del llistonar de Palau (PA2), on les capes de 10 i 20 cm són més seques que les de 40 i 50 cm. Aquestes diferències varien segons el tipus de comunitat, el turó i les dates de mostratge i són, en general, més importants a les joncedes que als llistonars. En el cas de les joncedes mesòfiles (MA1, MO1 i PA1), en totes les parcel·les la humitat del sòl a 10 cm és significativament ($p < 0,001$) més alta que a les capes inferiors; entre 20 i 50 cm les diferències són més petites i no resulten significatives. En els llistonars (MA2, MO2, PA2) les diferències varien segons el turó; a Malla (MA2) la humitat no varia significativament en profunditat; a Mont-rodon (MO2) les capes superiors (10 i 20 cm) presenten, en general, humitats significativament ($p < 0,001$) més altes que les inferiors (de 30 a 50 cm); i a Palau (PA2), a 10 i a 20 cm, la humitat és significativament ($p < 0,01$) més baixa que a 40 i 50 cm i els valors intermedis a 30 cm no difereixen significativament dels altres. En totes les parcel·les, les diferències són més acusades, i en general significatives ($p < 0,01$), durant els mesos de tardor-hivern i de primavera, quan la humitat del sòl és alta; en canvi, a l'estiu no resulten significatives.

Pel que fa al potencial hídric del sòl (ψ), les diferències segons la profunditat són menors i varien segons el moment de l'any. Resulten més accentuades durant els períodes freds i humits (tardor-hivern), i en els mesos més càlids i secs (juliol i agost), que a la primavera (figura 39).

El ψ disminueix amb la profunditat durant els períodes humits, quan és proper a la capacitat de camp (entre -100 i -33 kPa), tant a les joncedes mesòfiles com als llistonars i són les capes superiors (10 i 20 cm) les que presenten els valors més alts (entre -10 i -33 kPa). En canvi, durant els períodes secs, quan el ψ està per sota de -1.500 kPa, els valors més alts els presenten els estrats inferiors (40 i 50 cm). En tots els casos, els ψ més negatius es varen assolir a 10 cm durant l'agost del 1994, amb valors extremament negatius, propers als -100.000 kPa.

A les figures 40 i 41 es representen, respectivament, la humitat i el potencial hídric del sòl de les sis parcel·les estudiades, des de 10 fins a 100 cm, referides únicament a sis dates de mostratge (desembre del 1993 i març, juny, agost, octubre i desembre del 1994) corresponents a diferents èpoques de l'any. S'hi observa que la humitat tendeix a disminuir amb la profunditat a totes les parcel·les (figura 40). En canvi, el potencial hídric només mostra aquesta tendència durant els períodes humits (octubre, desembre i març); les capes inferiors de 90 i 100 cm són les que tenen el ψ més baix (figura 41). Durant els períodes secs (juny i agost) el ψ tendeix a augmentar amb la profunditat.

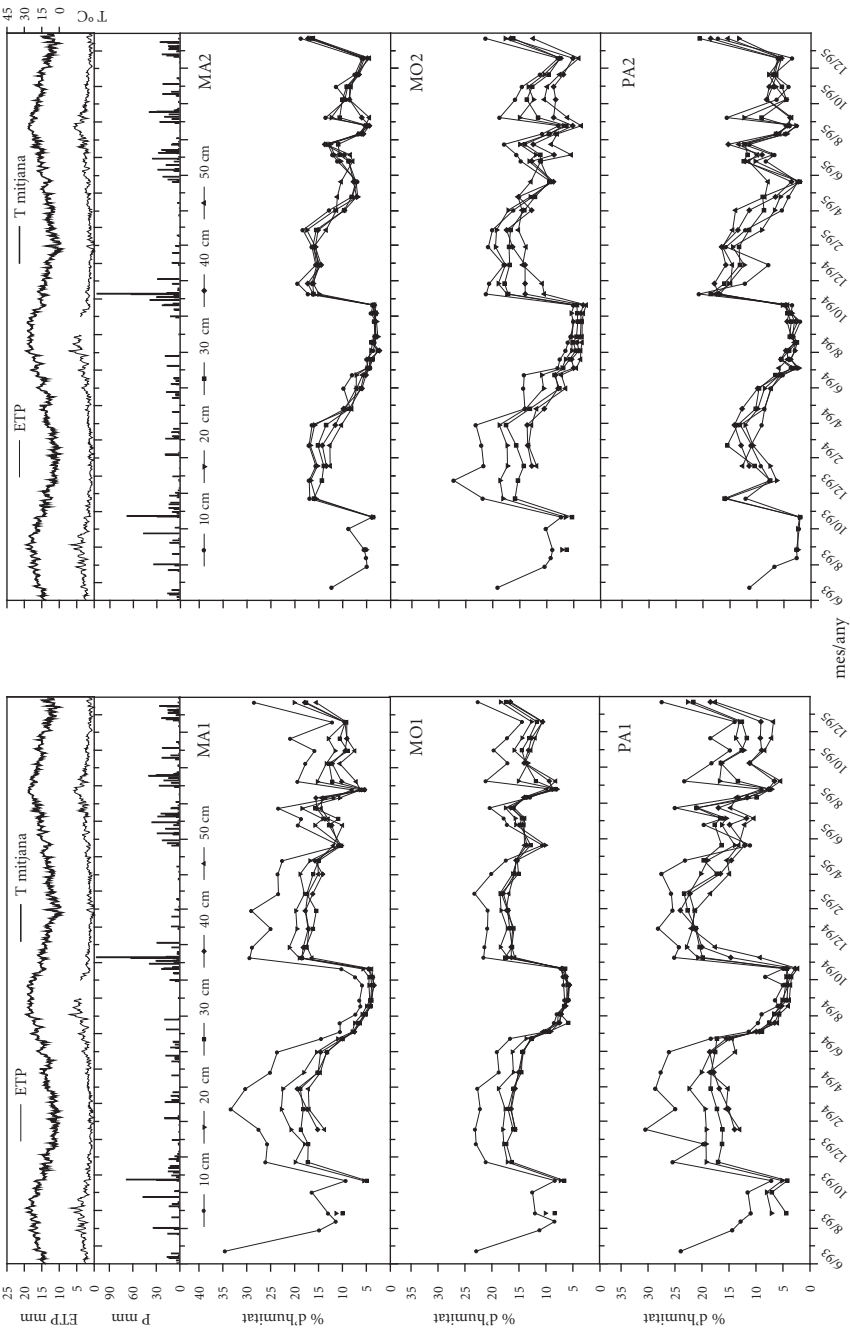


FIGURA 38. Evolució de la humitat del sòl a diferents profunditats a les parcel·les de les joncces mesòfiles (MA1, MO1 i PA1) i a les dels llistonars (MA2, MO2 i PA2). En els dos gràfics superiors es representen els valors diaris de la temperatura mitjana, l'ETP i les precipitacions (P) a l'observatori de Vic durant el mateix període.

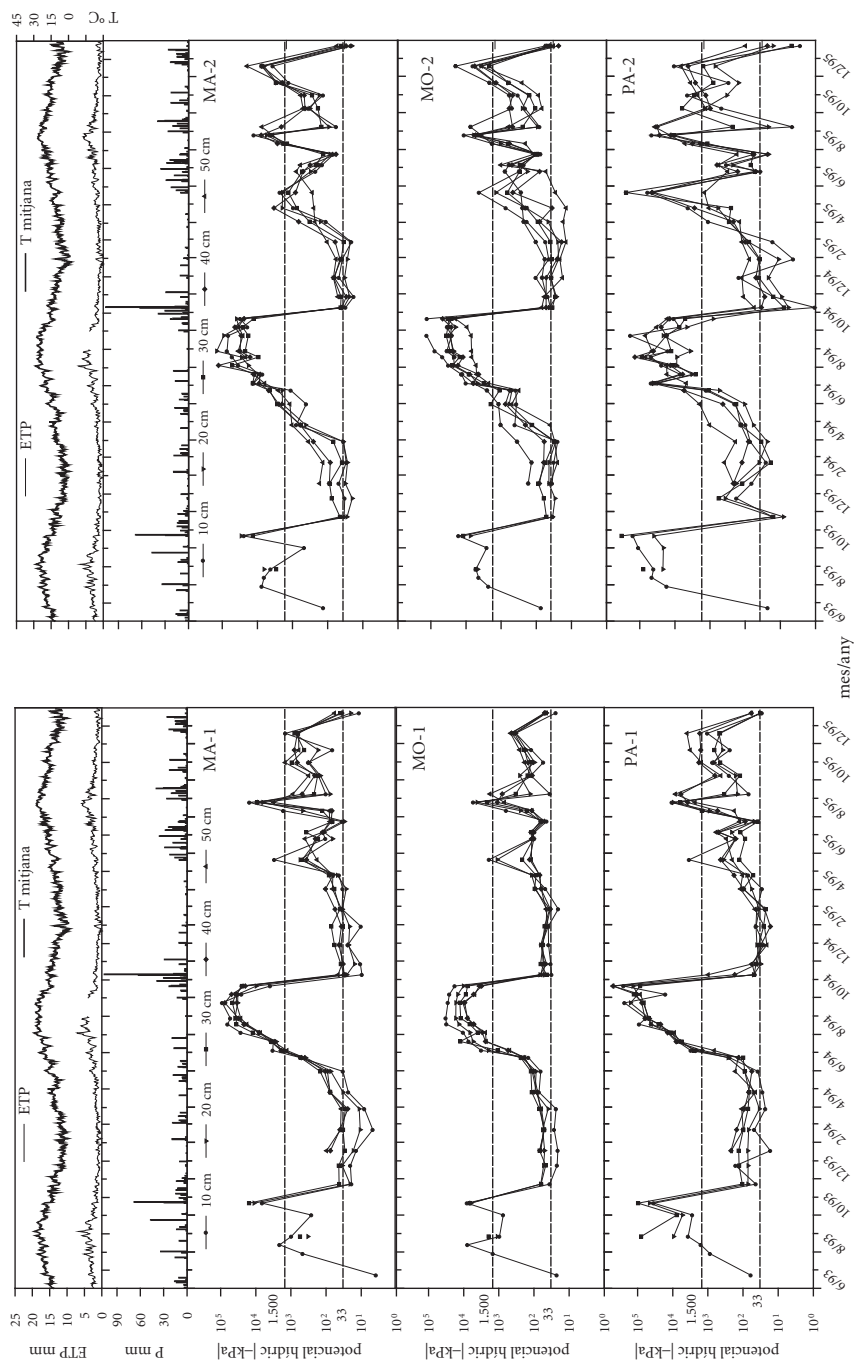


FIGURA 39. Evolució del potencial hídric del sòl a diferents profunditats a les parcel·les de les jonces mesòfiles (MA1, MO1 i PA1) i a les dels llistonars (MA2, MO2 i PA2). En els dos gràfics superiors es representen els valors diaris de la temperatura mitjana, l'ETP i les precipitacions (P) a l'observatori de Vic durant el mateix període.

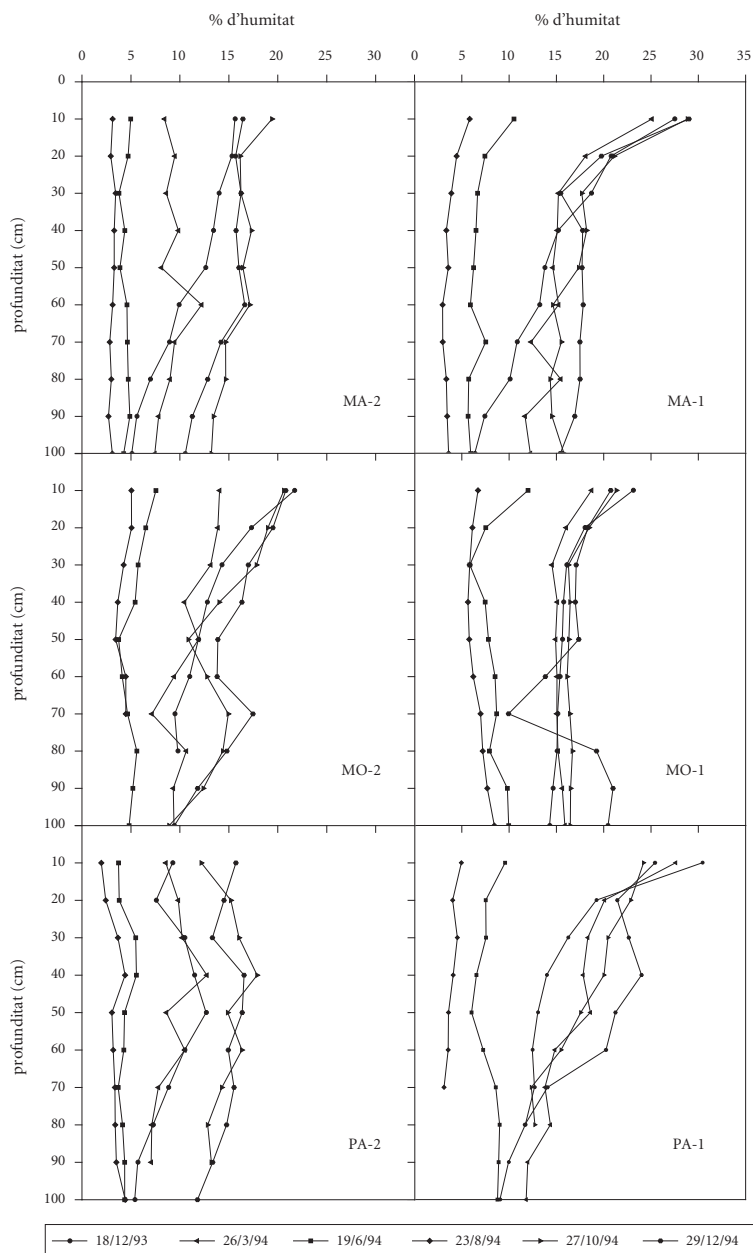


FIGURA 40. Perfils d'humitat del sòl, des de 10 fins a 100 cm de profunditat, a cadascuna de les parcel·les de les joncades mesòfiles (gràfics de la dreta) i dels llistonars (gràfics de l'esquerra) en sis dates de mostrejat diferents.

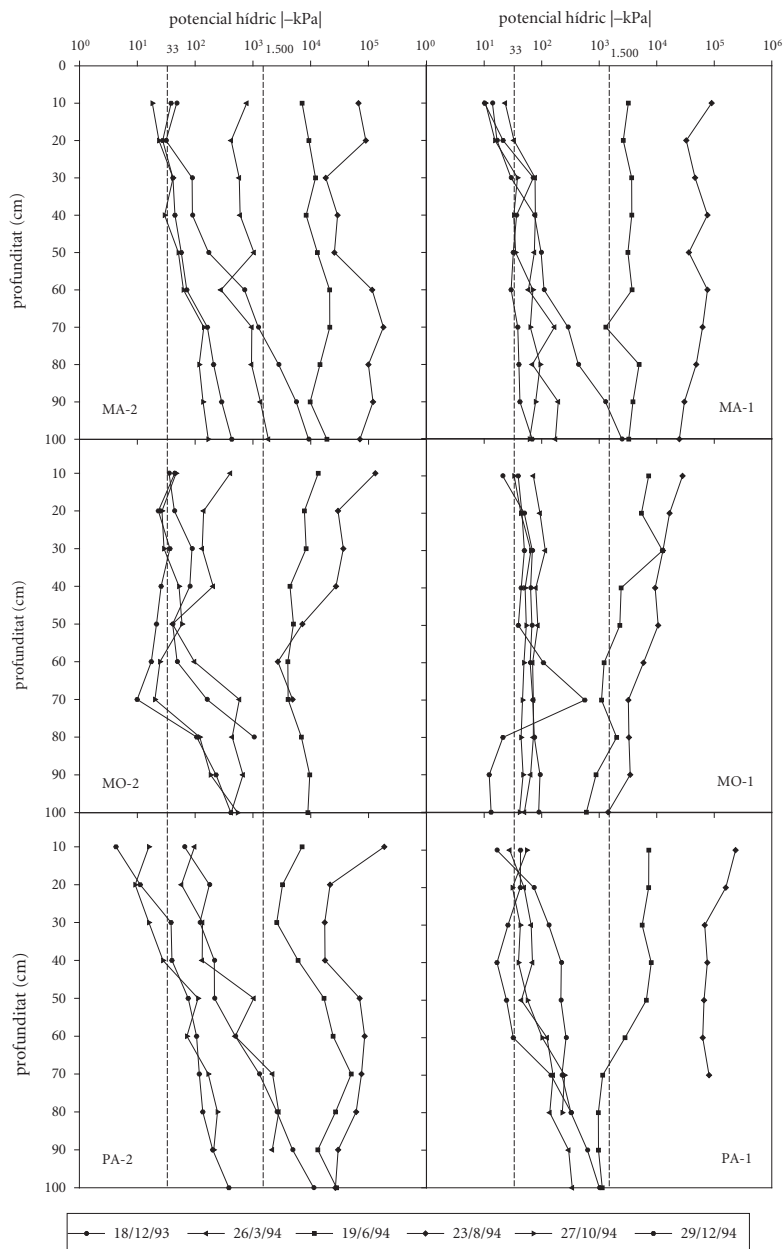


FIGURA 41. Perfils del potencial hídric del sòl, des de 10 fins a 100 cm de profunditat, a cadascuna de les parcel·les de les jonces mesòfiles (gràfics de la dreta) i dels llistonars (gràfics de l'esquerra) en sis dates de mostratge diferents.

Fent una anàlisi detallada de les diferències de la humitat del sòl per sota de 50 cm, observem que a totes les parcel·les la humitat és significativament ($p < 0,001$) més alta a l'octubre i el desembre del 1994 que l'agost i el juny (figura 40).

Tal com passa fins a 50 cm, la variació de la humitat en les capes inferiors (de 50 a 100 cm) és més accentuada a les joncedes que als llistonars. A les joncedes mesòfiles la humitat disminueix significativament ($p < 0,001$) entre els 10 i els 20 cm superiors i continua disminuint gradualment fins a 100 cm; els mesos d'estiu (juny i agost) del 1994 tot el perfil del sòl es va mantenir molt sec, amb diferències petites i no significatives. En els llistonars hi ha algunes diferències entre parcel·les (figura 40), de manera que a MO2, durant els mesos de desembre del 1993 i març, octubre i desembre del 1994, la humitat hi disminueix gradualment des de 10 fins a 30-40 cm i varia poc de 40 a 100 cm, amb valors significativament ($p < 0,01$) més alts en els nivells superiors. En canvi, a MA2 i a PA2 la humitat varia poc des de 10 fins a 50 cm i tendeix a disminuir lleugerament des de 60 fins a 100 cm; en general, les diferències són petites i no significatives entre els nivells superiors i els inferiors. Els mesos de juny i agost del 1994, a les tres parcel·les dels llistonars la humitat del sòl no varia significativament, sinó que es manté al voltant del 5 %, o per sota, en tot el perfil del sòl (des de 10 fins a 100 cm).

Les diferències del ψ amb la profunditat són en general significatives ($p < 0,001$) i varien segons les dates de mostreig i segons les parcel·les (figura 41). El juny i l'agost i a totes les parcel·les, el ψ es manté per sota del punt de marciment (-1.500 kPa) a tot el perfil (de 10 fins a 100 cm), amb valors extremament negatius a l'agost. A Malla i a Palau, tant a la joncada mesòfila (MA1, PA1) com al llistonar (MA2, PA2) el ψ no varia significativament al llarg de tot el perfil, mentre que a Mont-rodon, tant a la joncada (MO1) com al llistonar (MO2), augmenta significativament amb la profunditat ($p < 0,05$), amb valors menys negatius, propers als -1.500 kPa, de 70 a 100 cm. A totes les parcel·les, excepte a MO1, el desembre de 1993 el ψ disminueix significativament amb la profunditat, des de valors propers a la capacitat de camp o, fins i tot, per sobre (entre -10 i -33 kPa) a la superfície (a 10 i 20 cm) fins a valors al voltant del punt de marciment (-1.500 kPa), o per sota, a les capes inferiors (de 80 a 100 cm). En aquest moment, les diferències entre el ψ de la part superior del perfil (de 10 a 50 cm) i el de la part inferior (de 80 a 100 cm) resulten significatives a totes les parcel·les ($p < 0,001$). El març, l'octubre i el desembre de 1994, la davallada del ψ no és tan accentuada i es manté per sota de -1.500 kPa a tot el perfil.

7.3.2.3. Diferències entre comunitats

A tots els turons estudiats, Malla (MA), Mont-rodon (MO) i Palau (PA), la humitat del sòl es manté significativament més alta ($p < 0,001$) a les joncedes mesòfiles que als llistonars durant tot el període d'estudi, des de 10 fins a 50 cm (figura 42) i fins a 100 cm (figura 43). A Malla i a Palau les diferències entre ambdues comunitats són més accentuades que a Mont-rodon, on, tot i ser significatives, són més petites. Durant els períodes humits, tardor-hivern i primavera, dels tres anys analitzats, les diferències són més acusades entre ambdues comunitats, al voltant del 5-10 % més d'humitat a les joncedes que als llistonars, mentre que en els períodes secs aquestes diferències es redueixen al 2-4 %.

El potencial hídric del sòl (ψ) també és significativament ($p < 0,001$) més baix als llistonars que a les joncedes en els tres turons considerats. Les diferències són més acusades i resulten significatives ($p < 0,05$) durant la primavera, mentre que, tant a l'estiu com a l'hivern, són menors i no resulten significatives (figures 44 i 45).

Les diferències entre ambdues comunitats són més petites durant els períodes en què el ψ del sòl està per sota de -1.500 kPa i quan és proper a la capacitat de camp (-33 kPa); durant la primavera, quan el ψ es troba entre aquests dos punts, hi ha més diferències i el ψ dels llistonars és significativament ($p < 0,001$) més baix que el de les joncedes. S'hi observen variacions interanuals relacionades amb les diferències pel que fa a les precipitacions, les temperatures i l'ETP entre els anys 1994 i 1995. El 1994, a totes dues comunitats, des de principi de juny el ψ està per sota de -1.500 kPa, i aquesta situació es manté fins a final de setembre, quan comencen a caure les pluges de la tardor. El 1995, en canvi, el ψ de les joncedes només es troba per sota de -1.500 kPa el juliol, mentre que el ψ dels llistonars està per sota del punt de marciment, a més del juliol, també l'abril i el novembre, i proper a aquest punt l'octubre, coincidint amb els moments en què les precipitacions varen ser escasses. A la primavera, tant del 1994 com del 1995, és quan les diferències són més accentuades entre l'una comunitat i l'altra i el ψ va ser significativament superior a les joncedes ($p < 0,001$).

Si considerem el perfil del sòl fins a 100 cm de profunditat (figura 45), el potencial hídric de les capes superiors (des de 10 fins a 50 cm), els mesos de tardor-hivern (desembre de 1993 i octubre i desembre de 1994) és força semblant en totes dues comunitats, mentre que el ψ de les capes inferiors, de 60 a 100 cm, és significativament ($p < 0,05$) més baix en els llistonars. A principi de primavera (març de 1994) el ψ del llistonar és també significativament més baix en tot el perfil ($p < 0,001$) i arriba a valors propers al punt de marciment (-1.500 kPa) entre 70 i 100 cm. Tant a principi d'estiu (juny de 1994) com en

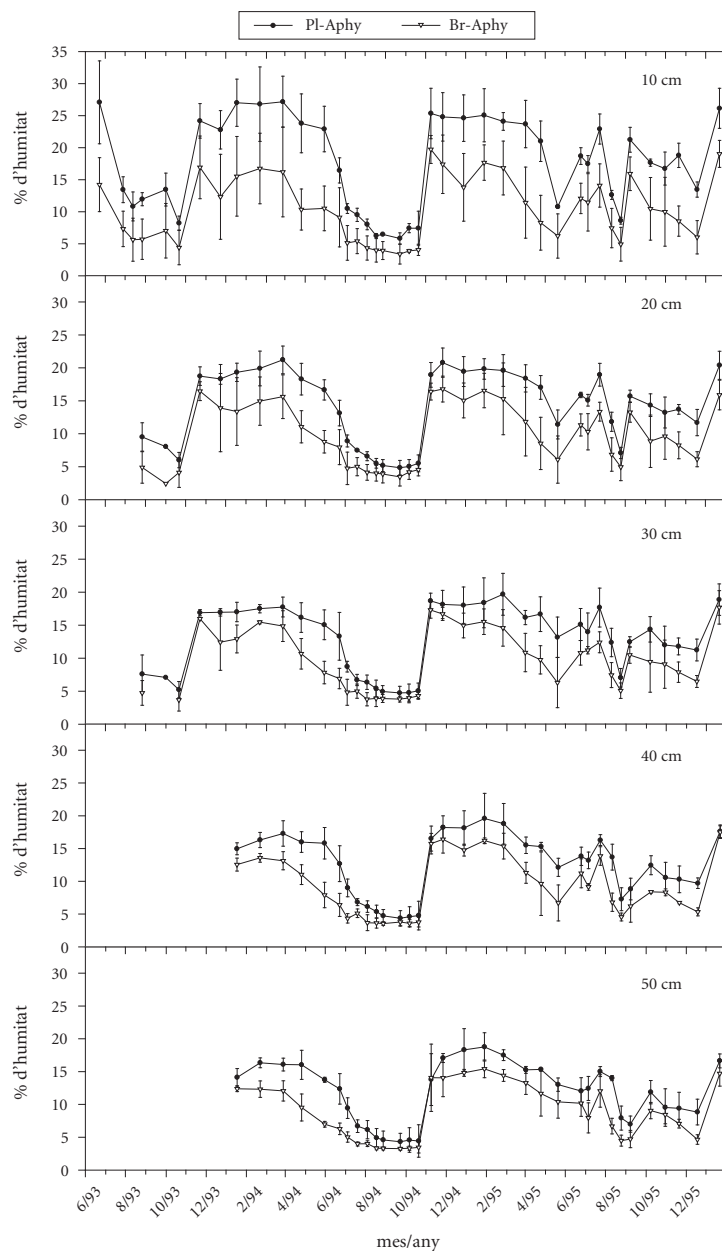


FIGURA 42. Evolució de la humitat a diferents profunditats del sòl a les joncades mesòfiles (Pl-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). Per a cada comunitat s'hi indiquen la mitjana i la desviació estàndard.

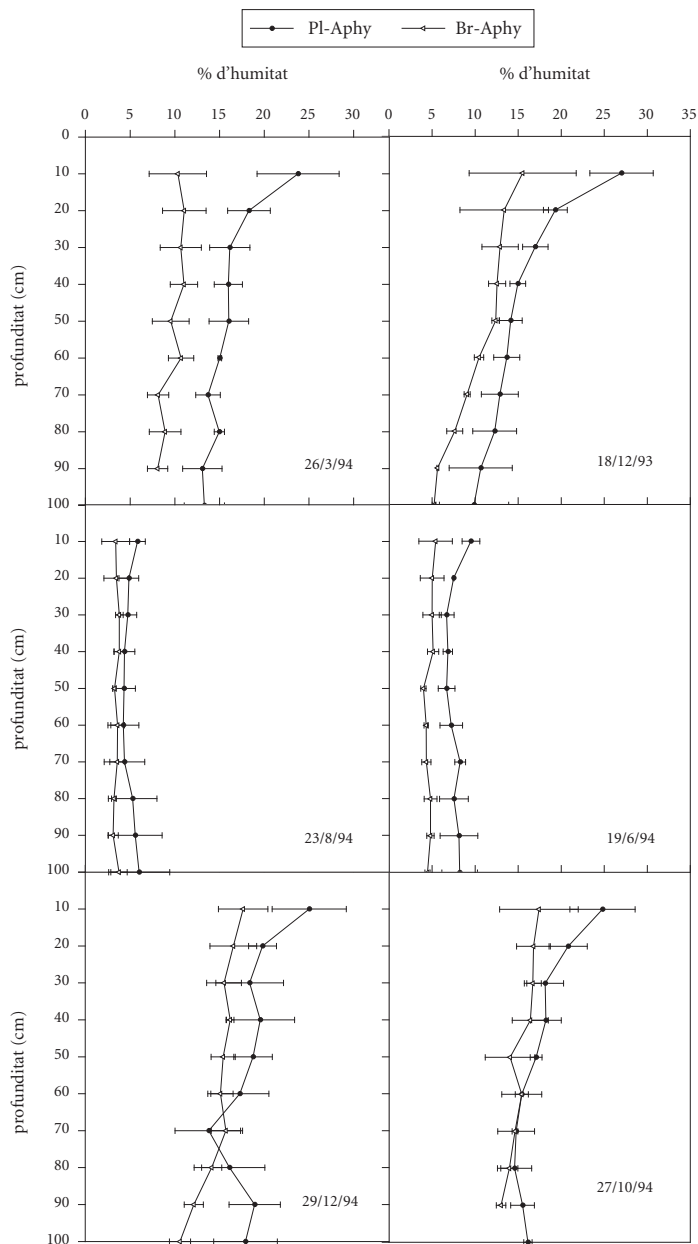


FIGURA 43. Perfils d'humitat del sòl, des de 10 fins a 100 cm de profunditat, corresponents a sis dates de mostreig diferents a les joncedes mesòfiles (Pl-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). Per a cada comunitat s'hi indiquen la mitjana i la desviació estàndard.

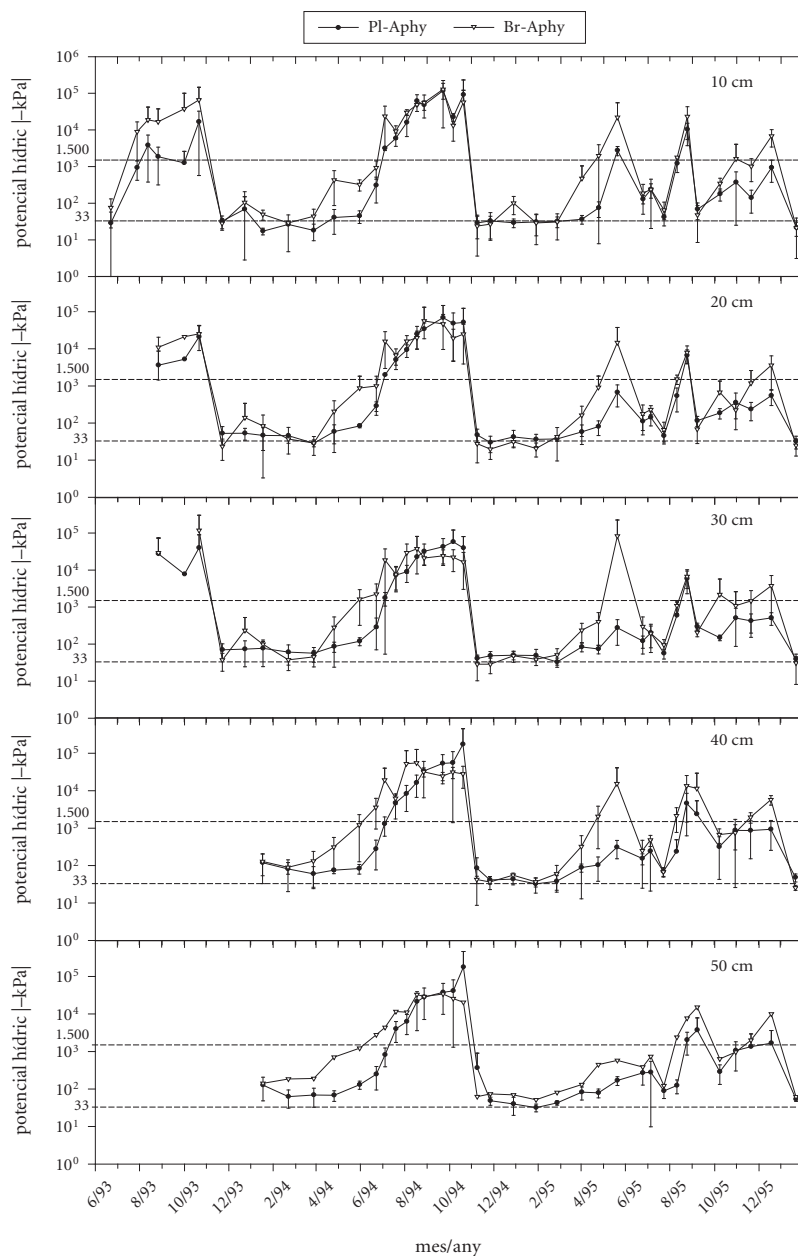


FIGURA 44. Evolució del potencial hídric del sòl a diferents profunditats a les joncedes mesòfiles (Pl-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). Per a cada comunitat s'hi indiquen la mitjana i la desviació estàndard.

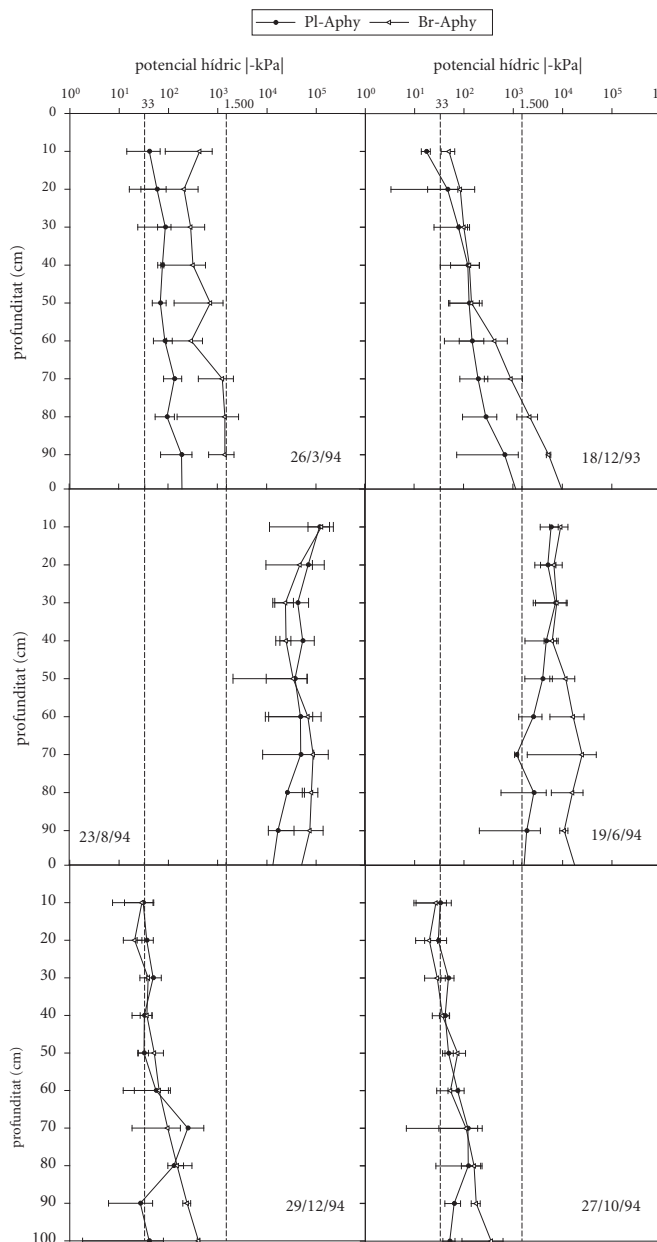


FIGURA 45. Perfils del potencial hídric del sòl des de 10 fins a 100 cm de profunditat, corresponents a sis dates de mostrejat diferents, a les joncedes mesòfiles (Pl-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). Per a cada comunitat s'hi indiquen la mitjana i la desviació estàndard.

ple estiu (agost de 1994), el ψ de les capes superiors, fins a 40 cm, varia poc entre les joncedes i els llistonars, mentre que de 50 a 100 cm és significativament més baix en els llistonars ($p < 0,01$).

7.3.3. *Aigua disponible i balanç hídric dels sòls*

Hem vist que, en general, a totes les parcel·les tant la humitat del sòl com el ψ varien poc en les capes inferiors del sòl, de manera que des de 30 fins a 100 cm de profunditat les diferències són petites i poc significatives o gens. Per això hem calculat la quantitat d'aigua disponible només per a les capes superiors, de 0 a 10 cm i de 10 a 20 cm; per a les capes inferiors hem agrupat els valors en dos blocs, l'un que va des de 20 fins a 50 cm, i l'altre, des de 50 fins a 100 cm.

Tal com es pot veure a la figura 46, els períodes de dèficit hídric, en què no hi ha aigua disponible en tot el perfil del sòl, són els mesos d'estiu (juliol i setembre de 1993, de juny a setembre de 1994 i juliol de 1995) tant a les joncedes com als llistonars. A la part superficial (de 0 a 10 cm) tampoc no hi ha aigua disponible ni el març, ni l'octubre, ni el novembre del 1995; en els llistonars la manca d'aigua disponible durant aquests mesos arriba fins a profunditats intermèdies (de 20 a 50 cm). Aquests períodes de dèficit hídric coincideixen amb els previstos segons el balanç hídric estimat a partir de les dades climàtiques (vegeu el capítol anterior, figura 36); corresponen també als mesos en què la humitat del sòl és baixa, per sota del 5 % als llistonars i del 10 % a les joncedes, i en què el ψ està per sota de -1.500 kPa (punt de marciment). Els períodes amb més disponibilitat d'aigua són els mesos de tardor i hivern. Les pluges de tardor omplen la reserva d'aigua del sòl a totes les capes i la reserva es manté durant l'hivern. A la primavera, la temperatura i l'ETP augmenten, i a partir del mes de març la reserva d'aigua del sòl comença a disminuir. S'observen diferències interanuals en aquest comportament, relacionables amb les variacions de les precipitacions i les temperatures en aquests tres anys. El 1994, la primavera va ser poc plujosa i la quantitat d'aigua disponible va disminuir ràpidament, fins a esdevenir nul·la a principi de juny en tot el perfil del sòl; en canvi, el 1995, la davallada important es va acomplir ja a inici de primavera a causa de les temperatures relativament altes dels mesos de gener i febrer i de les precipitacions escasses del març, fet que va provocar un dèficit hídric durant aquest últim mes a l'estrat superficial del sòl (de 0 a 10 cm). Les precipitacions intenses del maig i del juny del 1995 varen permetre que no manqués aigua en tot el perfil del sòl fins al juliol.

Generalment es pot considerar, doncs, que els sòls de les joncedes i dels llistonars tenen aigua disponible per a les plantes des de l'octubre fins al juny i que només els mesos d'estiu, de juliol a setembre, hi ha manca d'aigua. Les va-

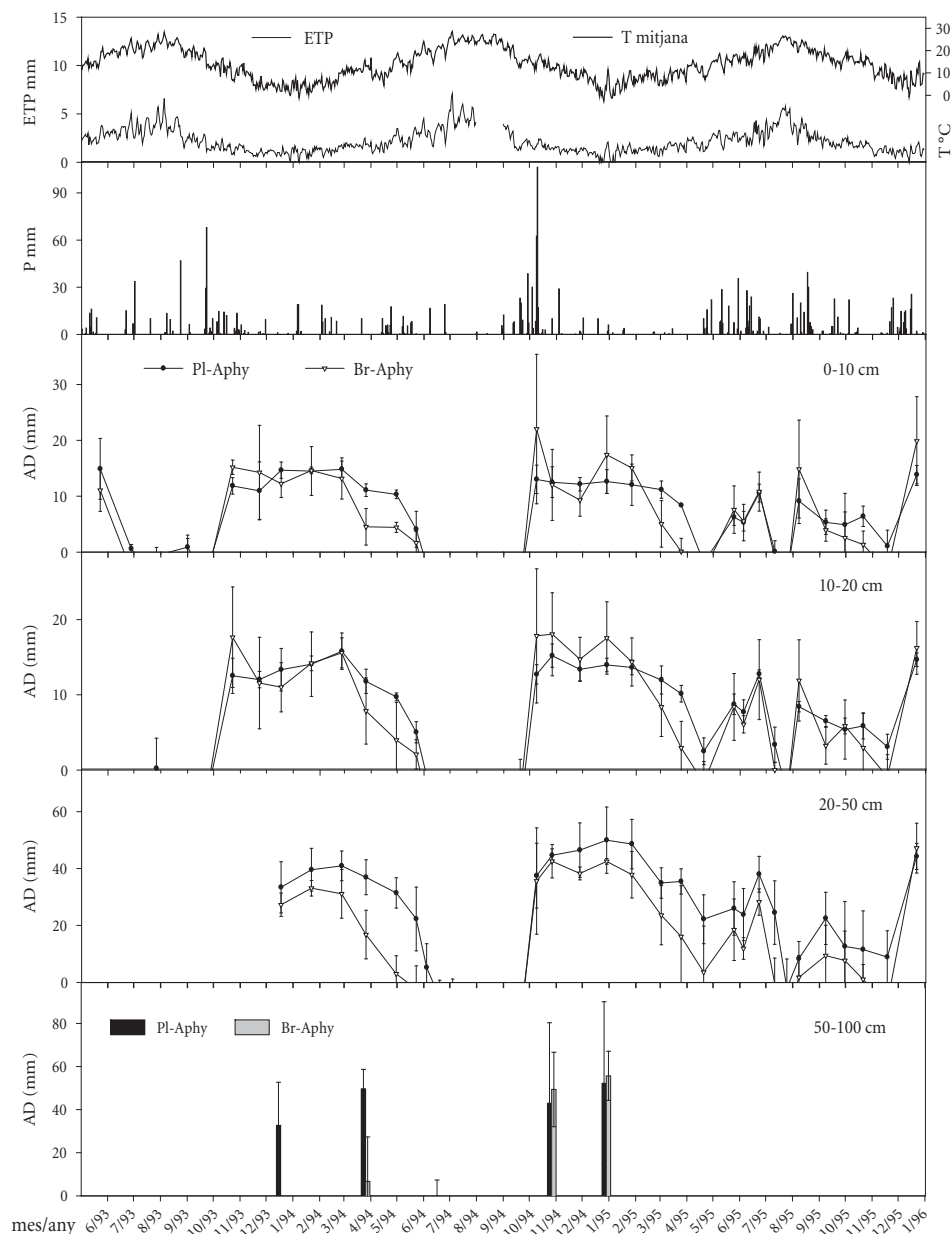


FIGURA 46. Aigua disponible (AD) a diferents profunditats del sòl (mitjana i desviació estàndard) durant tot el període d'estudi a les joncedes mesòfiles (Pl-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). En els dos gràfics superiors es representen les precipitacions (P, en mm), l'evapotranspiració potencial (ETP, en mm) i la temperatura mitjana (en °C) a l'observatori de Vic.

riacions anuals que s'esdevenen en la distribució de les precipitacions, de les temperatures i de l'ETP determinen que aquest període de dèficit hídric s'allargui o es redueixi.

A les capes superiors, de 0 a 20 cm de profunditat, les diferències entre ambdues comunitats són petites i només resulten significatives ($p < 0,05$) a l'estiu del 1993 i a la primavera tant del 1994 com del 1995, quan la jonceda té més disponibilitat hídrica. En canvi, a les capes inferiors, de 20 a 50 cm i de 50 a 100 cm, les diferències entre comunitats s'accentuen i l'aigua disponible és significativament ($p < 0,05$) superior a les joncedes durant tot el període. Remarcarem que, per terme mitjà, les joncedes mesòfiles van tenir aigua disponible a la part intermèdia del sòl (de 20 a 50 cm) durant tot l'any 1995 i que només en algun moment del mes de juliol es va esgotar totalment. Per contra, als llistonars, durant el 1995, la reserva d'aigua es va esgotar totalment el maig, el juliol i el novembre. L'aigua disponible a les capes inferiors, de 50 a 100 cm, és significativament ($p < 0,05$) més alta a les joncedes que als llistonars. En aquests darrers, només després de les pluges intenses de la tardor del 1994 es manté una reserva d'aigua a les capes profundes, semblant a la de les joncedes (figura 46).

A la figura 47 es representa, per a cada comunitat i cada profunditat, la mitjana de l'aigua disponible en cada estació de l'any (primavera, estiu, tardor i hivern). En aquests gràfics s'observa clarament que l'aigua disponible és inferior en els llistonars. En els 20 cm superiors del sòl només hi ha diferències importants i significatives ($p < 0,01$) durant la primavera del 1994. En canvi, a les capes inferiors, de 20 a 50 cm, durant tot el període d'estudi l'aigua disponible de les joncedes és significativament ($p < 0,05$) superior a la dels llistonars.

7.4. DISCUSSIÓ

L'aportació d'aigua al sòl prové de les precipitacions; les pèrdues són degudes sobretot a l'evaporació a la superfície del sòl, a la transpiració de les plantes i a la percolació en el sòl. La distribució de les precipitacions i de la temperatura al llarg de l'any condicionen la intensitat d'aquests processos, que juntament amb la capacitat de retenció d'aigua determinen el contingut hídric en cada moment.

Els resultats obtinguts confirmen que les característiques del sòl, bàsicament la textura i el contingut de matèria orgànica, són el que, juntament amb la profunditat, determina la capacitat de retenció d'aigua del sòl (Singh *et al.*, 1998). Aquesta capacitat varia poc entre els dos tipus de pastures estudiats a les diferents profunditats del sòl. En el cas de les joncedes mesòfiles, la capa superficial del sòl (10 cm), amb un contingut alt de matèria orgànica, és la que reté més aigua a tots els potencials. A les capes inferiors, amb poca matèria orgànica, el principal factor determinant de l'aigua retinguda a cada potencial és la textura; els sòls dels

l·listonars, de textura francollimosa, retenen, en general, més aigua als diferents potencials que els de les joncedes, de textura franca. Per a un contingut semblant de matèria orgànica, la quantitat d'aigua retinguda puja en augmentar el contingut de llims i d'argiles, i disminueix en augmentar les sorres.

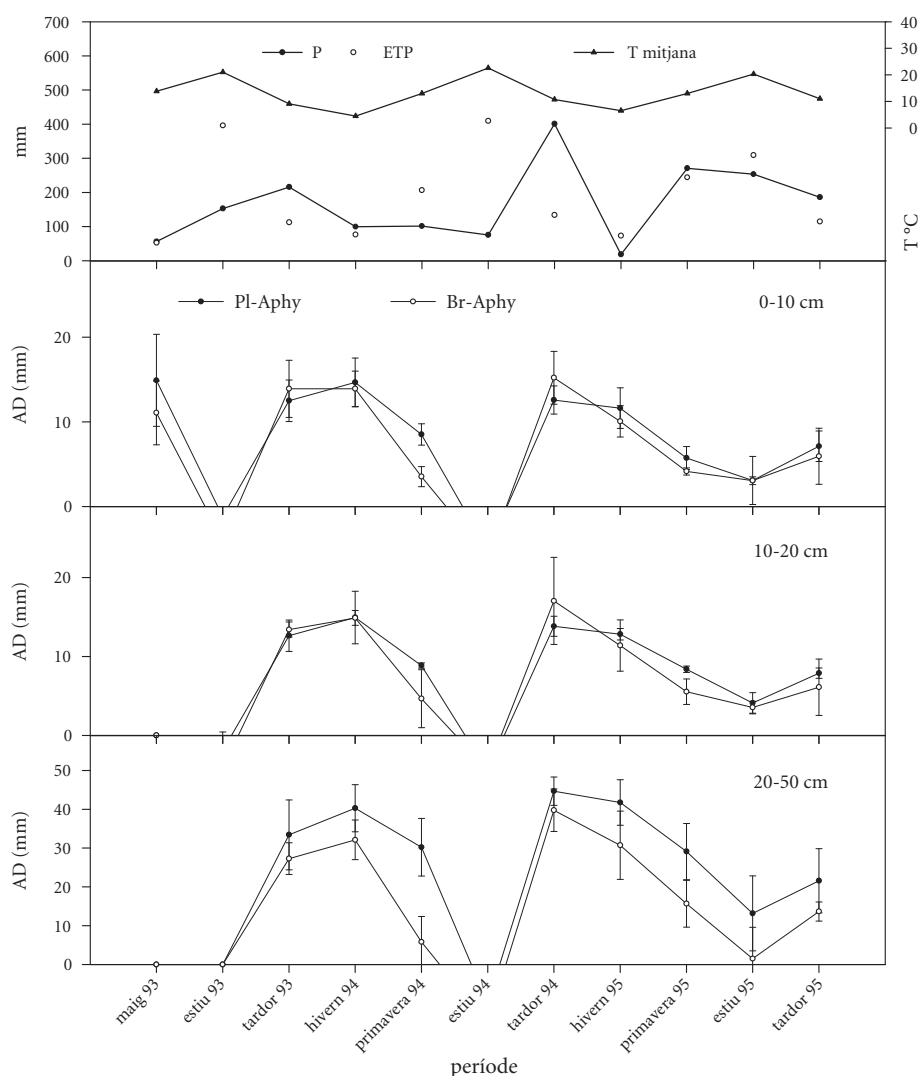


FIGURA 47. Aigua disponible (AD) a diferents profunditats del sòl (mitjana i desviació estàndard) en diferents èpoques de l'any a les joncedes mesòfiles (PI-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). Al gràfic superior, precipitacions (P, en mm), evapotranspiració potencial (ETP, en mm) i temperatura mitjana (en °C) durant els mateixos períodes a l'observatori de Vic.

El fet que els sòls del llistonar presenten més heterogeneïtat textural, a causa de la seva posició en els vessants dels turons, explica que les corbes de retenció hídrica siguin més diverses.

A la plana de Vic, de clima submediterrani, caracteritzat per un període hivernal fred (dos-tres mesos) i un estiu càlid (vegeu el capítol 3), els períodes més plujosos són la primavera (abril i maig), el final d'estiu i la tardor. A la tardor, la temperatura i l'ETP disminueixen, i per això s'hi esdevé la recàrrega d'aigua a tot el perfil del sòl. En canvi, a la primavera les temperatures i l'ETP augmenten, coincidint amb l'activació del creixement de les plantes, i les precipitacions no hi permeten la recàrrega de les capes profundes del sòl a causa que bona part de l'aigua rebuda es perd per evaporació i transpiració. Sala *et al.* (1992) conclouen, en un estudi fet en pastures de les regions semiàrides d'Amèrica del Nord, que, quan les precipitacions màximes coincideixen amb temperatures altes, no s'acompleix la recàrrega d'aigua de les capes inferiors del sòl. Les temperatures altes de l'estiu provoquen una pèrdua important d'aigua del sòl per evaporació i per esgotament ràpid de les reserves hídriques de les capes inferiors del sòl. A l'hivern, tot i que en general plou poc, les temperatures baixes permeten mantenir-hi la reserva d'aigua aportada per les pluges tardorals. En climes mediterranis i submediterranis cal, per tant, distingir dues fases ben diferenciades pel que fa a la dinàmica dels recursos: l'estació humida i l'estació seca (Henkin *et al.*, 1998; Goldberg i Novoplansky, 1997). Alguns autors (Henkin *et al.*, 1998) han observat que la disponibilitat d'aigua durant la primavera a diferents profunditats del sòl, i especialment al voltant de la zona d'arrelament, pot ser determinant per a la supervivència de les plàntules d'alguns arbusts. Segons Bertiller *et al.* (1996), la disponibilitat d'aigua del sòl afecta la supervivència i el desenvolupament de plàntules de la gramínia *Festuca pallens* i el seu establiment en les pastures semiàrides de la Patagònia.

Els resultats obtinguts pel que fa a la humitat i el potencial hídric del sòl al llarg de l'any, en els dos tipus de pastures estudiats, reflecteixen la variabilitat de la distribució de les precipitacions i posen clarament de manifest l'existència d'aquells dos períodes: un d'humit, corresponent als mesos de tardor-hivern, amb temperatures baixes, i un altre de sec, els mesos d'estiu, amb temperatures elevades. El període de transició, la primavera, es caracteritza per una disminució gradual de la humitat i un augment progressiu de les temperatures. L'evolució general de la humitat del sòl i del potencial hídric segueix un patró similar a l'obtingut mitjançant l'estudi de la humitat de la capa superior del sòl a totes les pastures (vegeu el capítol 4). Tal com ja hem comentat en aquell capítol, les variacions de les precipitacions, sobretot els mesos de primavera i estiu, determinen la durada i la intensitat de la sequera estival. La distribució de les precipitacions durant els tres anys d'estudi ha estat força diferent, i això ha provocat

algunes diferències en el règim hídric del sòl, sobretot pel que fa al període de dèficit hídric estival. El 1994, que va ser un dels anys més secs del segle, amb molt poques precipitacions a la primavera i a l'estiu (38,9 mm el maig, 75,5 mm des de l'1 de juny fins al 20 de setembre), hi va haver una sequera estival molt marcada (des del 30 de juny fins al 30 d'agost només s'hi varen recollir 2,3 mm d'aigua) i s'hi va esdevenir un dèficit hídric sever durant gairebé quatre mesos. A principi de juny, el potencial hídric del sòl es trobava ja per sota del punt de marciment (-1.500 kPa) i des de final de juny fins a mitjan setembre va baixar fins a valors extremament negatius. En canvi, el 1995 va ser tot el contrari. Les pluges més o menys regulars que varen caure a la primavera i a l'estiu varen evitar tota sequera durant els mesos de juny, agost i setembre; només hi va haver dèficit hídric durant el juliol (quan les temperatures varen assolir els valors més alts), el qual va ser de magnitud inferior al de l'any precedent. Per l'agost, les pluges abundants varen permetre que, tot i les temperatures altes, no hi hagués sequera i que els sòls es mantinguessin humits. El 1993, no tan plujós com el 1995 ni tan sec com el 1994, hi ha va haver episodis de dèficit durant el juliol, l'agost i el setembre, sense arribar a l'extrem de l'estiu del 1994.

Les temperatures baixes dels mesos de tardor i d'hivern permeten mantenir la reserva hídrica del sòl. Tant el 1993 com el 1994, aquesta reserva va ser elevada, amb continguts d'aigua propers a la capacitat de camp (-33 kPa) o fins i tot a la saturació, des de l'octubre fins al març. El 1995, les precipitacions escasses i les temperatures relativament altes de l'octubre varen fer que el novembre hi hagués dèficit hídric a les capes superiors del sòl. A partir del desembre, les temperatures baixes varen permetre mantenir-hi la reserva d'aigua al sòl, originada per les precipitacions d'aquest mes, fins al març.

Tant a la primavera del 1994 com a la del 1995, l'augment de les temperatures va provocar la disminució del contingut d'aigua del sòl. El 1994 hi hagué una disminució progressiva de l'aigua fins a arribar al punt de marciment (-1.500 kPa) a principi de juny, mentre que el 1995, a principi de primavera, s'acomplí una davallada important i el març la capa superior del sòl ja tenia continguts d'aigua propers al punt de marciment o per sota. Les pluges més o menys regulars dels mesos d'abril, maig i juny permeteren mantenir els sòls humits i amb bona disponibilitat hídrica, tot i augmentar les temperatures.

Anàlogament als resultats obtinguts en l'estudi del règim hídric de totes les pastures a la zona de màxim arrelament (vegeu capítol 4), la disminució de la humitat del sòl durant la primavera és més ràpida als llistonars que a les joncedes, cosa que indica que en aquells la pèrdua d'aigua és més intensa. La posició dels llistonars en els pendents meridionals fa que la intensitat i la quantitat de radiació rebuda siguin superiors a les que reben les joncedes; ho corrobora el fet que en aquestes indrets és on s'assoleixen les temperatures màximes més

altes a l'estiu (vegeu el capítol 3). Les temperatures més altes provoquen una taxa d'evaporació més gran a les capes superiors del sòl i, en conseqüència, un esgotament més ràpid de les reserves d'aigua de les capes inferiors. Alguns autors (Singh *et al.*, 1998) troben que, en els ambients més secs, les pèrdues més importants d'aigua del sòl són degudes sobretot a l'evaporació a les capes superiors. Caldria, doncs, avaluar quines són les pèrdues reals d'aigua per evaporació i quines ho són per transpiració en aquestes pastures.

Tant a les joncedes mesòfiles com als llistonars, el contingut d'aigua disminueix amb la profunditat. A les joncedes, la humitat del sòl és molt més alta a la part superior (10 cm) i varia poc entre les capes intermèdies (de 30 a 50 cm) i les capes profundes (de 60 a 100 cm). Als llistonars, la humitat del sòl varia menys amb la profunditat que a les joncedes. En tots els casos, la disminució del contingut d'aigua amb la profunditat és més accentuada durant els períodes humits que durant els períodes secs. En els primers, l'aigua de pluja queda fortament retinguda a les capes superiors a causa, d'una banda, de la seva major capacitat de retenció i, de l'altra, de la poca permeabilitat i la reduïda velocitat d'infiltració. Durant els períodes secs, la forta evaporació a la superfície del sòl i la intensa transpiració de les plantes provoquen un flux ascendent d'aigua que acaba assecant tot el perfil i reduint les diferències entre les capes. L'estiu del 1994, les temperatures elevades i l'absència de precipitacions varen provocar una intensa evaporació superficial i, en conseqüència, l'assecamment de tot el perfil del sòl.

El potencial hídric presenta un comportament diferent en aquests dos períodes. Durant l'estació humida, el potencial hídric del sòl disminueix amb la profunditat i els nivells superiors, que tenen més capacitat de retenció d'aigua, contenen més aigua disponible. En canvi, durant el període sec, la forta evaporació superficial i l'absorció intensa d'aigua per les arrels per tal de compensar la transpiració provoquen una pèrdua important d'aigua i, en conseqüència, una forta disminució del potencial hídric, el qual assoleix valors més baixos que en els horitzons inferiors (de 30 a 50 cm el potencial hídric és menys negatiu que en els 20 cm superiors). Per tant, durant els períodes humits les capes superiors tenen més disponibilitat d'aigua, mentre que durant els períodes secs la reserva d'aigua es troba a les capes inferiors. A la primavera, quan les plantes comencen a créixer, la productivitat depèn de la disponibilitat d'aigua de les capes intermèdies del sòl, mentre que la supervivència durant els períodes secs sembla que depèn més de la disponibilitat d'aigua a les capes profundes (Singh *et al.*, 1998).

A les dues comunitats pradenques estudiades hi ha un període d'un fort estrès hídric, amb el potencial hídric extremament negatiu a tot el perfil del sòl. Uns altres autors (Casals *et al.*, 2000), estudiant comunitats mediterrànies, obtenen també valors de ψ del sòl molt baixos, per sota del límit de detecció dels psicròmetres (-6.000 kPa). Els valors tan extrems obtinguts a les pastures de la

Plana a l'estiu de 1994, de prop de -100.000 i -200.000 kPa, podrien ser sobreestimats a causa del mètode de càlcul emprat; tal com ja hem comentat en el capítol 4, a partir de -1.500 kPa la corba característica d'humitat potser no segueix la funció exponencial considerada. Sigui com vulgui, el contingut mínim d'aigua dels sòls es va assolir durant l'estiu del 1994 i va ser molt inferior al corresponent a -1.500 kPa (taula 31), i en alguns casos fins i tot molt proper a la humitat higroscòpica (contingut d'aigua del sòl un cop assecat completament a l'aire). La magnitud del dèficit hídric durant l'estiu depèn, tal com hem comentat anteriorment, del règim de temperatures i de precipitacions tant dels mesos previs (primavera) com de l'estiu mateix. El 1994, les poques precipitacions primaverals i estivals (d'abril a agost), juntament amb les temperatures molt altes, varen provocar una sequera extrema tant a les joncedes mesòfiles com als llistonars; tot el perfil del sòl es va mantenir completament sec, sense aigua disponible per a les plantes, des de l'1 de juliol fins al 20 de setembre. Durant aquest període, les plantes d'ambdues comunitats tenien les parts aèries completament seques. Hem considerat el percentatge de dèficit d'aigua per sota del punt de marciment (-1.500 kPa) com a valor relatiu de dessecació i l'hem calculat a partir del percentatge d'aigua retinguda a -1.500 kPa, del valor més baix d'humitat enregistrat i del percentatge d'humitat del sol sec a l'aire (taula 32). El percentatge de dèficit a què es va arribar a l'estiu del 1994 va ser superior al 60 % gairebé a totes les parcel·les, excepte a la joncada de Mont-rodon (MO1), on es va mantenir entre el 30 i el 50 % als horitzons superiors i per sota del 20 % als inferiors. En canvi, a l'estiu del 1995, el % de dèficit va ser inferior al 50 % a totes les parcel·les, excepte al llistonar de Palau (PA2). A l'estiu del 1993 el % de dèficit va prendre valors intermedis entre aquells dos. A tots els turons, i en tots tres anys, el % de dèficit que s'assoleix a l'estiu és més alt als llistonars que a les joncedes.

Hem considerat que el valor límit de potencial hídric del sòl, en relació amb la disponibilitat d'aigua per les plantes, és el punt de marciment permanent (-1.500 kPa), tal com se sol acceptar en agronomia. Alguns autors (Dodd i Lauenroth, 1997) prenen el punt de marciment com el potencial més baix a què s'arriba quan els sòls estan completament secs. Nosaltres hem pres aquest valor estàndard de -1.500 kPa perquè hem fet un seguiment de dos anys i mig només, amb una variació interanual important de les precipitacions i les temperatures ambientals. Caldria tenir registres de períodes més llargs i conèixer amb més detall quin és el potencial hídric mínim a partir del qual comença a disminuir el creixement, i a partir de quin valor s'esdevé el marciment de les plantes de les comunitats estudiades.

El potencial hídric de la planta està en equilibri amb el del sòl i amb la demanda imposada pel sistema continu sòl-planta-atmosfera (Ritcher, 1976). La taxa de transpiració de la planta és alta quan el potencial hídric del sòl i les

TAULA 31

Percentatge d'humitat més baix enregistrat durant el període d'estudi (estiu del 1994), percentatge d'humitat del sòl sec a l'aire i percentatge d'aigua retinguda a -1.500 kPa (referit a la terra completa, valor corregit segons el % de graves) per a cada parcel·la i cada profunditat del sòl

Joncedes mesòfiles (Plantagini-Aphyllanthetum)

Profunditat (cm)	% d'humitat								
	MA1			MO1			PA1		
	-1.500 kPa	Valor més baix del període 1993-1995	Sòl sec a l'aire	-1.500 kPa	Valor més baix del període 1993-1995	Sòl sec a l'aire	-1.500 kPa	Valor més baix del període 1993-1995	Sòl sec a l'aire
10	12,56	5,83	2,13	11,35	6,54	2,22	13,26	4,87	1,95
20	8,34	4,28	1,38	9,61	6,1	1,97	10,44	4,02	1,49
30	8,03	3,88	1,12	8,81	5,82	1,86	9,91	3,98	1,40
40	7,88	3,36	1,10	8,18	5,64	1,76	9,32	2,74	1,17
50	7,34	3,57	0,99	8,44	5,78	1,83	8,41	2,27	1,02
60	7,24	2,96	0,99	8,11	6,21	1,91	8,35	3,55	1,13
70	7,25	2,98	0,94	8,08	6,98	1,93	8,04	3,11	1,09
80	7,51	3,36	1,02	8,33	7,2	2,24	8,06	—	—
90	7,09	3,44	0,92	8,94	7,69	2,38	7,96	—	—
100	7,16	3,60	0,90	8,32	8,43	2,39	8,15	—	—

Llistonars (Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi)

Profunditat (cm)	% d'humitat								
	MA2			MO2			PA2		
	-1.500 kPa	Valor més baix del període 1993-1995	Sòl sec a l'aire	-1.500 kPa	Valor més baix del període 1993-1995	Sòl sec a l'aire	-1.500 kPa	Valor més baix del període 1993-1995	Sòl sec a l'aire
10	7,21	3,06	1,26	11,50	5,04	1,96	5,19	1,97	1,04
20	7,27	2,65	1,12	9,00	4,91	1,76	4,60	2,43	1,02
30	7,02	3,14	1,03	8,11	4,26	1,54	6,15	2,61	1,13
40	7,09	2,33	0,98	6,82	3,26	1,28	7,51	2,81	1,15
50	7,41	3,05	0,95	4,99	2,69	1,16	7,88	3,06	1,09
60	8,32	3,13	1,03	5,08	4,1	1,10	8,09	3,19	1,09
70	8,48	2,83	0,97	5,77	4,65	1,27	8,48	3,36	1,04
80	8,02	2,99	0,95	7,95	5,6	1,36	8,25	3,39	1,03
90	7,58	2,7	0,90	7,77	5,19	1,41	7,82	3,5	1,05
100	7,79	3,1	0,93	7,08	4,81	1,39	8,55	4,36	1,10

temperatures ambientals també ho són. Quan el potencial hídric del sòl disminueix per sota d'un valor determinat, la transpiració i el potencial hídric de la planta comencen a disminuir, fins que aquell esdevé tan baix que la planta ja no pot extreure més aigua; en aquest punt, les plantes poden morir o mantenir-se en estat latent. El valor de potencial hídric a partir del qual la transpira-

TAULA 32
 Percentatge de dèficit d'aigua per sota del punt de marciment (−1.500 kPa) a l'estiu
 de cadascun dels tres anys

Joncedes mesòfiles (Plantagini-Aphyllanthesum)

Profunditat (cm)	% de dèficit ¹								
	MA-1			MO-1			PA-1		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
10	31,64	64,53	43,82	33,39	52,67	26,81	54,46	74,18	38,45
20	40,38	58,33	30,46	29,86	45,96	22,27	58,88	71,73	37,09
30	45,43	60,05	37,17	31,81	43,03	8,79	66,98	69,68	29,26
40	—	66,68	37,20	—	39,53	−9,25	—	80,73	28,57
50	—	59,39	17,20	—	40,26	3,96	—	83,08	36,63
60	—	68,46	—	—	30,61	—	—	66,47	—
70	—	67,70	—	—	17,86	—	—	70,92	—
80	—	63,95	—	—	18,60	—	—	—	—
90	—	59,18	—	—	19,06	—	—	—	—
100	—	56,87	—	—	−1,90	—	—	—	—

Llistonars (Brachypodio-Aphyllanthteum brachypodietosum retusi)

Profunditat (cm)	% de dèficit ¹								
	MA-2			MO-2			PA-2		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
10	56,31	69,75	47,06	44,04	67,72	39,01	76,16	77,60	62,67
20	57,89	75,12	32,69	33,80	56,47	29,79	69,80	60,57	51,34
30	55,96	64,80	37,11	42,51	58,63	26,84	83,08	70,54	41,68
40	—	77,91	43,39	—	64,28	29,	—	73,89	57,37
50	—	67,51	46,00	—	60,05	36,03	—	70,98	63,47
60	—	71,18	—	—	24,66	—	—	70,01	—
70	—	75,25	—	—	24,82	—	—	68,81	—
80	—	71,14	—	—	35,71	—	—	67,33	—
90	—	73,06	—	—	40,54	—	—	63,79	—
100	—	68,35	—	—	39,94	—	—	56,22	—

$$1. \text{ \% de dèficit} = \frac{(\% \text{ aigua a } -1.500 \text{ kPa} - \% \text{ d'humitat més baix})}{(\% \text{ aigua a } -1.500 \text{ kPa} - \% \text{ d'humitat sòl sec a l'aire})} \times 100.$$

ció comença a disminuir i la planta comença a assecar-se varia segons les espècies i depèn també de les característiques ambientals. Les plantes presenten diversos mecanismes d'adaptació que els permeten resistir, tolerar o evitar la sequera (Kramer, 1983). Segons R. Savé (comunicació personal), els valors del ψ de les fulles per sota dels quals les plantes mediterrànies adopten mecanismes de resistència es poden situar entre −4.000 i −8.000 kPa. Unes plantes moren i en persisteixen només les llavors (plantes anuals), unes altres conserven únicament gemmes protegides per esquames o tricomes.

Alguns autors han calculat aquests valors mínims de potencial hídric per a espècies d'ambients diferents (Ritcher, 1976); a la taula 33 se'n recullen alguns de corresponents a espècies mediterrànies. Els ψ baixos a les plantes es poden interpretar com a signe de tolerància a la sequera (*drought tolerance*) (Ritcher, 1976). Estudis fets amb plantes cultivades (Gardner, 1964; Rawlins *et al.*, 1968; Savage *et al.*, 1996; Shein i Pachepsky, 1995) suggereixen que el punt de marciment permanent definit a -1.500 kPa potser no representa el límit absolut de la disponibilitat d'aigua edàfica per a les plantes. Uns altres treballs sobre l'evolució del ψ_{fulla} en algunes espècies mediterrànies i submediterrànies mostren la gran deshidratació que atenyen les plantes durant l'estiu, amb valors de potencial hídric molt per sota dels -1.500 kPa (Joffre *et al.*, 1999). Roy *et al.* (1987) obtenen valors de ψ_{fulla} en *Dactylis glomerata* i *Bromus erectus*, per sota de -6.000 kPa durant l'estiu. Segons Herbes (1979), *Brachypodium retusum* redueix simplement el creixement i la producció de fulles durant l'estiu, quan el seu ψ baixa per sota de -4.000 kPa. Peñuelas i col·laboradors (comunicació personal, 1999) obtenen valors mínims de ψ_{fulla} entre -4.000 i -5.000 kPa en espècies mediterrànies, com ara *Globularia alypum* i *Odontites* sp.; Correia i Catarino (1994) en calculen prop de -9.000 kPa per a algunes espècies de *Cistus* (*C. albidus* i *C. monspeliensis*) de Portugal. Segons Larcher (1995), per sota del límit de disponibilitat d'aigua del sòl, les plantes poden extreure'n més rebaixant activament el ψ de la rel; les plantes mesòfiles poden suportar així fins a -4.000 kPa, i les xeròfiles, fins a -6.000 kPa. A les regions àrides, les plantes són capaces d'extreure aigua del sòl més enllà de -1.500 kPa i la disponibilitat d'aigua varia dins un ampli ventall de $\psi_{\text{sòl}}$ depenent del ψ_{planta} i de la densitat d'arrels. Sing *et al.* (1998) varen comprovar que *Bouteloua gracilis* (gramínia dominant en pastures semiàrides d'Amèrica del Nord) pot arribar a tolerar un estrès hídric de prop de -9.000 kPa a -10.000 kPa de $\psi_{\text{sòl}}$ i de -5.000 kPa de ψ_{fulla} . És evident, doncs, que en ambients sotmesos a

TAULA 33
Valors mínims del potencial hídric total d'algunes plantes d'hàbitats
amb períodes de sequera importants (Ritcher, 1976)

Espècies	$\psi_{\text{mínim}}$ (kPa)	Hàbitat	Referència
<i>Hippocrepis comosa</i>	-5.600	Calcàries triàsiques (Alemanya)	Lösch i Franz, 1974
<i>Amelanchier ovalis</i>	-5.500	Garrigues (França)	Duhme, 1974
<i>Rosmarinus officinalis</i>	-4.800	Garrigues (França)	Duhme, 1974
<i>Juniperus oxycedrus</i>	-4.400	Garrigues (França)	Duhme, 1974
<i>Quercus coccifera</i>	-4.400	Garrigues (França)	Duhme, 1974
<i>Lavandula latifolia</i>	-3.700	Garrigues (França)	Duhme, 1974
<i>Buxus sempervirens</i>	-3.400	Garrigues (França)	Duhme, 1974

un període de fort estrès hídric, com poden ser els de l'àrea mediterrània, les plantes poden suportar $\psi_{\text{sòl}}$ per sota dels -1.500 kPa. En treballs posteriors seria interessant d'analitzar quin és el valor mínim d'aigua disponible que poden suportar les espècies de les pastures estudiades a fi de poder interpretar més bé les diferències que presenten ambdós tipus de pastures pel que fa a la disponibilitat hídrica.

La disponibilitat d'aigua durant el període de creixement i desenvolupament determina el tipus d'espècies que es poden fer en un indret determinat, i, per tant, moltes de les adaptacions de les plantes a l'ambient en què viuen estan en relació amb aquest factor. En aquest sentit, cal tenir present que a les comunitats vegetals submediterrànies el creixement de les plantes transcorre majoritàriament durant la primavera, quan les temperatures augmenten, les precipitacions aporten aigua als horitzons superficials del sòl —aigua que restitueix les pèrdues produïdes per ETP— i hi ha encara reserves d'aigua a les capes inferiors del sòl. En el nostre treball hem observat que durant tot l'any la disponibilitat hídrica del sòl es manté superior a les joncedes respecte als llistonars. Hi hem vist que en els nivells superiors del sòl, de 0 a 20 cm, precisament durant la primavera és quan les diferències entre les dues comunitats estudiades són més accentuades; en canvi, aquestes diferències són menors en els períodes més humits (tardor-hivern) i en els més secs (estiu). A profunditats intermèdies, de 20 a 50 cm, es manté durant tot l'any, excepte en els moments més extrems (els més humits, a la tardor de 1994, i els més secs, a l'estiu del 1994), una reserva d'aigua significativament superior a les joncedes mesòfiles i en aquestes la disminució de la disponibilitat d'aigua és molt més suau que no pas en els llistonars, on s'edevé un esgotament ràpid de les reserves d'aigua.

En el cas de les joncedes, la major disponibilitat d'aigua és determinada per la textura i pel contingut de matèria orgànica del sòl, juntament amb la seva situació topogràfica. A les joncedes situades als peus de vessants o en zones poc pendents, on predomina l'acumulació de materials, els sòls tenen textures més fines i un contingut més alt de matèria orgànica, sobretot a les capes superiors, característiques que els donen més capacitat de retenció d'aigua i permeten que n'acumulin més. En canvi, els sòls dels llistonars tenen una textura més grollera dels horitzons superiors i menys matèria orgànica, i a més estan situats a les zones més exposades i més pendents, on reben més intensitat de radiació; per tant, les pèrdues d'aigua per ETP hi són superiors. Tot plegat fa que en els llistonars, malgrat que reben la mateixa quantitat de precipitació que les joncedes, el balanç final d'aigua sigui més desfavorable. Segons Sing *et al.* (1998), a les regions àrides la diversitat de textures dels sòls governa la capacitat d'acumular aigua, de manera que l'aigua de pluja s'hi emmagatzee-

ma en funció de la granulometria. D'acord amb això, els sòls de textura fina retenen més aigua i, consegüentment, n'acumulen més i en perden menys per evaporació.

El fet que la reserva d'aigua és significativament més alta a les joncedes mesòfiles que als llistonars, durant la primavera en els estrats superiors del sòl (0-20 cm) i durant tot l'any en els nivells intermedis (de 20 a 50 cm) i profunds (de 50 a 100 cm), explica la presència de les espècies mesòfiles que les caracteritzen. Aquestes plantes de distribució centreeuropea i d'ambients poc o molt humits tenen un comportament hídric poc restrictiu i poca capacitat de regulació de la pèrdua d'aigua, i, per tant, estan menys adaptades a l'estrès hídric. En canvi, la baixa disponibilitat d'aigua dels sòls dels llistonars condiciona que en aquestes pastures seques es facin espècies típicament mediterrànies, com ara plantes anuals i diverses plantes vivaces amb unes adaptacions morfològiques i fisiològiques (regulació del tancament dels estomes, reducció de la transpiració, distribució de les rels, enduriment dels teixits, morfologia i mida de les fulles, etc.) que els permeten regular molt més bé la pèrdua d'aigua durant els períodes de dèficit hídric.

8. Biomassa i producció primària aèria de les joncedes mesòfiles i dels llistonars

8.1. INTRODUCCIÓ

L'anàlisi de l'estructura i del funcionament dels ecosistemes vegetals sovint implica l'estimació de la biomassa i de la producció primària (Bradbury i Hofstra, 1976); aquestes variables estructurals, conjuntament amb la composició florística, l'abundància, la riquesa i la diversitat, permeten mesurar el grau d'organització dels ecosistemes en un moment determinat. A més, l'estudi de la biomassa aèria contribueix al coneixement de la dinàmica i el funcionament de les pastures (Fanlo *et al.*, 1991), i permet entendre l'acoblament entre els factors abiòtics (climàtics i edàfics) i els biòtics (composició florística...) i l'adaptació dels ecosistemes a les limitacions que comporten els factors ambientals.

La productivitat és una funció dels processos abiòtics i biòtics que tenen lloc en els ecosistemes. Segons Naeem *et al.* (1996), els límits de la productivitat són determinats pels factors abiòtics, com el clima i la geoquímica, alhora que les característiques biòtiques influeixen fortament en la productivitat local.

Globalment l'aigua és un dels factors principals que limiten la producció primària. Diversos autors (Liang *et al.*, 1989; Sala *et al.*, 1988 i 1992; Knapp *et al.*, 1993; Milchunas *et al.*, 1994; Epstein, 1997; Singh *et al.*, 1998) han posat de manifest la influència que tenen les precipitacions i la disponibilitat d'aigua del sòl en la biomassa i la producció primària aèria neta (ANPP) de diverses pastures. La quantitat i la distribució anual de les precipitacions influeixen fortament en la seva producció primària. El model o patró regional de producció s'explica en bona part per la precipitació anual, i localment hi intervenen també la capacitat de retenció d'aigua del sòl i la interacció entre aquests dos factors (Sala *et al.*, 1988). La variabilitat de la productivitat al llarg dels anys observada en les estepes baixes semiàrides (*shortgrass steppe*) s'explica sobretot pel model

de la disponibilitat d'aigua. Aquesta, però, no solament afecta les funcions de l'ecosistema com la producció, el consum i la descomposició, sinó també l'estructura del sistema, representada per la composició, la biomassa, el recobriment i la densitat (Sala *et al.*, 1981).

En les pastures mediterrànies i submediterrànies, les fluctuacions interanuals de les variables climàtiques tenen un paper important en l'estructura i en la composició florística. El binomi humitat-temperatura resulta determinant a causa de la incidència directa que exerceix sobre la majoria de paràmetres descriptors de les comunitats herbàcies (Álvarez, 1995). La germinació, la supervivència, el recobriment, la diversitat i la producció són, entre altres, paràmetres molt sensibles als canvis de la humitat del sòl. A les regions àrides, la disponibilitat d'aigua en el temps i en l'espai és un dels factors més rellevants dels que determinen l'estructura i la dinàmica dels ecosistemes (Sala *et al.*, 1992). En els ecosistemes mediterranis, l'estrès hídric és un dels factors principals que actuen com a limitants del creixement de les plantes i, per tant, de la producció primària de les comunitats (Roy *et al.*, 1987).

En els primers capítols hem estudiat la diversitat de pastures dels turons de la Plana i quins són els factors ambientals (microclimàtics, edàfics i topogràfics) que n'afecten la composició florística i la distribució. De totes les comunitats descrites, les més esteses actualment en els turons són les joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*) i els llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), les primeres situades a les parts baixes dels vessants, amb sòls profunds i estables, i les segones, als vessants solells, amb sòls poc profunds, més inestables i en condicions de sequera més accentuada. En el capítol anterior hem analitzat les diferències que presenten pel que fa a la disponibilitat i la distribució de l'aigua del sòl i hem presentat el balanç hídric anual d'ambdues comunitats.

Per tal d'aprofundir el coneixement de l'estructura i del funcionament de les pastures de la Plana, hem estudiat la dinàmica estacional de la biomassa aèria i de la producció primària de les joncedes mesòfiles i dels llistonars. La finalitat d'aquest estudi ha estat doble: per un banda, ens interessava obtenir dades sobre la producció primària d'aquestes pastures i, per l'altra, conèixer com el règim hídric del sòl afecta la dinàmica de la biomassa aèria i la producció primària mateixa d'aquestes comunitats i la variabilitat que presenta.

Els objectius concrets han estat:

1. Quantificar la biomassa aèria d'aquestes pastures i esbrinar la dinàmica estacional que presenta.
2. Conèixer la relació entre biomassa viva i matèria morta (necromassa) i avaluar-ne les diferències.

3. Quantificar la biomassa dels principals grups funcionals de plantes (graminoides, fòrbies i camèfits) que integren aquestes comunitats, i comparar-ne la distribució i la dinàmica estacional.

4. Comparar la quantitat de biomassa produïda per les dues espècies de *Brachypodium* dominants en aquestes pastures: *B. phoenicoides* a les joncedes mesòfiles i *B. retusum* als llistonars.

5. Calcular i comparar l'ANPP d'ambdues comunitats.

6. Conèixer la variabilitat interanual tant de la biomassa aèria com de la producció primària anual.

8.2. METODOLOGIA

Per al nostre estudi vàrem utilitzar les sis parcelles (descrites en el capítol 6) establertes en els turons de Malla, Mont-rodon i Palau: dues a cada turó, una per a cada tipus de comunitat. Totes les parcelles varen ser closes mitjançant una xarxa plàstica de 80 cm d'alçada per evitar la pastura d'ovins, relativament freqüent en els turons de la Plana.

8.2.1. *Mostratge*

La superfície de cada parcel·la es va descompondre en una xarxa de quadrats de 30×30 cm cadascun, amb 20 cm de passadís entre si i 50 cm de marge entre les vores i els quadrats perifèrics (vegeu la figura 48). El mostratge es va realitzar mensualment, des del maig del 1993 fins al desembre del 1994, a excepció de l'hivern, en què es va fer cada dos mesos. El nombre total de mostratges va ser disset.

Les mostres s'obtingueren pel mètode destructiu, tallant amb tisores arran de terra tot el material vegetal viu i mort en peu i prenent sis quadrats de 30×30 cm per mostratge; no es va recollir el material sec en descomposició acumulat a la superfície del sòl (horitzó orgànic). D'entrada es va programar una distribució regular dels quadrats a segar: a cada mostratge es tallaven sis quadrats disposats en línia recta i alternadament, de manera que aquests no eren l'un al costat de l'altre ni al costat dels que s'havien tallat en el mostratge anterior (figura 48). A les parcelles dels llistonars, situades en els vessants dels turons, la línia de quadrats seguia el pendent per tal d'incloure l'heterogeneïtat del terreny en el mostratge.

Les mostres recollides es guardaven en bosses de plàstic prèviament etiquetades, es transportaven al laboratori, es pesaven mitjançant una balança de precisió per determinar el pes fresc i es conservaven en un congelador (-20°C) fins al moment de ser processades.

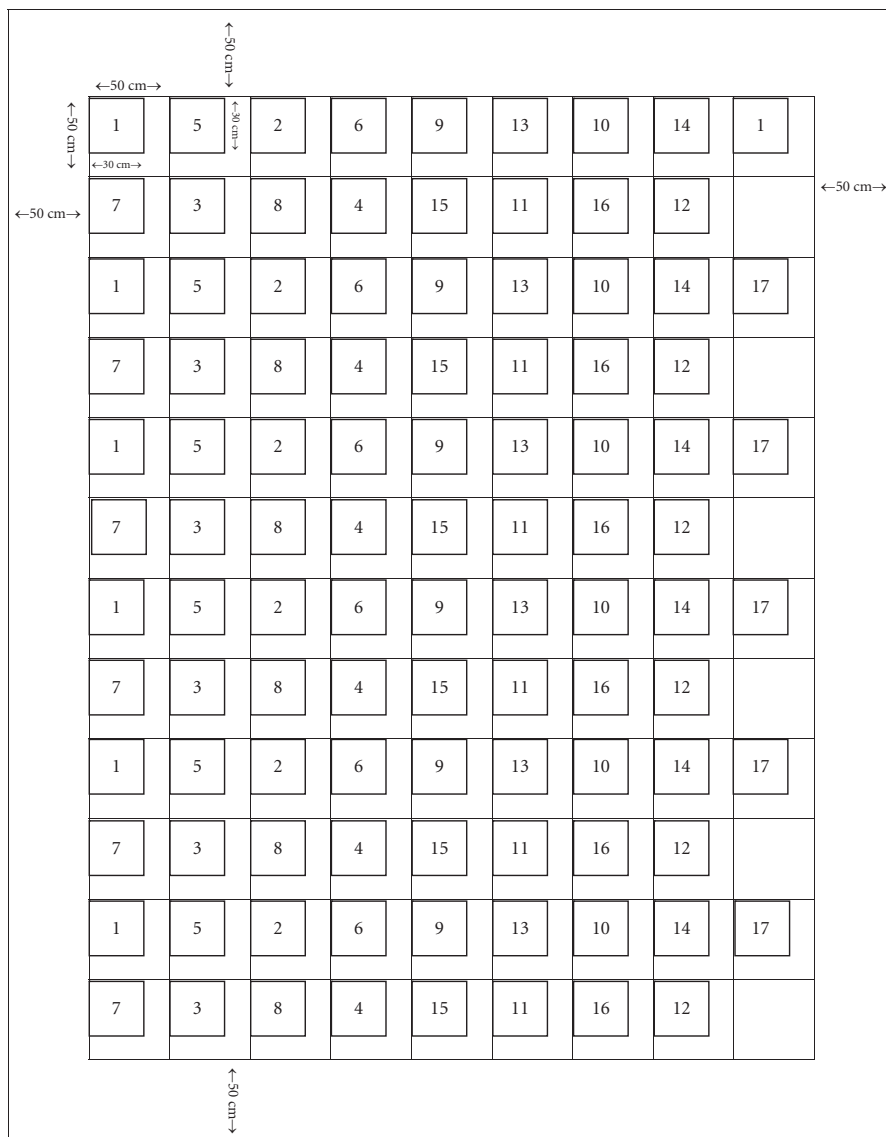


FIGURA 48. Xarxa de quadrats en què es va subdividir la superfície de les parcel·les i dates en què es varen efectuar els mostrejos. El nombre de l'interior de cada quadrat indica el número de mostreig en què es va segar. Número i data de mostreig corresponent: 1: 23/5/93; 2: 26/6/93; 3: 22/7/93; 4: 2/9/93; 5: 2/10/93; 6: 3/11/93; 7: 21/12/93; 8: 19/2/94; 9: 28/3/94; 10: 23/4/94; 11: 21/5/94; 12: 23/6/94; 13: 20/7/94; 14: 25/8/94; 15: 25/9/94; 16: 21/10/94; 17: 2/1/95. Mida de les parcel·les: MA1: 7×6 m; MO1: 7×4 m; PA1: 7×6 m; MA2: 9×8 m; MO2: 10×8 m; PA2: 7×7 m.

8.2.2. *Determinació de la biomassa*

La biomassa aèria es va obtenir a partir del pes sec resultant després d'assecar les mostres en una estufa d'aire forçat a 60 °C durant 48 hores.

El primer any (1993), en cada mostratge vàrem determinar la biomassa aèria total dels sis quadrats tallats. El segon any (1994), la biomassa aèria total es va obtenir només de tres dels sis quadrats; dels tres quadrats restants se'n varen separar els següents grups vegetals, corresponents als quatre tipus funcionals de plantes:

— Graminoides

• *Brachypodium*: *B. phoenicoides* a les joncedes mesòfiles i *B. retusum* als llistonars;

• altres graminoides: resta de gramínies i ciperàcies.

— Fòrbies: espècies herbàcies no graminoides, tant dicotiledònies com monocotiledònies.

— Camèfits: mates petites i subarbusts, lignificats a la base.

— Criptògames: molses i líquens.

De cada grup, excepte del de les criptògames, en separàrem el material vegetal viu (verd) i el material vegetal mort en peu (necromassa). Les restes vegetals mortes no identificables, les vàrem incloure en una fracció seca indiferenciada (FSI) que corresponia majoritàriament a fragments de fulles de graminoides. De les fraccions separades se'n determinava el pes sec (48 h a 60 °C). A partir de la suma del pes sec de les fraccions verdes i de les criptògames vàrem obtenir la biomassa total viva; i a partir de la suma del pes sec de les fraccions mortes, incloent-hi la fracció seca indiferenciada, obtinguérem la biomassa total morta o necromassa. La suma d'ambdues fraccions, viva i morta, ens dóna la biomassa total.

El pes sec obtingut, el total i el de cadascuna de les fraccions separades, els hem expressat en g/m².

A partir del pes fresc i del pes sec es va calcular el % de matèria seca per a cada parcel·la i per a cada data de mostratge.

8.2.3. *Càlcul de la producció primària*

El càlcul de l'ANPP es pot fer per mitjà de diversos mètodes:

1. A partir de la suma dels increments positius de la biomassa total (Milner i Hughes, 1968; McNaughton, 1968; Singh *et al.*, 1975). És el mètode més sensible a la variabilitat del mostratge, de manera que cal un nombre elevat de mostres per reduir aquesta variabilitat (Singh *et al.*, 1975). Quan s'hi inclou l'horitzó orgànic (*litter*), és el que presenta més diferències respecte d'altres mètodes.

2. A partir de la suma dels increments positius de la biomassa dels diferents compartiments vegetals. Es poden separar les espècies individuals, o els compartiments vegetals corresponents a diferents grups d'espècies, o només la fracció viva i la fracció morta.

Per a aquests càlculs, alguns autors (Biondini *et al.*, 1991) proposen l'aplicació de restriccions estadístiques, prenent en compte només els increments positius que són estadísticament significatius.

Segons el mètode utilitzat, es tendeix a subestimar la producció primària o a sobreestimar-la. Quan es fan els càlculs a partir de la biomassa total o a partir del pic de creixement màxim, hi ha una tendència a la subestimació de la producció; si se separen els compartiments vegetals, i com més n'hi hagi, l'error associat a la subestimació és més petit, però alhora hi ha el perill d'augmentar l'error de la sobreestimació.

Segons Singh *et al.* (1975), que fan una revisió i una discussió de diversos mètodes, un dels millors és la suma dels pics màxims del material vegetal viu dels diferents compartiments vegetals o de les espècies individuals.

Aldezabal (1997), estudiant la producció primària de pastures, obté valors diferents de biomassa segons el mètode, però l'ordre de les comunitats vegetals (de major productivitat a menor) és idèntic en tots els casos. Aquests resultats posen de manifest que, en augmentar el nombre de compartiments vegetals, augmenta la producció primària aèria estimada. Les diferències són més grans com més heterogènia és la comunitat. L'error associat a la sobreestimació augmenta o disminueix en funció de la variabilitat mostral de cada tipus de comunitat i de la magnitud de la veritable diferència, de manera que, com més notable sigui la variabilitat interna de la biomassa en una comunitat determinada, més gran serà l'error de la sobreestimació (Sala *et al.*, 1988; Aldezabal, 1997).

Nosaltres hem calculat la producció primària a partir dels canvis de biomassa total entre dos mostratges consecutius (Milner i Hughes, 1968; Singh *et al.*, 1975), sumant els increments positius de la biomassa total, segons l'expressió

$$ANPP = \sum_{i=1}^n (Bt_{i+1} - Bt_i),$$

on n és el nombre d'interval·ls de mostratge, Bt_i és la biomassa total en el moment t_i i Bt_{i+1} és la biomassa total en el moment t_{i+1} .

Aquesta expressió només es compleix si, i només si, $Bt_{i+1} > Bt_i$ (increment positiu).

Hem calculat l'ANPP per a tot el període de mostratge, per a cadascun dels anys d'estudi (1993 i 1994) i mensualment.

8.2.4. Anàlisi de les dades

Per tal d'avaluar estadísticament la variació de la biomassa vegetal i de la producció entre l'una comunitat i l'altra, entre dates de mostratge i entre tots tres turons, hem aplicat una ANOVA de tres factors (comunitat, data de mostratge i turó). Per a l'anàlisi detallada de les diferències entre cadascun dels factors considerats, hem realitzat una comparació múltiple *a posteriori* mitjançant el test de Tukey-HSD. Per a l'anàlisi de les diferències de producció primària aèria entre les dues comunitats, hem fet servir l'anàlisi no paramètrica, utilitzant l'anàlisi de la variància de Kruskal-Wallis.

Aquestes anàlisis estadístiques s'han fet amb les variables originals o bé amb les variables transformades en cas que no complissin les condicions de

TAULA 34
*Variables utilitzades per a l'estudi de la biomassa aèria
i transformacions aplicades en l'anàlisi estadística*

Variable	Transformació
Biomassa total: pes fresc (g/m^2) pes sec (g/m^2)	Logaritme
% de matèria seca	Cap transformació
Matèria vegetal viva Matèria vegetal morta	Rel quadrada
Graminoides: Fracció viva Fracció morta Total	Rel quadrada
<i>Brachypodium</i> : (<i>B. retusum</i> / <i>B. phoenicoides</i>) Fracció viva Fracció morta Total	Rel quadrada
Fòrbies: Fracció viva Fracció morta Total	Rel quadrada
Camèfits: Fracció viva Fracció morta Total	Logaritme

normalitat (Sokal i Rohlf, 1995). A la taula 34 es presenten les variables emprades i el tipus de transformació que s'ha aplicat en cada cas.

Totes aquestes anàlisis de dades s'han realitzat amb el programa estadístic SPSS (v. 9.0).

8.3. RESULTATS

8.3.1. Dinàmica estacional de la biomassa aèria total

8.3.1.1. Pes fresc

A la figura 49 es representa l'evolució del pes fresc del material vegetal al llarg de l'any a totes dues comunitats. Tant a les joncedes com als llistonars, els valors més alts corresponen a la primavera i a la tardor, i els valors més baixos, als mesos d'estiu, juliol i agost (taula 35).

A les joncedes mesòfiles les variacions del pes fresc són més acusades que als llistonars. En els dos anys d'estudi, 1993 i 1994, destaquen dos màxims a les joncedes, que coincideixen amb les èpoques de més precipitació: l'un a la primavera (els mesos de juny i juliol del 1993 i l'abril i el maig del 1994) i l'altre a la tardor (octubre i novembre). A l'estiu hi ha una davallada important del pes fresc fins a assolir els valors més baixos, el primer any per l'agost i el segon pel juliol (figura 49 i taula 35). Als llistonars, els valors més alts de la primavera s'assoleixen abans que a les joncedes, el primer any el maig, i el segon el març i l'abril; a la tardor els valors més alts s'assoleixen el novembre i el desembre.

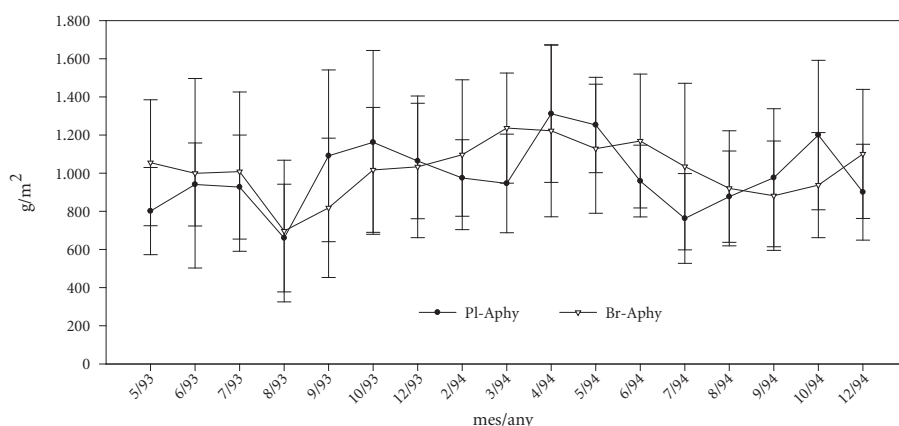


FIGURA 49. Evolució del pes fresc (g/m^2) a les dues comunitats estudiades; mitjana i desviació estàndard. Pl-Aphy: joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesum*); Br-Aphy: llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi*).

A l'estiu hi ha una disminució gradual d'aquests valors, fins a arribar als mínims de l'agost del 1993 i del setembre del 1994 (taula 35 i figura 49).

Tant l'augment del pes fresc durant la primavera i la tardor com la disminució de l'estiu són molt més accentuats a les joncedes que als llistonars, tant els màxims de la primavera i la tardor com els mínims de l'estiu (figura 49).

TAULA 35

Mitjana i desviació estàndard dels valors mitjans màxims i mínims del pes fresc de la biomassa total (g/m²) de cada comunitat a cada turó, i mitjana d'aquests valors per a cada comunitat, durant tot el període d'estudi (1993-1994), i per a cada any. Els subíndexs i els superíndexs indiquen diferències significatives entre les comunitats i entre els turons, respectivament. En cada cas, els valors que no comparteixen una lletra (a, b o c) són significativament diferents (p < 0,05; test Tukey-HSD per a les diferències entre turons)

	Període	Comunitat	Turons			Mitjana
			Malla	Mont-rodon	Palau	
Mitjana	1993-1994	Jonceda	^a 1.096 ± 378	^a 1.015 ± 345 _a	^b 865 ± 254	993 ± 343
		Llistonar	^a 1.081 ± 447	^b 1.170 ± 280 _b	^c 801 ± 289	1.019 ± 381
	1993	Jonceda	^a 1.116 ± 361 _a	^a 1.010 ± 385 _a	^b 735 ± 243	957 ± 370
		Llistonar	^a 982 ± 472 _b	^b 1.186 ± 242 _b	^c 639 ± 210	940 ± 398
	1994	Jonceda	1.082 ± 392	1.018 ± 319 _a	947 ± 228	1.016 ± 323
		Llistonar	^a 1.147 ± 422	^a 1.159 ± 305 _b	^b 905 ± 286	1.071 ± 361
Màxims	1993	Jonceda	1.558 ± 436 (nov.)	1.480 ± 425 (oct.)	901 ± 220 (nov.) 926 ± 142 (des.)	1.091 ± 450 (oct.) 1.162 ± 482 (nov.) 1.064 ± 303 (des.)
		Llistonar	1.228 ± 360 (maig) 1.126 ± 465 (nov.) 1.132 ± 518 (des.)	1.424 ± 173 (jul.)	741 ± 166 (jul.) 788 ± 134 (nov.) 748 ± 138 (des.)	1.054 ± 330 (maig) 1.008 ± 417 (juliol) 1.017 ± 328 (nov.) 1.033 ± 371 (des.)
	1994	Jonceda	1.450 ± 490 (abril) 1.424 ± 133 (maig) 1.542 ± 494 (oct.)	1.353 ± 317 (abril) 1.316 ± 279 (set.)	1.310 ± 91 (maig)	1.312 ± 360 (abril) 1.253 ± 250 (maig) 1.200 ± 392 (oct.)
		Llistonar	1.447 ± 387 (feb.) 1.340 ± 425 (abril) 1.302 ± 442 (maig) 1.309 ± 436 (juny)	1.385 ± 374 (març) 1.585 ± 100 (abril) 1.445 ± 286 (des.)	1.092 ± 228 (març) 1.050 ± 402 (juny) 1.131 ± 220 (agost) 1.004 ± 342 (oct.)	1.236 ± 289 (març) 1.222 ± 451 (abril) 1.128 ± 338 (maig) 1.168 ± 351 (juny) 1.101 ± 338 (des.)
	1993	Jonceda	887 ± 273 (agost)	709 ± 168 (agost)	385 ± 113 (agost)	660 ± 282 (agost)
		Llistonar	706 ± 465 (agost)	964 ± 169 (agost)	420 ± 216 (agost) 413 ± 129 (set.)	697 ± 371 (agost)
	1994	Jonceda	751 ± 225 (agost) 737 ± 95 (des.)	574 ± 152 (juliol)	680 ± 156 (set.)	762 ± 235 (juliol)
		Llistonar	839 ± 399 (agost)	792 ± 144 (agost) 868 ± 187 (oct.)	571 ± 161 (set.)	882 ± 287 (set.)
Mínims	1993	Jonceda	887 ± 273 (agost)	709 ± 168 (agost)	385 ± 113 (agost)	660 ± 282 (agost)
		Llistonar	706 ± 465 (agost)	964 ± 169 (agost)	420 ± 216 (agost) 413 ± 129 (set.)	697 ± 371 (agost)
	1994	Jonceda	751 ± 225 (agost) 737 ± 95 (des.)	574 ± 152 (juliol)	680 ± 156 (set.)	762 ± 235 (juliol)
		Llistonar	839 ± 399 (agost)	792 ± 144 (agost) 868 ± 187 (oct.)	571 ± 161 (set.)	882 ± 287 (set.)

L'anàlisi de la variància de tres factors (taula 36) indica que el pes fresc de la biomassa aèria varia significativament segons la data de mostratge i segons el turó, però que no és significativament diferent entre comunitats. Les inter-

TAULA 36

Resultats de l'anàlisi de la variància de tres factors (comunitat, turó i data) per a la variable pes fresc de la biomassa total (g/m²). A la taula superior, ANOVA de tot el període 1993-1994 (disset dates de mostratge); a la del mig, la de l'any 1993 (set dates de mostratge), i a la inferior, la de l'any 1994 (deu dates de mostratge). G. ll.: graus de llibertat

1993-1994

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	3,672E-03	1	0,229	0,633
Turó	1,863	2	58,007	0,000
Data	2,663	16	10,367	0,000
Comunitat × turó	0,384	2	11,959	0,000
Comunitat × data	0,843	16	3,280	0,000
Turó × data	2,238	32	4,357	0,000
Comunitat × turó × data	0,851	32	1,656	0,015
Error	7,900	492		

1993

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	1,390E-02	1	0,660	0,418
Turó	1,859	2	44,106	0,000
Data	1,322	6	10,454	0,000
Comunitat × turó	0,338	2	8,020	0,000
Comunitat × data	0,259	6	2,045	0,062
Turó × data	0,530	12	2,097	0,019
Comunitat × turó × data	0,224	12	0,884	0,564
Error	4,088	194		

1994

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	3,360E-02	1	2,627	0,106
Turó	0,391	2	15,274	0,000
Data	0,867	9	7,535	0,000
Comunitat × turó	0,134	2	5,242	0,006
Comunitat × data	0,521	9	4,530	0,000
Turó × data	1,186	18	5,153	0,000
Comunitat × turó × data	0,518	18	2,249	0,003
Error	3,812	298		

accions entre aquests factors (*comunitat* $\times$ *data*, *comunitat* $\times$ *turó*, *data* $\times$ *turó*) també resulten significatives, la qual cosa indica que les diferències entre comunitats varien segons el turó i les dates de mostratge i que les diferències entre els turons també varien segons la data de mostratge.

Les diferències entre dates de mostratge només resulten significatives per als valors més baixos de l'estiu i per als més alts de la primavera i la tardor. A les joncedes, els valors mínims de l'estiu són significativament diferents dels de la resta de l'any ($p < 0,01$), mentre que als llistonars el pes fresc de l'estiu és significativament més baix que el de l'hivern i el de la primavera ($p < 0,01$), però no que el de la resta de l'any.

Entre comunitats, les diferències són en general més acusades a final de primavera i a la tardor (figura 49). El pes fresc del material vegetal de les joncedes a la tardor és significativament ($p < 0,05$) més alt que el dels llistonars, mentre que a final de primavera - inici d'estiu és significativament ($p < 0,05$) més baix. La resta de l'any, els valors corresponents als dos tipus de pastures no difereixen significativament. Les diferències entre comunitats varien, però, segons els turons (taula 35).

Tant a les joncedes com als llistonars hi va haver diferències significatives entre turons ($p < 0,001$); en general, les parcel·les de Palau són les que tenen el pes fresc de la biomassa més baix (taula 35).

8.3.1.2. Pes sec

Tant a les joncedes com als llistonars les variacions del pes sec de la biomassa aèria total al llarg de l'any són menors que les del pes fresc (figura 50), i en aquelles els valors màxims i mínims no són tan destacables.

En els llistonars, la biomassa aèria va evolucionar de manera semblant al llarg dels dos anys; els valors més alts es varen assolir el juny i el juliol, i els més baixos, l'agost i el setembre (el segon any aquests darrers es varen mantenir fins al desembre) (figura 50 i taula 37).

A les joncedes, l'evolució de la biomassa aèria varia d'un any a l'altre. Durant el primer any s'assoleixen dos màxims, l'un a final de primavera - principi d'estiu (juny i juliol) i l'altre a la tardor-hivern (taula 37). El segon any les variacions mensuals són més petites; els valors més alts s'obtenen l'abril i l'agost, i a partir del setembre disminueixen gradualment fins a arribar al mínim el desembre.

En general s'observa una variació interanual de la quantitat de biomassa aèria i en tots dos tipus de pastures la biomassa total del segon any (1994) és significativament més alta ($p < 0,001$) que la del primer any. L'augment significatiu de la biomassa s'esdevé només a les parcel·les de Malla i de Palau; a

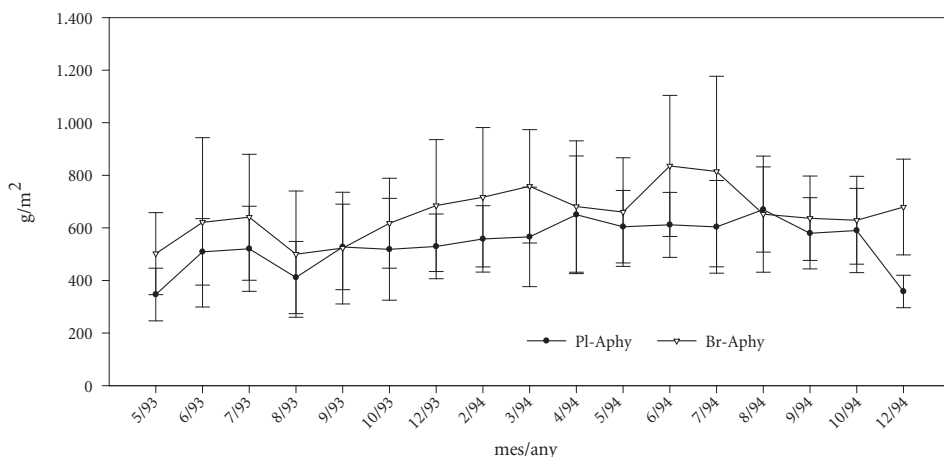


FIGURA 50. Evolució del pes sec (g/m^2) de la biomassa aèria total a les dues comunitats; mitjana i desviació estàndard. PI-Aphy: joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesetum*); Br-Aphy: llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesetum brachypodietosum retusi*).

les de Mont-rodon, la quantitat de biomassa es manté semblant tots dos anys (taula 37).

Segons l'anàlisi de la variància de tres factors, tant la data de mostratge com el tipus de comunitat i el turó d'origen incideixen significativament en les variacions de la biomassa aèria total (taula 38). Les variacions mensuals varien també significativament segons les comunitats i segons els turons (interaccions *data* $\times$ *comunitat* i *data* $\times$ *turó* significatives) i les diferències entre les comunitats varien també significativament segons els turons (interacció *comunitat* $\times$ *turó* significativa).

L'anàlisi detallada de les diferències entre dates de mostratge indica que a les joncedes només els valors més baixos obtinguts el maig del 1993 i el desembre del 1994 són significativament diferents ($p < 0,001$) dels de la resta de l'any, mentre que als llistonars només resulten significatives ($p < 0,05$) les diferències entre els valors més baixos de l'agost del 1993 i els més alts del març, del juny i del juliol del 1994.

Durant gairebé tot el període de mostratge, la biomassa aèria total va ser significativament ($p < 0,001$) més alta als llistonars que a les joncedes (figura 50). Només durant el període que va d'agost a octubre, tant del primer any com del segon, les diferències són petites i no resulten significatives. Els valors màxims de biomassa aèria s'assoleixen als llistonars, mentre que els valors mínims s'obtenen a les joncedes. Aquestes diferències entre comunitats varien segons els turons (taula 37), de manera que tant a Malla com a Mont-rodon la

TAULA 37

Mitjana i desviació estàndard dels valors mitjans, màxims i mínims del pes sec de la biomassa total (g/m²) a cada tipus de comunitat i a cada turó, i mitjana d'aquests valors per a cada comunitat durant el període d'estudi (1993-1994) i per anys. Els subíndexs i els superíndexs indiquen diferències significatives entre comunitats i entre turons, respectivament. En cada cas, els valors que no comparteixen una lletra (a, b o c) són significativament diferents ($p < 0,05$; test Tukey-HSD per a les diferències entre els turons)

	Període	Comunitat	Turons			Mitjana
			Malla	Mont-rodon	Palau	
Mitjana	1993-1994	Jonceda	^a 602 ± 196 _a	^b 534 ± 151 _a	^b 490 ± 148	543 ± 172 _a
			^a 722 ± 315 _b	^a 734 ± 150 _b	^b 519 ± 179	659 ± 247 _b
	1993	Jonceda	^a 537 ± 161 _a	^a 531 ± 152 _a	^b 387 ± 108	487 ± 158 _a
			^a 618 ± 302 _a	^b 706 ± 157 _b	^c 431 ± 129	588 ± 239 _b
	1994	Jonceda	^a 645 ± 206 _a	^b 536 ± 150 _a	^b 556 ± 132	579 ± 172 _a
			^a 790 ± 306 _b	^a 753 ± 143 _b	^b 575 ± 186	706 ± 241 _b
Màxims	1993	Jonceda	658 ± 165 (nov.)	619 ± 167 (oct.)	418 ± 144 (juliol) 414 ± 115 (oct.) 482 ± 53 (des.)	528 ± 162 (oct.) 517 ± 194 (nov.) 530 ± 123 (des.)
			757 ± 379 (des.)	853 ± 86 (juliol)	497 ± 109 (juliol) 517 ± 105 (nov.) 512 ± 80 (des.)	621 ± 322 (juny) 641 ± 240 (juliol) 685 ± 251 (des.)
	1994	Jonceda	772 ± 327 (abril) 712 ± 113 (maig) 718 ± 190 (juliol) 714 ± 224 (oct.)	614 ± 231 (març) 607 ± 167 (abril) 673 ± 164 (agost)	623 ± 96 (juny) 630 ± 133 (juliol) 704 ± 166 (agost)	650 ± 224 (abril) 670 ± 162 (agost)
			943 ± 279 (febrer) 995 ± 325 (juny) 959 ± 588 (juliol)	873 ± 247 (març) 870 ± 50 (abril) 807 ± 146 (des.)	700 ± 277 (juny) 727 ± 236 (juliol)	836 ± 268 (juny) 814 ± 362 (juliol)
	1993	Llistonar	345 ± 163 (maig)	397 ± 46 (maig)	289 ± 86 (agost)	347 ± 100 (maig)
			490 ± 313 (agost)	520 ± 138 (maig)	355 ± 176 (agost) 309 ± 93 (oct.)	502 ± 156 (maig) 500 ± 240 (agost)
	1994	Llistonar	350 ± 47 (des.)	374 ± 89 (des.)	351 ± 50 (des.)	358 ± 62 (des.)
			649 ± 199 (oct.) 604 ± 162 (des.)	673 ± 115 (agost) 682 ± 118 (set.) 616 ± 127 (oct.)	474 ± 129 (febrer) 430 ± 99 (abril) 476 ± 124 (set.)	637 ± 161 (set.) 629 ± 167 (oct.)

biomassa dels llistonars és més alta que la de les joncedes durant tot el període. En canvi, a Palau hi va haver menys variació i en tots dos anys les diferències entre les dues comunitats són petites i no significatives (figura 51).

Tant a les joncedes com als llistonars es donen diferències significatives entre tots tres turons (taula 37); en general, les pastures de Palau són les que presenten la biomassa més baixa i significativament ($p < 0,05$) diferent de la de Malla i la de Mont-rodon.

TAULA 38

Resultats de l'anàlisi de la variància de tres factors (comunitat, turó i data) per a la variable pes sec de la biomassa total (g/m²). A la taula superior, ANOVA de tot el període d'estudi 1993-1994 (disset dates de mostratge); a la del mig, la de l'any 1993 (set dates de mostratge), i a la inferior, la de l'any 1994 (deu dates de mostratge). G. ll.: graus de llibertat

1993-1994

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	0,853	1	52,889	0,000
Turó	1,479	2	45,846	0,000
Data	2,419	16	9,374	0,000
Comunitat × turó	0,382	2	11,853	0,000
Comunitat × data	0,721	16	2,794	0,000
Turó × data	1,062	32	2,058	0,001
Comunitat × turó × data	0,457	32	0,885	0,651
Error	7,935	492		

1993

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	0,278	1	13,032	0,000
Turó	1,276	2	29,949	0,000
Data	0,704	6	5,507	0,000
Comunitat × turó	9,681E-02	2	2,273	0,106
Comunitat × data	0,143	6	1,120	0,352
Turó × data	0,197	12	0,771	0,680
Comunitat × turó × data	0,222	12	0,867	0,582
Error	4,132	194		

1994

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	0,587	1	45,982	0,000
Turó	0,526	2	20,600	0,000
Data	0,574	9	4,995	0,000
Comunitat × turó	0,342	2	13,401	0,000
Comunitat × data	0,569	9	4,950	0,000
Turó × data	0,464	18	2,021	0,009
Comunitat × turó × data	0,184	18	0,800	0,700
Error	3,803	298		

8.3.2. Percentatge de matèria seca

A la figura 52 es representa l'evolució mensual del percentatge de matèria seca en ambdues comunitats durant els anys 1993 i 1994. En tots dos anys hi

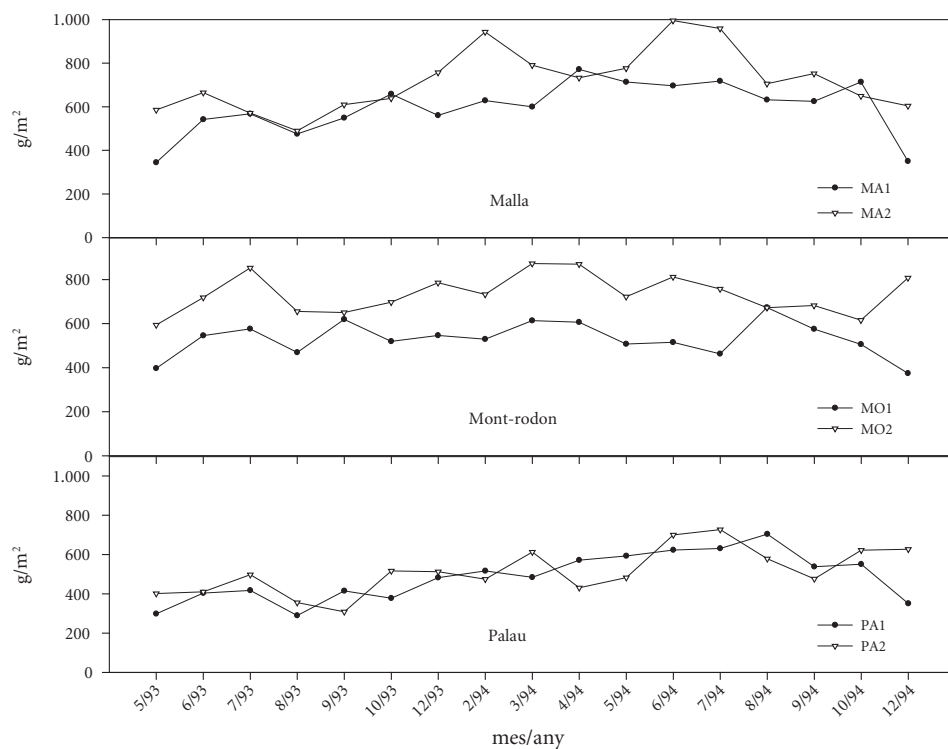


FIGURA 51. Evolució del pes sec (g/m^2) de la biomassa aèria total en ambdues comunitats i a cada turó. MA1, MO1 i PA1: joncades mesòfiles; MA2, MO2 i PA2: llistonars.

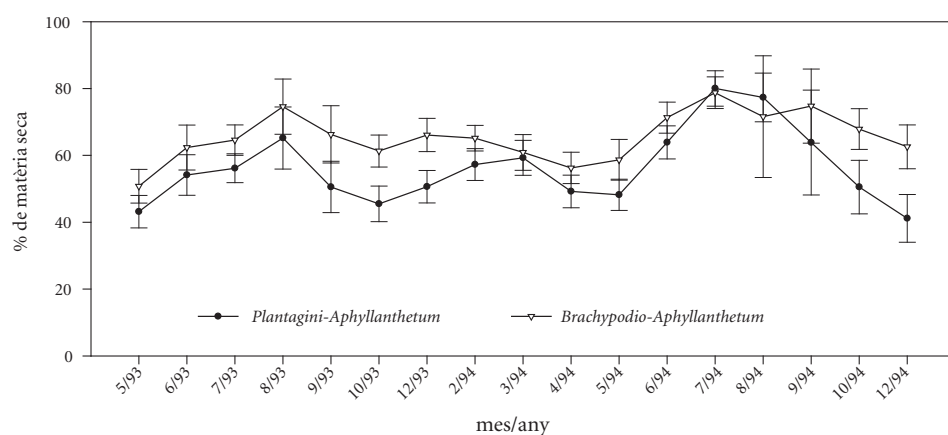


FIGURA 52. Evolució del percentatge de matèria seca en ambdues comunitats durant el període d'estudi; mitjana i desviació estàndard.

ha un augment gradual del percentatge de matèria seca durant la primavera, fins a assolir els valors màxims a l'estiu (joncedes: 65 % el 1993 i 80 % el 1994; llistonars: 76 % el 1993 i 78 % el 1994); el setembre s'inicia la davallada, que és més ràpida a les joncedes, fins a atènyer els valors mínims el novembre i el desembre (entre el 40 i el 45 % a les joncedes i al voltant del 60 % als llistonars). Les variacions mensuals de la matèria seca són molt accentuades a les joncedes, on s'assoleixen els valors més extrems, entre el 80 % el juliol del 1994 i el 41 % el desembre del mateix any; als llistonars, en canvi, la matèria seca va oscil·lar entre el 51 % del maig del 1993 i el 78 % del juliol del 1994.

El percentatge de matèria seca és significativament més alt el segon any ($p < 0,001$ a les joncedes i $p < 0,05$ als llistonars) a causa de l'augment, important i significatiu, que s'acompleix a l'estiu de 1994, sobretot a les joncedes, on el juliol hi ha el 15 % més de matèria seca que l'agost de l'any anterior, mentre que als llistonars l'increment és només del 4 %.

Durant tot el període d'estudi i en tots tres turons, el percentatge de matèria seca va ser més alt als llistonars que a les joncedes (figura 51). Les diferències varen ser més grans i significatives ($p < 0,05$) durant el primer any i a la tardor del segon any. A la primavera i a l'estiu del segon any, les diferències entre comunitats es redueixen i no resulten significatives. Pel que fa al percentatge de matèria seca, no hi ha diferències significatives segons el turó; tant a les joncedes com als llistonars les tres parcel·les de cada comunitat segueixen una evolució similar i presenten valors semblants.

El percentatge de matèria seca està correlacionat negativament i significativament amb el contingut d'aigua del sòl a totes les fondàries, des de 10 fins a 50 cm (taula 39). En disminuir la humitat del sòl, s'esdevé un augment significatiu de la matèria seca; el coeficient de correlació més alt s'obté per al contingut d'aigua de l'estrat superior (10 cm) i dels inferiors (40 i 50 cm).

TAULA 39

Resultats de l'anàlisi de regressió lineal simple entre el % de matèria seca i el contingut d'aigua a diferents profunditats del sòl (valors exposats en el capítol 7, apartat 7.3.2)

Variables independents	Variable dependent: % de matèria seca			
	R	R ²	R ² corregit	Significació
% d'humitat a				
10 cm	0,628	0,394	0,388	0,000
20 cm	0,580	0,336	0,328	0,000
30 cm	0,550	0,303	0,294	0,000
40 cm	0,636	0,404	0,395	0,000
50 cm	0,640	0,410	0,401	0,000

8.3.3. Dinàmica temporal de la matèria vegetal viva (fracció verda) i de la matèria vegetal morta (fracció seca)

Pel que fa a l'evolució mensual de la matèria vegetal viva i de la morta a totes dues comunitats, s'observa que en els dos tipus de pastura durant la primavera la matèria viva (verda) augmenta fins a assolir el màxim pel juny (figura 53). A les joncedes, la fracció verda augmenta gradualment fins al juny; en canvi, als llistonars el mes de març ja s'acompleix un increment important, amb valors del mateix ordre que el juny. A partir del juliol la matèria viva disminueix gradualment fins al setembre i assoleix els valors mínims als llistonars. Durant la tardor hi ha una estabilització de la fracció viva, que a l'hivern acaba augmentant lleugerament als llistonars i disminuint de manera important a les joncedes fins al desembre (figura 53 i taula 40).

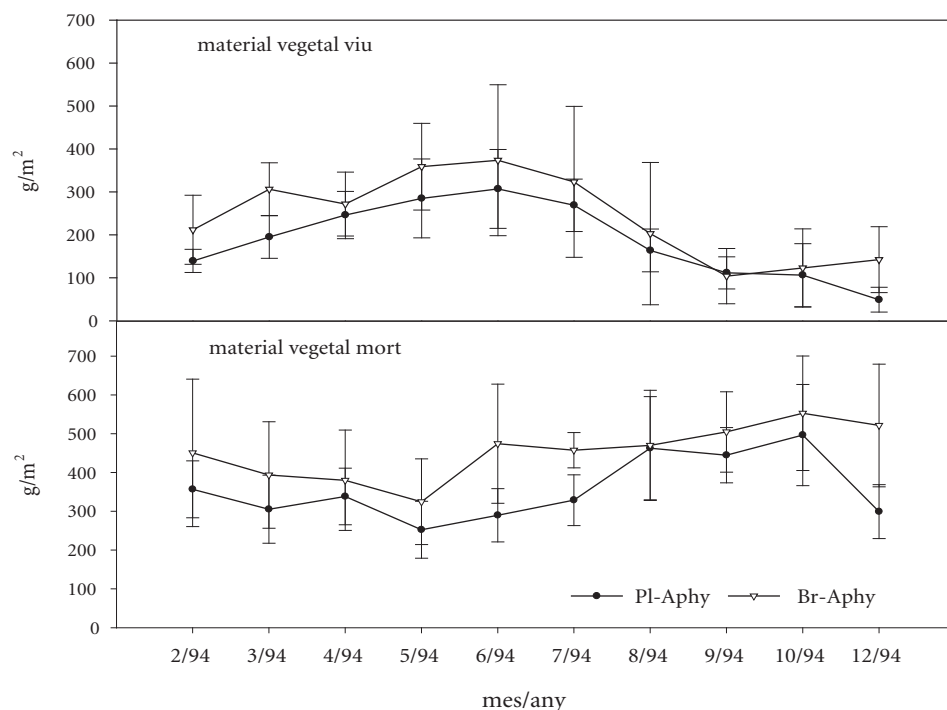


FIGURA 53. Evolució del material vegetal viu i del mort durant l'any 1994 a les joncedes mesòfiles (PL-Aphy: *Plantagini-Aphyllanthes*) i als llistonars (Br-Aphy: *Brachypodium-Aphyllanthes brachypodietosum retusi*). Per a cada comunitat es representen la mitjana i la desviació estàndard.

TAULA 40

Mitjana i desviació estàndard dels valors mitjans, màxims i mínims del pes sec del material vegetal viu (g/m^2) per a cada tipus de comunitat i per a cada turó, i mitjana d'aquests valors per a cada comunitat durant l'any 1994. Els subíndexs i els superíndexs indiquen diferències significatives entre comunitats i entre turons, respectivament. En cada cas, els valors que no comparteixen una lletra (a, b o c) són significativament diferents ($p < 0,05$; test Tukey-HSD per a les diferències entre els turons)

	Comunitat	Turons			Mitjana
		Malla	Mont-rodon	Palau	
Mitjana	Joncada	214 $\pm$ 117 _a	157 $\pm$ 63 _a	195 $\pm$ 111	188 $\pm$ 101 _a
	Llistonar	^a 298 $\pm$ 171 _b	^a 262 $\pm$ 102 _b	^b 164 $\pm$ 117	242 $\pm$ 144 _b
Màxims	Joncada	377 $\pm$ 50 (juny)	205 $\pm$ 62 (juny) 214 $\pm$ 81 (juliol)	$\pm$ 54 (maig) 339 $\pm$ 53 (juny)	307 $\pm$ 92 (juny)
	Llistonar	559 $\pm$ 175 (juny)	381 $\pm$ 87 (maig)	$\pm$ 8 (març) $\pm$ 31 (maig) 272 $\pm$ 143 (juliol)	374 $\pm$ 176 (juny)
Mínims	Joncada	36 $\pm$ 15 (desembre)	84 $\pm$ 17 (desembre)	27 $\pm$ 4 (desembre)	49 $\pm$ 28 (desembre)
	Llistonar	133 $\pm$ 31 (setembre) 148 $\pm$ 70 (desembre)	141 $\pm$ 90 (octubre)	24 $\pm$ 7 (novembre)	104 $\pm$ 64 (setembre)

L'anàlisi de la variància de tres factors posa de manifest que la data de mostratge, la comunitat i el turó tenen efectes significatius en la variació de la fracció viva (taula 41). Les diferències entre comunitats varien segons les dates de mostratge i el turó (interaccions *comunitat* $\times$ *data* i *comunitat* $\times$ *turó* significatives); i la variació entre les dates de mostratge varia també segons els turons (interacció *data* $\times$ *turó* significativa).

Gairebé al llarg de tot el període, la fracció viva del llistonar és significati-

TAULA 41

Resultats de l'anàlisi de la variància de tres factors (2 comunitats $\times$ 3 turons $\times$ 10 dates de mostratge) per a la variable material vegetal viu (g/m^2) l'any 1994. G. ll.: graus de llibertat

Font de variació	Suma de quadrats tipus III	G. ll.	Valors de l'estadístic F	Significació
Comunitat	116,245	1	20,032	0,000
Turó	220,989	2	19,041	0,000
Data	1.879,399	9	35,985	0,000
Comunitat $\times$ turó	218,742	2	18,847	0,000
Comunitat $\times$ data	110,511	9	2,116	0,033
Turó $\times$ data	242,471	18	2,321	0,004
Comunitat $\times$ turó $\times$ data	141,170	18	1,351	0,169
Error	707,980	122		

TAULA 42

Resultats de l'anàlisi de la variància de tres factors (2 comunitats $\times$ 3 turons $\times$ 10 dates de mostratge) per a la variable material vegetal mort (g/m^2), l'any 1994. G. ll.: graus de llibertat

<i>Font de variació</i>	<i>Suma de quadrats tipus III</i>	<i>G. ll.</i>	<i>Valors de l'estadístic F</i>	<i>Significació</i>
Comunitat	246,863	1	41,624	0,000
Turó	82,151	2	6,926	0,001
Data	491,256	9	9,203	0,000
Comunitat $\times$ turó	68,874	2	5,806	0,004
Comunitat $\times$ data	111,789	9	2,094	0,035
Turó $\times$ data	227,630	18	2,132	0,008
Comunitat $\times$ turó $\times$ data	115,087	18	1,078	0,382
Error	723,561	122		

vament ($p < 0,001$) més alta que de la de la joncada (figura 53). Només el setembre i l'octubre, quan totes dues pastures presenten valors baixos, aquests no difereixen significativament ($p > 0,05$). Les diferències entre comunitats varien segons els turons, de manera que tant a Malla com a Mont-rodon la fracció viva del llistonar va ser significativament ($p < 0,05$) més alta que la de la joncada; a Palau, en canvi, va ser més baixa al llistonar, encara que les diferències són petites i no resulten significatives (figura 54 i taula 40).

La fracció viva segueix un patró de variació semblant a les tres parcel·les de les joncedes, de manera que no varia significativament entre els tres turons considerats (figura 54 i taula 40). En canvi, als llistonars presenta força irregularitats i és significativament més baixa en el turó de Palau.

La variació de la matèria vegetal morta (necromassa) al llarg de l'any és més irregular que en la fracció viva i més accentuada als llistonars. Durant la primavera, la necromassa tendeix a disminuir fins a assolir els valors mínims el maig; a partir del juny augmenta fins a atènyer el màxim l'octubre; el desembre la fracció seca disminueix poc als llistonars, però de manera important a les joncedes (figura 53).

L'anàlisi de la variància de tres factors indica que la necromassa varia significativament entre comunitats, entre dates de mostratge i entre turons (taula 42). Les interaccions entre aquests factors també resulten significatives.

Durant tot l'any hi ha més material vegetal mort als llistonars, amb diferències importants i altament significatives el juny ($p < 0,01$), el juliol ($p < 0,001$) i el desembre ($p < 0,01$). Les diferències entre comunitats varien, però, segons els turons, de manera que a Malla i a Mont-rodon la fracció seca del llistonar és més alta que la de la joncada, amb diferències importants i significatives ($p < 0,001$) a Mont-rodon, i més petites, però també significatives, a Malla ($p < 0,05$); a Palau, en canvi, les diferències entre pastures no són significatives (figura 54 i taula 43).

TAULA 43

Mitjana i desviació estàndard dels valors mitjans, màxims i mínims del pes sec del material vegetal mort (g/m^2) per a cada tipus de comunitat i per a cada turó, i mitjana d'aquests valors per a cada comunitat, durant l'any 1994. Els subíndexs i els superíndexs indiquen diferències significatives entre comunitats i entre turons, respectivament. En cada cas, els valors que no comparteixen una lletra (a, b o c) són significativament diferents ($p < 0,05$; test Tukey-HSD per a les diferències entre els turons)

	Comunitat	Turons			Mitjana
		Malla	Mont-rodon	Palau	
Mitjana	Joncada	$388 \pm 121_a$	$326 \pm 99_a$	356 ± 119	$356 \pm 115_a$
	Llistonar	$^a488 \pm 170_b$	$^a478 \pm 105_b$	$^b389 \pm 137$	$452 \pm 146_b$
Màxims	Joncada	617 ± 156 (octubre)	400 ± 96 (agost) 401 ± 43 (octubre)	615 ± 83 (agost)	496 ± 130 (octubre)
	Llistonar	597 ± 72 (setembre) 562 ± 139 (octubre)	538 ± 64 (abril) 597 ± 132 (desembre)	612 ± 172 (octubre)	553 ± 148 (octubre)
Mínims	Joncada	307 ± 73 (maig) 275 ± 37 (desembre)	228 ± 89 (maig) 232 ± 73 (juny)	231 ± 22 (maig) 255 ± 30 (març)	252 ± 73 (maig)
	Llistonar	± 33 (abril) 359 ± 142 (maig)	356 ± 108 (maig)	259 ± 87 (maig)	325 ± 110 (maig)

La quantitat de material vegetal mort acumulat a les joncades no varia significativament entre turons (taula 43); en canvi, als llistonars hi ha diferències significatives entre totes tres parcel·les ($p < 0,05$); la fracció seca acumulada en el llistonar de Palau és significativament més baixa que l'acumulada en els de Malla i de Mont-rodon (taula 43).

Comparant la variació de la biomassa total, de la fracció viva i de la necromassa (figura 55), s'observa que en ambdós tipus de pastura la biomassa total segueix una dinàmica paral·lela a la de la matèria morta i que durant gairebé tot l'any la necromassa és superior a la fracció verda (des del febrer fins a l'abril i a partir del juliol fins al desembre). Només el maig i el juny, quan la fracció viva assoleix el màxim, ambdues fraccions s'igualen.

La relació «matèria vegetal viva / matèria vegetal morta» varia al llarg de l'any i segueix la mateixa dinàmica que la fracció viva (figura 56). Les diferències principals entre ambdues comunitats es donen a l'inici i al final de la primavera, coincidint amb els moments en què el creixement es reprèn i s'atura. Aquestes diferències evidencien el retard fenològic de les pastures mesòfiles respecte dels llistonars. Tot i que a totes dues comunitats els valors màxims s'assoleixen el mes de maig ($1,16 \pm 0,35$ a les joncades i $1,25 \pm 0,65$ als llistonars), s'observa que als llistonars el mes de març ja hi ha un augment important de la relació viu/mort, la qual cosa indica que el creixement s'hi inicia abans; en canvi, a la joncada l'augment més important no s'esdevé fins al maig.

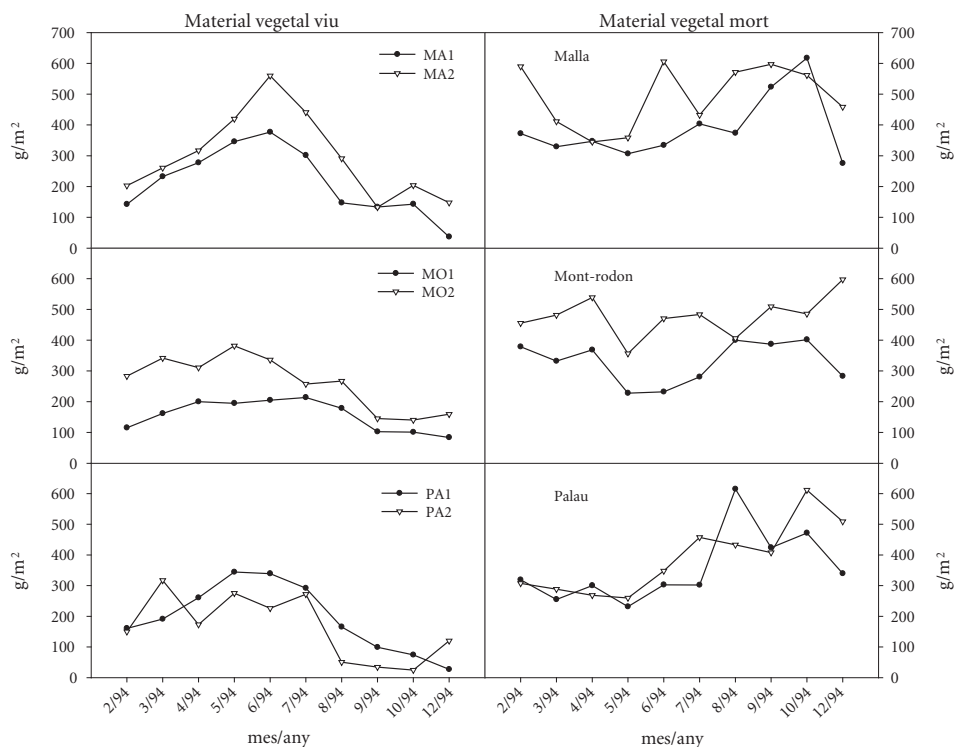


FIGURA 54. Evolució del material vegetal viu i del mort durant l'any 1994 en ambdues parcel·les de cada turó separatament. MA1, MO1 i PA1: joncedes mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthesum*); MA2, MO2 i PA2: llistonars (*Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi*).

D'altra banda, els llistonars s'assequen abans, tal com es dedueix del fet que en aquestes comunitats la relació viu/mort disminueix ràpidament el mes de juny; en canvi, a les joncedes la disminució brusca no s'acompleix fins al mes d'agost. A partir de l'agost la relació varia poc i s'assoleix el mínim a l'hivern, tant a les joncedes com als llistonars, quan gairebé no hi ha material vegetal viu a les pastures. La major variabilitat que presenten els llistonars es pot atribuir al fet que en aquests la necromassa hi varia més.

8.3.4. Distribució de la biomassa aèria segons els grups vegetals

A la figura 57 es representa, per a cada comunitat, la biomassa dels quatre grups vegetals destriats: *Brachypodium*, altres graminoides, fòrbies i camèfits llenyosos. I a la taula 44 s'indiquen la mitjana de la fracció viva, la de la fracció

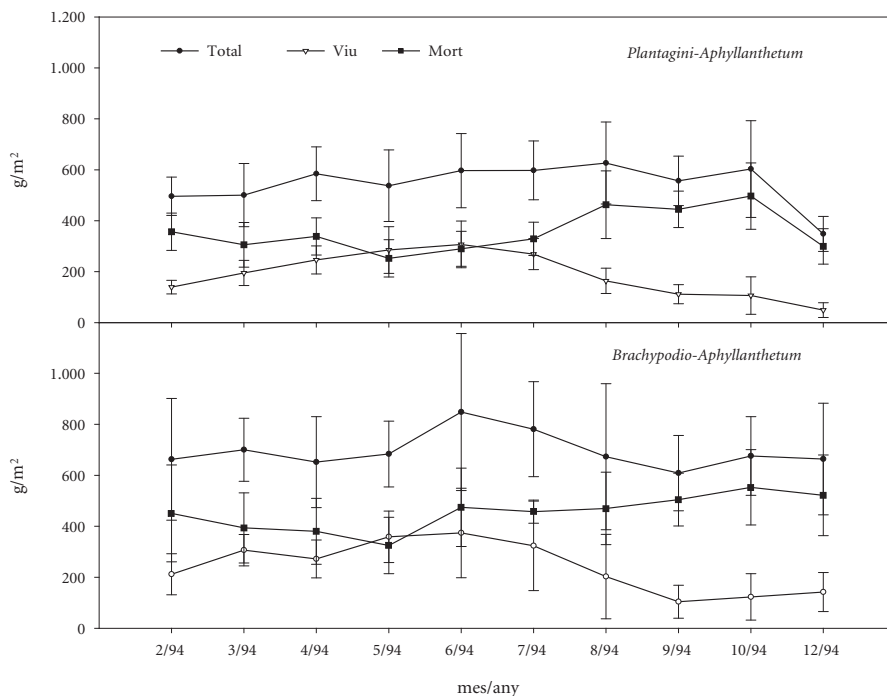


FIGURA 55. Evolució mensual del material vegetal viu, del material vegetal mort i de la biomassa total a les joncedes mesòfiles (gràfic superior) i als llistonars (gràfic inferior) durant l'any 1994. Mitjana i desviació estàndard per a cada comunitat.

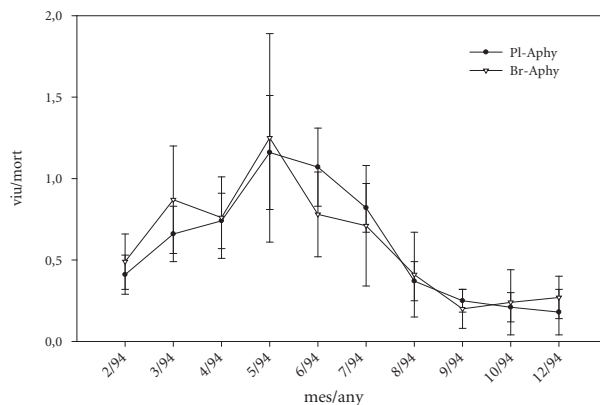


FIGURA 56. Evolució mensual de la «relació material vegetal viu / material vegetal mort» a les joncedes mesòfiles (Pl-Aphy: *Plantagini-Aphyllanthetum*) i als llistonars (Br-Aphy: *Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*) durant l'any 1994. Per a cada comunitat s'hi representen la mitjana i la desviació estàndard.

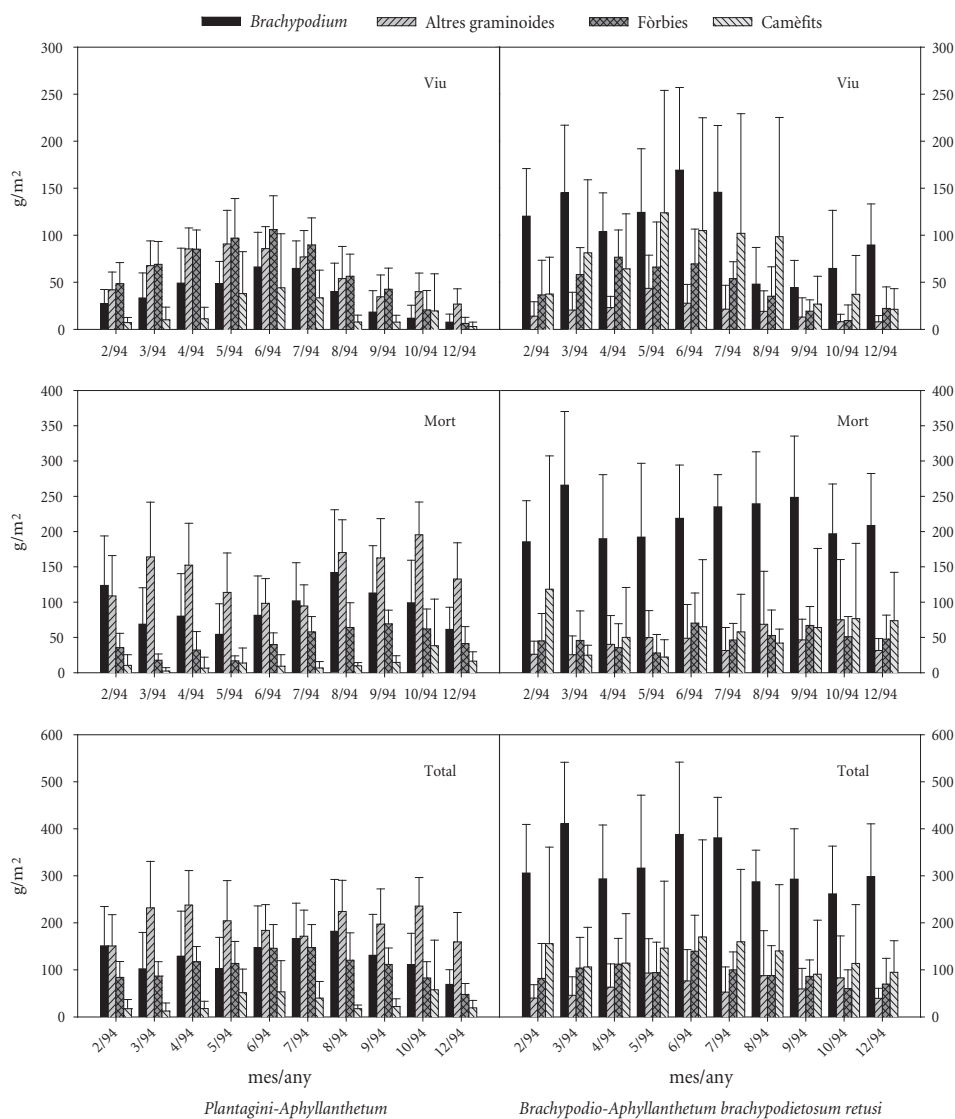


FIGURA 57. Biomassa aèria dels grups vegetals considerats (*Brachypodium*, altres gramínoides, fòrbies i camèfits) a les joncedes mesòfiles (gràfics de l'esquerra) i als llistonars (gràfics de la dreta) durant l'any 1994. Per a cada a cada comunitat s'hi representen la mitjana i la desviació estàndard de la fracció viva (a la part superior), de la necromassa (al mig) i de la biomassa aèria total (a la part inferior) de cada grup vegetal.

morta i la del total de cadascun d'aquells grups. S'hi indica també el percentatge que representen els valors de cada grup respecte de la biomassa total, el percentatge que representen les fraccions verdes respecte de tot el material vegetal viu i el percentatge de les fraccions seques respecte del material vegetal mort.

Les graminoides són el grup dominant en ambdós tipus de pastures. Representen gairebé el 60 % de la biomassa aèria total, al voltant del 55 % de la fracció viva i entre el 60-65 % de la necromassa (taula 44). La biomassa de les fòrbies i dels camèfits es manté tot l'any per sota de la biomassa de les graminoides i la seva distribució varia entre comunitats (figura 57). Als llistonars, la biomassa dels camèfits llenyosos és superior a la de les fòrbies; en canvi, a les joncedes les proporcions són inverses. A totes dues comunitats, les diferències de biomassa d'aquests dos grups són més grans pel que fa a la biomassa total i a la fracció viva; les diferències es redueixen a la fracció seca. La diferència entre graminoides i fòrbies és més gran als llistonars; en canvi, la diferència entre graminoides i camèfits és més important a les joncedes.

Fent una anàlisi de la distribució d'aquells grups de vegetals a cada comunitat (taula 44), observem que a les joncedes *Brachypodium phoenicoides* constitueix el 40 % de la biomassa total de les graminoides i que el 60 % restant el formen unes altres espècies de gramínies i de ciperàcies, com *Avenula pratensis*, *Festuca gr. rubra* o *Carex humilis*. Després de les graminoides, les fòrbies hi són el grup d'espècies més abundant (20 % de la biomassa total), mentre que els camèfits hi representen una quantitat de biomassa molt baixa (5 % de la biomassa total). La biomassa viva la constitueixen també majoritàriament el grup de les graminoides. Si separem la biomassa viva de *B. phoenicoides* de la resta de graminoides, el grup més abundant és el de les fòrbies, amb una biomassa viva força semblant a la de les altres graminoides (el 36 % de la fracció viva correspon a altres graminoides i el 32 % a les fòrbies). La biomassa viva de *B. phoenicoides* hi és més baixa que la d'aquests dos grups i els camèfits hi continuen sent els menys abundants (taula 44). El 40 % de la fracció seca d'aquestes pastures correspon a les graminoides sense *B. phoenicoides*, el qual representa el 25 % de la fracció seca. Les fòrbies s'hi troben en una proporció més baixa (12 %) i els camèfits llenyosos hi són també poc abundants (només el 3 % del total de matèria seca). En aquestes pastures mesòfiles, les criptògames representen només el 3 % de la biomassa total i són el 7 % del material vegetal viu (taula 44).

A les joncedes, la fracció verda dels diferents grups vegetals segueix una dinàmica paral·lela al llarg de l'any (figura 57) i assoleix els màxims el juny, amb valors també alts el maig i el juliol (el maig en el cas dels camèfits i el juliol per a *B. phoenicoides*). La biomassa total de cadascun dels grups segueix també la dinàmica de la fracció seca i cada grup assoleix la màxima biomassa en el moment que hi ha la màxima acumulació de matèria seca.

TAULA 44

Mitjana i desviació estàndard del pes sec durant l'any 1994, a cada grup de plantes, a les jonces mesòfiles i als llistonars. Percentatge de cada grup respecte de la biomassa total (% vs. total), percentatge de la fracció viva de cada grup respecte de la biomassa viva total (% vs. tot viu) i percentatge de la fracció seca de cada grup respecte de tot el material vegetal mort (% vs. tot mort)

	Pes sec (g/m^2)		% vs. total		% vs. tot viu % vs. tot mort	% vs. tot viu % vs. tot mort
	Joncada	Llistonar	Joncada	Llistonar	Joncada	Llistonar
Biomassa total:						
Graminoides (BG) (<i>Brachypodium</i> + altres graminoides)	328,8 $\pm$ 99,6	387,4 $\pm$ 131,9	60,3 $\pm$ 9,2	56,8 $\pm$ 14,4	·	·
<i>Brachypodium</i> (B) ¹	129,0 $\pm$ 82,9	323,2 $\pm$ 120,2	22,6 $\pm$ 11,3	47,8 $\pm$ 15,7	·	·
Altres graminoides (G)	199,8 $\pm$ 74,3	64,2 $\pm$ 60,5	37,7 $\pm$ 13,2	9,0 $\pm$ 6,9	·	·
Fòrbies (SP)	105,9 $\pm$ 48,5	93,8 $\pm$ 59,3	19,3 $\pm$ 7,1	13,5 $\pm$ 7,8	·	·
Camèfits (CAM)	31,2 $\pm$ 46,4	129,1 $\pm$ 136,5	5,3 $\pm$ 5,8	16,8 $\pm$ 14,5	·	·
Criptògames (CRI)	9,8 $\pm$ 11,8	2,0 $\pm$ 3,9	2,0 $\pm$ 2,6	0,3 $\pm$ 0,5	·	·
Fracció seca indiferenciable (FSI)	69,0 $\pm$ 25,5	82,1 $\pm$ 51,2	13,1 $\pm$ 4,7	12,6 $\pm$ 8,6	·	·
Material vegetal viu:			33,8 $\pm$ 14,9	33,6 $\pm$ 15,5		
BG-viu	97,6 $\pm$ 55,9	125,4 $\pm$ 75,6	17,5 $\pm$ 8,2	17,8 $\pm$ 9,8	52,9 $\pm$ 14,9	55,3 $\pm$ 21,5
B-viu	36,9 $\pm$ 31,6	105,5 $\pm$ 69,2	6,3 $\pm$ 4,7	15,1 $\pm$ 9,2	17,2 $\pm$ 10,3	46,3 $\pm$ 21,1
G-viu	60,7 $\pm$ 33,4	19,9 $\pm$ 21,4	11,2 $\pm$ 5,5	2,7 $\pm$ 2,7	35,7 $\pm$ 15,6	9,0 $\pm$ 9,3
SP-viu	62,5 $\pm$ 40,5	45,1 $\pm$ 36,1	11,2 $\pm$ 6,8	6,5 $\pm$ 5,7	32,0 $\pm$ 14,6	19,6 $\pm$ 14,7
CAM-viu	18,4 $\pm$ 30,1	69,7 $\pm$ 90,5	3,1 $\pm$ 4,5	9,0 $\pm$ 9,6	7,8 $\pm$ 8,8	24,3 $\pm$ 19,4
CRI	9,8 $\pm$ 11,8	2,0 $\pm$ 3,9	2,0 $\pm$ 2,6	0,3 $\pm$ 0,5	7,3 $\pm$ 9,6	0,8 $\pm$ 1,7
Material vegetal mort:			66,2 $\pm$ 14,9	66,4 $\pm$ 15,5		
BG-mort	231,2 $\pm$ 79,6	262,0 $\pm$ 96,6	42,8 $\pm$ 11,1	39,0 $\pm$ 12,6	64,7 $\pm$ 9,6	59,6 $\pm$ 16,2
B-mort	92,2 $\pm$ 63,0	217,7 $\pm$ 80,9	16,3 $\pm$ 9,2	32,8 $\pm$ 12,2	25,0 $\pm$ 13,5	50,2 $\pm$ 17,1
G-mort	139,0 $\pm$ 60,2	44,3 $\pm$ 46,9	26,5 $\pm$ 11,5	6,2 $\pm$ 5,5	39,7 $\pm$ 14,4	9,4 $\pm$ 8,0
SP-mort	43,4 $\pm$ 27,8	48,8 $\pm$ 34,3	8,1 $\pm$ 5,1	7,0 $\pm$ 4,5	11,9 $\pm$ 6,3	10,7 $\pm$ 7,0
CAM-mort	12,8 $\pm$ 24,9	59,4 $\pm$ 89,9	2,2 $\pm$ 2,9	7,8 $\pm$ 10,3	3,2 $\pm$ 4,4	11,7 $\pm$ 14,3
FSI	69,0 $\pm$ 25,5	82,1 $\pm$ 51,2	13,1 $\pm$ 4,7	12,6 $\pm$ 8,6	20,2 $\pm$ 4,4	18,0 $\pm$ 9,7

1. *B. phoenicoides* a les jonces mesòfiles i *B. retusum* als llistonars.

Pel que fa als llistonars, el grup de les graminoides és dominat per *Brachypodium retusum* (figura 57), que constitueix gairebé el 85 % de la biomassa; les altres graminoides en representen el 15 % restant i només el 9 % de la biomassa total (taula 44). La biomassa total dels camèfits hi és una mica més alta que la de les fòrbies. La fracció viva també és dominada per *B. retusum*, el qual en representa el 46 %. El segueixen els camèfits (24 % de la matèria viva) i després les fòrbies (20 %), i el grup

amb menys biomassa viva són les altres graminoides fora de *B. retusum* (9 %). El grup dels camèfits llenyosos el formen majoritàriament *Thymus vulgaris*, *Genista scorpius*, *Teucrium polium*, *Helianthemum oelandicum* subsp. *italicum* i *Euphorbia mariolensis*. Al voltant del 50 % de la necromassa que s'acumula en aquestes pastures correspon a *B. retusum*. La quantitat de material vegetal mort dels altres tres grups és semblant i cadascun hi representa el 10-11 % de la necromassa acumulada.

En tots dos tipus de pastures hi ha al voltant del 13 % de FSI, que correspon majoritàriament a restes de fulles seques de les graminoides.

Les relacions viu/mort en els diferents grups vegetals posen de manifest que les graminoides són el grup que manté més quantitat de material vegetal mort en peu durant tot l'any (figura 58). En ambdues comunitats, la relació

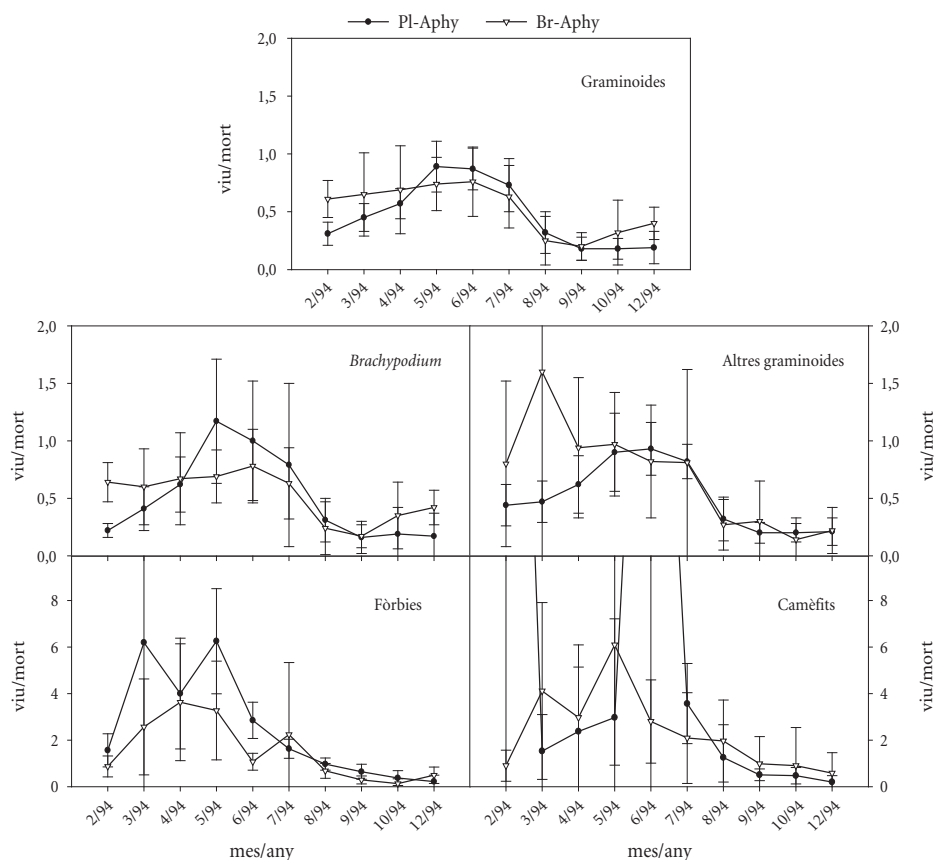


FIGURA 58. Evolució de la relació «material vegetal viu / material vegetal mort» de cada grup vegetal a les joncedes mesòfiles (PI-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy) durant l'any 1994. Mitjana i desviació estàndard de totes tres parcel·les per a cada comunitat.

viu/mort d'aquest grup es manté per sota d'1 gairebé tot l'any, amb els valors més alts el maig i el juny (0,88 a les joncedes i 0,75 als llistonars). A *B. retusum* durant tot l'any la necromassa és superior a la biomassa viva, amb una relació viu/mort per sota d'1 i valors més baixos que a les altres graminoides. En canvi, *B. phoenicoides* presenta valors lleugerament més alts i pel maig i pel juny la biomassa viva iguala o supera la necromassa (relació viu/mort lleugerament per sobre d'1). A partir de l'agost la biomassa viva de tots dos *Brachypodium*, i també de la resta de graminies, pren valors per sota de 0,3 (figura 58).

Les fòrbies pràcticament no acumulen material vegetal mort; durant tot el període de creixement la relació viu/mort augmenta progressivament, amb valors superiors al de les graminoides i al dels camèfits, es manté per sobre d'1 des del febrer fins al juliol (figura 58) i assoleix els valors màxims el maig a les joncedes (6,25), i l'abril i el maig als llistonars (3,63 i 3,27). A partir de l'agost aquella relació disminueix ràpidament fins a valors per sota d'1 en ambdues comunitats, tot i que es manté més alta a les joncedes.

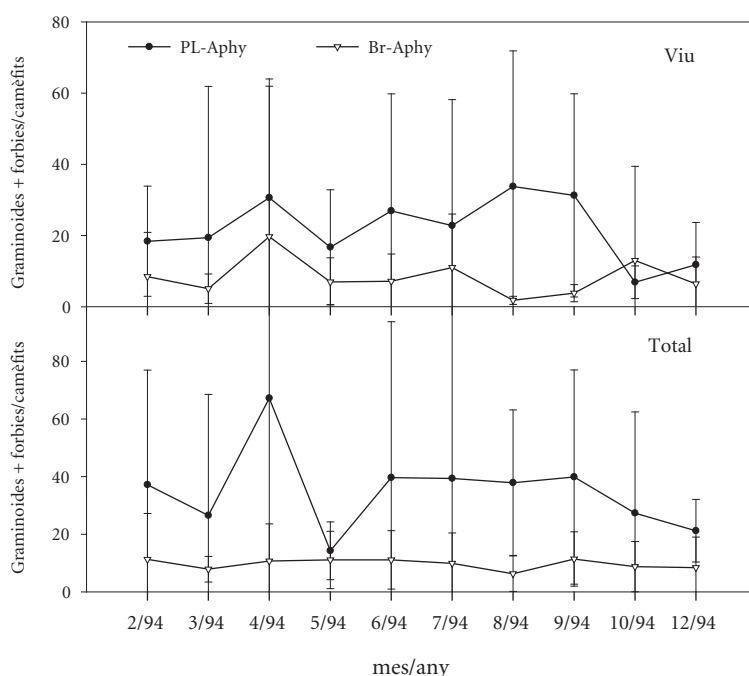


FIGURA 59. Evolució de la relació entre herbàcies (graminoides i fòrbies) i llenyoses (camèfits) pel que fa a la fracció viva (gràfic superior) i a la biomassa total (gràfic inferior) durant l'any 1994 a les joncedes mesòfiles (PL-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy). Mitjana i desviació estàndard de cada comunitat.

La relació viu/mort varia al llarg de l'any a tots els grups d'espècies considerats. Per a tots, des de final d'hivern fins a principi d'estiu aquesta relació va augmentant fins a assolir els valors més alts el juny i a partir del juliol disminueix fins als valors més baixos de l'hivern.

La relació entre plantes herbàcies (graminoides més fòrbies) i llenyoses (camèfits), tot i presentar una gran variabilitat dins de cada comunitat, especialment marcada als llistonars, és sempre més alta a les pastures mesòfiles (figura 59).

8.3.5. Dinàmica de la biomassa aèria dels grups vegetals al llarg de l'any

8.3.5.1. Graminoides

La biomassa de les graminoides varia significativament entre dates de mostrejatge, entre comunitats i entre turons (taula 45). La fracció viva assoleix el màxim a la primavera (figura 60); destaquen els valors més alts dels llistonars pel març (166 ± 70 g/m²) i pel juny (197 ± 92 g/m²) i de les joncedes d'abril a juliol

TAULA 45
Significació de l'estadístic *F* en l'anàlisi de la variància de tres factors
(2 comunitats $\times$ 3 turons $\times$ 10 dates de mostrejatge) aplicada a les variables
transformades corresponents a la biomassa dels grups vegetals durant l'any 1994

Font de variació	Graminoides			Brachypodium			Altres graminoides		
	$\sqrt{BG}$ viu	$\sqrt{BG}$ sec	$\sqrt{BG}$ total	$\sqrt{BV}$ viu	$\sqrt{B}$ sec	$\sqrt{B}$ total	$\sqrt{G}$ viu	$\sqrt{G}$ sec	$\sqrt{G}$ total
Comunitat	0,000	0,014	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Turó	0,000	0,216	0,019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Data	0,000	0,001	0,050	0,000	0,007	0,012	0,000	0,000	0,013
Comunitat $\times$ turó	0,282	0,069	0,411	0,118	0,000	0,000	0,871	0,720	0,731
Comunitat $\times$ data	0,001	0,199	0,251	0,000	0,062	0,046	0,589	0,172	0,677
Turó $\times$ data	0,000	0,153	0,542	0,000	0,200	0,213	0,028	0,418	0,622
Comunitat $\times$ turó $\times$ data	0,053	0,382	0,619	0,048	0,435	0,671	0,021	0,061	0,053

Font de variació	Fòrbies			Camèfits		
	$\sqrt{FB}$ viu	$\sqrt{FB}$ sec	$\sqrt{FB}$ total	Log CAM viu	Log CAM sec	Log CAM total
Comunitat	0,000	0,266	0,008	0,000	0,000	0,000
Turó	0,613	0,001	0,066	0,023	0,001	0,000
Data	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,099
Comunitat $\times$ turó	0,000	0,000	0,000	0,000	0,056	0,000
Comunitat $\times$ data	0,024	0,360	0,390	0,249	0,415	0,461
Turó $\times$ data	0,200	0,003	0,300	0,116	0,778	0,320
Comunitat $\times$ turó $\times$ data	0,683	0,315	0,568	0,235	0,010	0,122

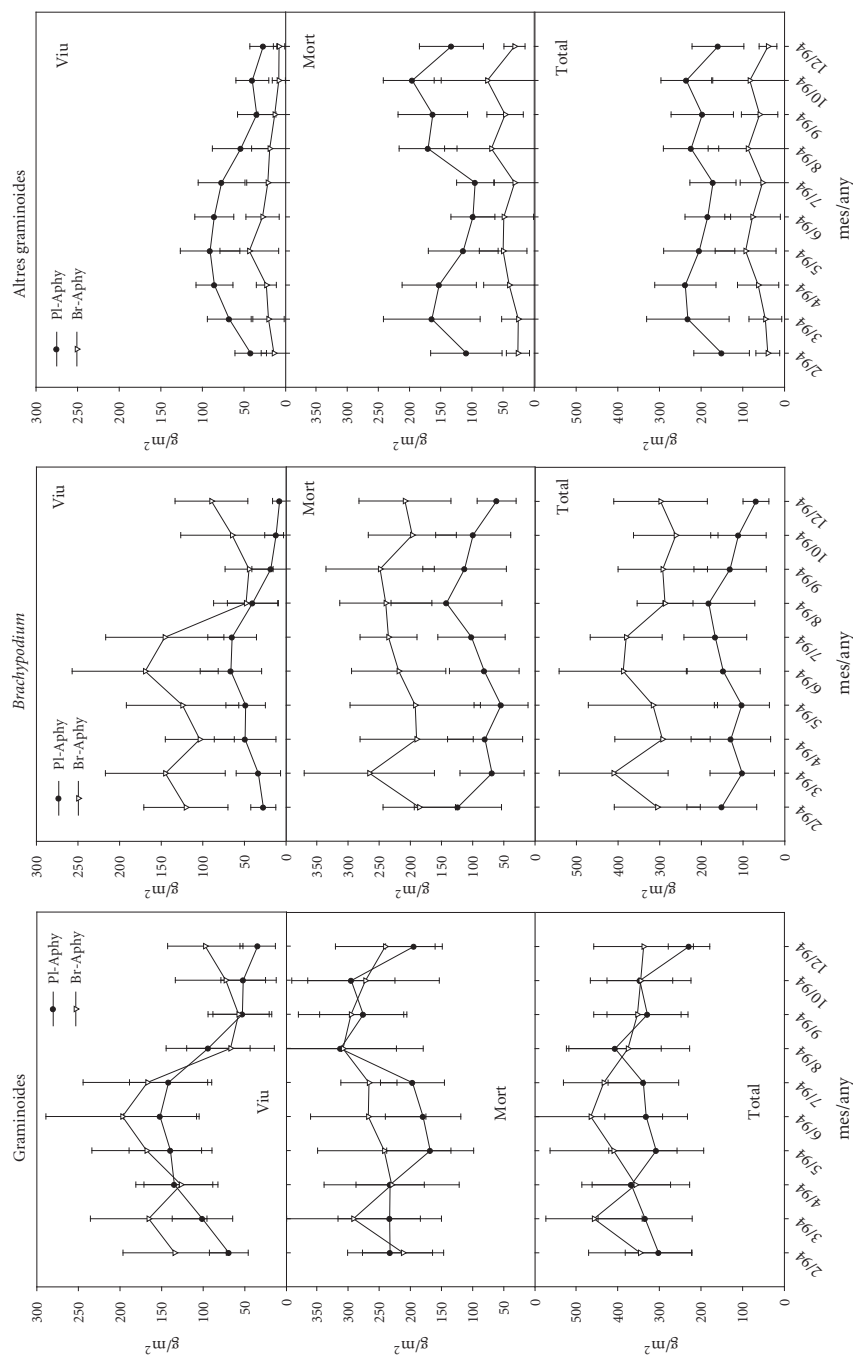


FIGURA 60. Evolució de la biomassa aèria total (gràfics inferiors), de la necromassa (al mig) i del material vegetal viu (gràfics superiors) de totes les graminoides i totes sense *Brachypodium* (altres graminoides) a les joncesdes mesòfiles (PL-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy), i de *B. phoenicoides* a les joncesdes i de *B. retusum* als llistonars, durant l'any 1994. S'hi representen la mitjana i la desviació estàndard.

(130-150 g/m²). La màxima acumulació de necromassa s'acompleix per l'agost, quan hi ha una davallada important de la fracció viva i és el moment de màxim estrès hídric (figura 60). La biomassa total de graminoides segueix una dinàmica diferent en l'una comunitat i en l'altra: a les joncedes segueix la dinàmica de la fracció seca, amb la màxima acumulació durant l'agost ($406,2 \pm 110,7$ g/m²), mentre que als llistonars sembla seguir la dinàmica de la fracció viva, amb els màxims el març ($456 \pm 115,6$) i el juny ($464,5 \pm 172,3$ g/m²). En general, durant tot el període, la biomassa de les graminoides és més alta als llistonars que a les joncedes; les diferències hi són importants i significatives ($p < 0,05$) durant la primavera i fins a principi d'estiu. A partir de l'agost les diferències es redueixen i la biomassa de les graminoides és semblant en ambdues comunitats.

A tots els turons es mantenen les diferències entre les comunitats (interacció *comunitat* $\times$ *turó* no significativa) i la biomassa de les graminoides és significativament ($p < 0,05$) més alta als llistonars.

8.3.5.2. *Brachypodium*

La biomassa de les dues espècies de *Brachypodium* (*B. phoenicoides* a les joncedes i *B. retusum* als llistonars) varia significativament ($p < 0,001$) entre dates de mostratge, entre comunitats i entre turons (taula 45). Al llarg de tot l'any, a cada turó, la biomassa de *B. retusum* dels llistonars és molt superior a la de *B. phoenicoides* de les joncedes; les diferències són altament significatives ($p < 0,001$) tant en la biomassa total com en les fraccions viva i seca (figura 60).

La fracció viva de *B. phoenicoides* segueix el patró de variació unimodal general a les joncedes (figura 60) i assoleix els valors màxims a final de primavera i inici d'estiu (juny i juliol, 65 g/m²), i els mínims a l'hivern (7,7 g/m²). En canvi, als llistonars, la fracció viva de *B. retusum* ja presenta valors alts el mes de març (145 g/m²), del mateix ordre que els del juny i del juliol (169 i 146 g/m²); els valors mínims s'assoleixen el setembre (44 g/m²).

La fracció seca de les dues espècies de *Brachypodium* segueix una dinàmica paral·lela, amb algunes diferències (figura 60). En ambdues espècies a la primavera (abril i maig) és quan la quantitat de matèria seca és més baixa (190-192 g/m² de *B. retusum* als llistonars i 54 g/m² de *B. phoenicoides* a les joncedes); en canvi, la màxima acumulació de necromassa de *B. retusum* als llistonars s'esdevé el març (266 ± 104 g/m²) i el setembre (248 ± 87 g/m²), i la de *B. phoenicoides* a les joncedes l'agost (142 ± 89 g/m²).

Pel que fa a la biomassa total, segueix el mateix patró de variació que la fracció seca a les dues espècies de *Brachypodium* (figura 60), amb la biomassa màxima de *B. phoenicoides* a les joncedes l'agost (182 ± 110 g/m²) i la de *B. retusum* als llistonars el març (411 ± 131 g/m²) i el juny i el juliol (380-390 g/m²).

8.3.5.3. Altres graminoides

La biomassa del conjunt de graminoides sense *Brachypodium* varia també significativament ($p < 0,001$) entre dates de mostratge, entre comunitats i entre turons (taula 45). Però només resulten significatives ($p < 0,05$) les interaccions *turó* $\times$ *data* i *turó* $\times$ *data* $\times$ *comunitat* per a la fracció viva.

Tant a les joncedes com als llistonars, la fracció viva de les altres graminoides va augmentant durant la primavera fins a assolir la màxima quantitat el maig (91 ± 36 g/m² a les joncedes i 44 ± 35 g/m² als llistonars; figura 60). A les joncedes, tant l'abril com el juny es manté una quantitat important de les altres graminoides vives (85 ± 23 g/m²). Durant l'estiu, la fracció viva disminueix gradualment als llistonars i de manera més brusca a les joncedes, fins a arribar a valors mínims el desembre (27 ± 16 g/m² a les joncedes i 8 ± 7 g/m² als llistonars). A totes dues comunitats la màxima acumulació de matèria seca de les altres graminoides s'esdevé l'octubre (196 ± 46 g/m² a les joncedes i 75 ± 85 g/m² als llistonars), després d'una davallada important durant la primavera i dels valors mínims de l'estiu en el cas de les joncedes. La biomassa total de les altres graminoides segueix la dinàmica de la fracció seca a totes dues comunitats (figura 60).

Durant tot l'any, la biomassa de les altres graminoides és molt més alta a les joncedes que als llistonars, amb diferències altament significatives ($p < 0,001$) tant en la fracció viva com en la necromassa i en la biomassa total (taula 45 i figura 60). Les diferències entre comunitats es mantenen a cada turó separatament.

8.3.5.4. Fòrbies

La fracció viva de les fòrbies varia significativament ($p < 0,001$) entre comunitats i dates de mostratge, però no segons el turó (taula 45).

La màxima quantitat de biomassa viva de les fòrbies s'obté el juny a les joncedes (106 ± 36 g/m²) i l'abril als llistonars (77 ± 29 g/m²; figura 61). A la tardor i a l'hivern hi ha poca quantitat de fòrbies vives (6 ± 6 g/m² el desembre a les joncedes i 9 ± 17 g/m² l'octubre als llistonars). Durant tot l'any n'hi ha més quantitat a les joncedes, amb diferències significatives ($p < 0,001$) entre ambdues comunitats (figura 61).

En la fracció seca de les fòrbies, les diferències entre l'una comunitat i l'altra són petites i no resulten significatives (taula 45). A la primavera n'hi ha més quantitat als llistonars, mentre que a l'estiu i a la tardor se n'acumula més a les joncedes (figura 61). Aquestes diferències entre comunitats varien significativament ($p < 0,001$), però, segons el turó tant a les joncedes com als llistonars.

La biomassa total de les fòrbies també segueix una dinàmica semblant a la de la fracció seca (figura 61), ja que durant tot l'any és manté significativament ($p < 0,001$) més alta a les joncedes que als llistonars (taula 45). La màxima quantitat de biomassa de fòrbies s'assoleix a final de primavera ($146 \pm 49 \text{ g/m}^2$ a les joncedes el juny i el juliol, $140 \pm 76 \text{ g/m}^2$ el juny als llistonars) i els valors mínims s'obtenen l'octubre als llistonars ($60 \pm 40 \text{ g/m}^2$) i el desembre a les joncedes ($48 \pm 23 \text{ g/m}^2$).

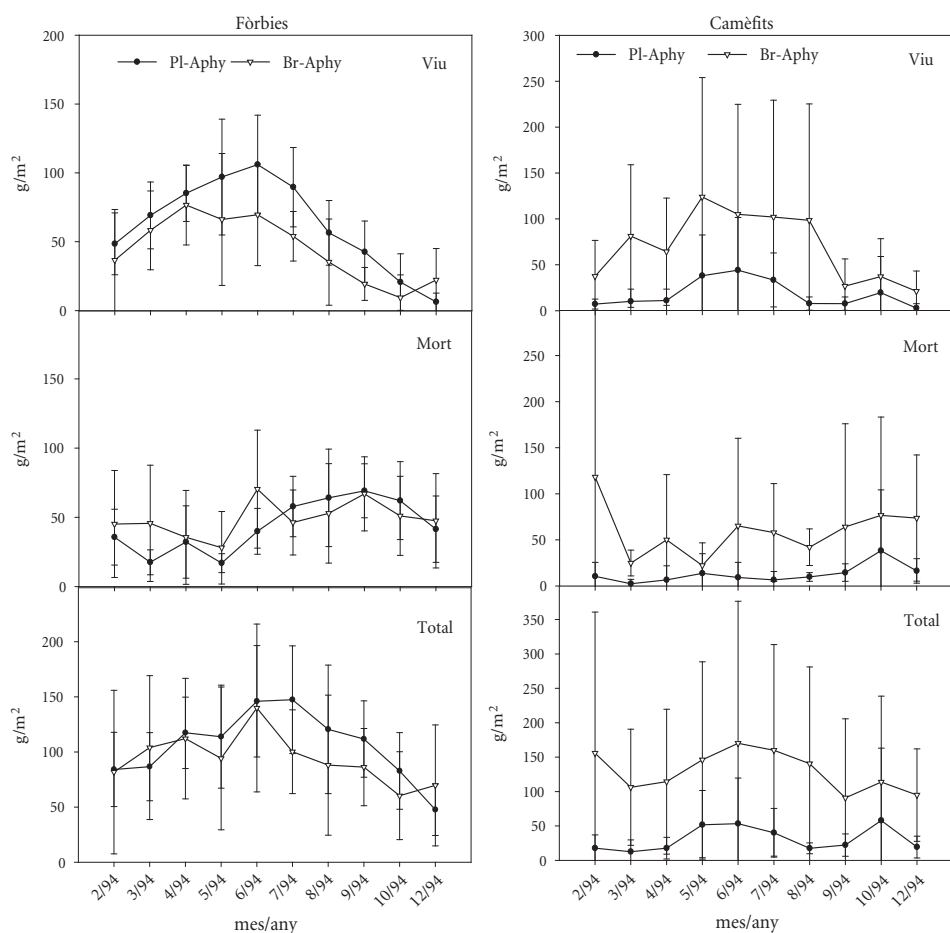


FIGURA 61. Evolució de la biomassa aèria total (gràfics inferiors), de la necromassa (al mig) i del material vegetal viu (gràfics superiors) de les fòrbies i dels camèfits a les joncedes mesòfiles (Pl-Aphy) i als llistonars (Br-Aphy) durant l'any 1994. Mitjana i desviació estàndard.

8.3.5.5. Camèfits llenyosos

La biomassa viva i la fracció seca de camèfits varia significativament ($p < 0,05$) segons la comunitat, el turó i la data de mostratge (taula 45); les diferències entre comunitats també varien segons els turons. La biomassa total dels camèfits no varia significativament entre dates de mostratge, però sí que hi ha diferències significatives ($p < 0,001$) entre comunitats i entre turons.

La fracció viva dels camèfits també assoleix el màxim a la primavera, pel maig als llistonars ($124 \pm 130 \text{ g/m}^2$), on es manté alta fins a l'agost (més de 100 g/m^2), i pel juny a les joncedes ($44 \pm 58 \text{ g/m}^2$), amb valors també alts el maig i el juliol (figura 61). La fracció seca dels camèfits varia poc al llarg de l'any a les joncedes i s'hi detecta la màxima acumulació durant l'octubre. Als llistonars hi ha un augment lleuger a la tardor amb la màxima acumulació durant l'octubre ($77 \pm 107 \text{ g/m}^2$). La biomassa total dels camèfits segueix la dinàmica de la fracció viva, la que té més biomassa (figura 61).

Durant tot aquest període, la biomassa dels camèfits és significativament ($p < 0,001$) més alta als llistonars (figura 61). Les diferències entre l'una comunitat i l'altra varien, però, segons els turons; a Palau, tant a la jonceda com al llistonar hi ha pocs camèfits i la seva biomassa no varia significativament entre comunitats, sinó que es manté per sota de 50 g/m^2 durant tot l'any. És destacable la gran variabilitat que s'observa en la biomassa dels camèfits entre turons, especialment accentuada en el cas dels llistonars (figura 61).

8.3.6. Producció primària aèria de les comunitats estudiades

Els resultats de l'ANPP estimada a partir de la biomassa total s'exposen en la taula 46. L'ANPP total del primer any (1993) va ser lleugerament més alta a les joncedes; en canvi, el segon any (1994) i també per a tot el període d'estudi (des del maig del 1993 fins al desembre de 1994) va ser significativament ($p < 0,05$) més alta als llistonars. Si considerem cada turó separatament, s'observa que tant l'ANPP del segon any com la de tot el període varen ser significativament ($p < 0,05$) més altes als llistonars (taula 46). Tal com fa la biomassa, l'ANPP de cada comunitat varia entre els tres turons; a les joncedes, la de Malla va ser la més productiva durant tot el període i també en cadascun dels anys separatament, i als llistonars, el més productiu va ser el de Mont-rodon el primer any i el de Palau el segon any.

Comparant els dos anys d'estudi, s'observa que a les joncedes l'ANPP del segon any (1994) va ser significativament ($p < 0,05$) més baixa que la del primer (1993); en canvi, als llistonars només va ser lleugerament més baixa (taula 46).

TAULA 46

Producció primària aèria neta, en g/m²/any, per períodes anuals i per a tot el període d'estudi, a cada tipus de comunitat i a cada turó. Mitjana i desviació estàndard de les parcel·les i significació (sign.) de la prova de Kruskal-Wallis (per a l'anàlisi de la diferència entre les dues comunitats)

Any-període	Comunitat	Turons			Mitjana	Sign.
		Malla	Mont-rodon	Palau		
1993 - maig/desembre	Joncada	406,17	356,08	350,01	370,76 ± 30,82	0,275
	Llistonar	346,82	394,27	303,62	348,24 ± 45,34	
1994a - maig/desembre	Joncada	110,93	218,54	124,12	151,20 ± 58,69	0,050
	Llistonar	265,26	290,96	396,03	317,42 ± 69,28	
1994b - febrer/desembre	Joncada	350,49	302,66	267,47	306,88 ± 41,67	0,050
	Llistonar	494,83	430,74	586,08	503,88 ± 78,06	
1993 - 1994 - maig 1993 - desembre 1994	Joncada	756,66	658,74	617,49	677,63 ± 71,49	0,050
	Llistonar	841,65	825,01	889,70	852,12 ± 33,59	

Als llistonars, la producció mensual de biomassa segueix una dinàmica semblant tots dos anys (figura 62). A la primavera hi ha producció neta i s'hi assoleixen els valors més alts el juny, a l'estiu la producció hi disminueix de manera important, hi torna a augmentar a la tardor, amb un altre màxim durant l'octubre, i a l'hivern hi és mínima. En canvi, a les joncades la dinàmica de la producció varia d'un any a l'altre. Durant el primer hi és similar a la dels llistonars, amb un màxim de producció el juny i un altre el setembre; durant l'estiu

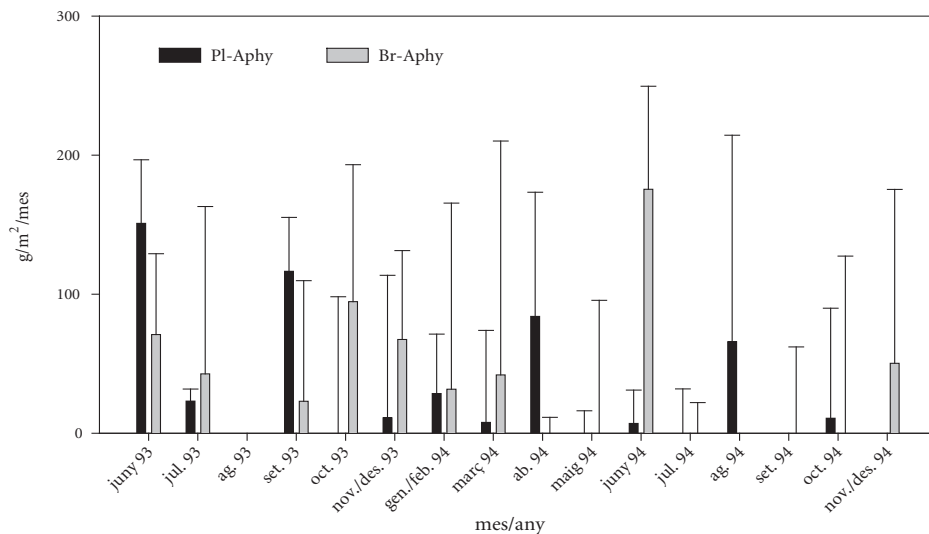


FIGURA 62. Producció primària aèria neta mensual de les joncades mesòfiles (Pl-Aphy) i dels llistonars (Br-Aphy) durant tot el període d'estudi. Mitjana i desviació estàndard per a cada comunitat.

tampoc no hi ha producció neta i durant la tardor i l'hivern hi és mínima, amb valors baixos, mentre que el segon any la màxima producció neta s'hi va donar per l'abril i gairebé no n'hi va haver de maig a juliol ni tampoc a la tardor.

8.4. RESUM I DISCUSSIÓ

8.4.1. *Dinàmica estacional de la biomassa aèria total, de la matèria vegetal viva i de la matèria vegetal morta*

La dinàmica estacional de la biomassa aèria segueix el cicle fenològic de les plantes. Els valors màxims de biomassa s'assoleixen al final del període de creixement (juny i juliol) i els més baixos s'obtenen en ple hivern i a final d'estiu, abans dels rebrots de la tardor. L'augment progressiu de les temperatures a partir del febrer i les pluges generoses de la primavera permeten arribar al màxim desenvolupament el juny, quan les plantes es troben en plena fase de creixement i de floració (Guàrdia *et al.*, 1998); en aquest moment és quan hi ha més quantitat de material vegetal viu tant a les joncedes com als llistonars. En les pastures xeròfiles, pel març ja s'assoleixen valors elevats tant de la biomassa total com de la fracció viva, cosa que s'explica pel desenvolupament més primerenc que solen tenir la majoria d'espècies dels llistonars. A final de juny, quan les temperatures augmenten i les reserves d'aigua del sòl s'esgoten, el període de dèficit hídric comença i el material vegetal s'asseca; a l'estiu (juliol i agost) és quan s'assoleixen els valors més alts de biomassa total (en pes sec) i de necromassa i quan el material vegetal viu disminueix ràpidament. El fet que l'esgotament de la reserva d'aigua del sòl a final de primavera és més ràpid als llistonars (vegeu el capítol 7) comporta que, en aquestes pastures xeròfiles, l'assecamament de les plantes comenci abans. La caiguda del material vegetal mort determina una davallada de la biomassa total a final de setembre. Amb els nous rebrots formats a la tardor, quan les temperatures encara són favorables i les precipitacions recarreguen les reserves d'aigua del sòl, hi ha un lleuger augment de la matèria vegetal viva i de la biomassa total als llistonars i una estabilització a les joncedes. Les baixes temperatures de l'hivern aturen el creixement de les plantes i s'atenyen els valors mínims de material vegetal viu i de biomassa total. La dinàmica del creixement i la producció de la biomassa observada per nosaltres s'aproximen al model teòric de creixement de l'herba dels prats xeròfils montans (*Xerobromion* i *Aphyllanthion*) proposat per Sebastià (1992).

Diversos autors (Chocarro, 1990; Sala *et al.*, 1992; Lauenroth i Sala, 1992; Shankar *et al.*, 1993) han remarcat la influència que tenen les temperatures i les precipitacions en el creixement de les plantes i de quina manera influeixen en la biomassa de les pastures i en la seva dinàmica estacional. Les variacions inter-

anuals de la distribució de les precipitacions i l'evolució de les temperatures al llarg de l'any (vegeu l'apartat 6.5 del capítol 6) permeten explicar les diferències constatades entre els dos anys d'estudi, sobretot a la primavera, en la dinàmica de la biomassa total de les pastures. La primavera del 1993, amb precipitacions superiors a la mitjana, va ser determinant en els màxims notables de biomassa assolits el juny i el juliol tant a les pastures mesòfiles com a les xeròfiles. Les temperatures més aviat altes i les precipitacions escasses de la primavera del 1994 expliquen que el març, als llistonars, i l'abril, a les joncedes, ja s'assolissin valors alts de biomassa, valors que en aquestes darreres ja no van augmentar, probablement perquè les precipitacions escasses del maig varen limitar el creixement de les plantes. Als llistonars, en canvi, sembla que el dèficit hídric de la primavera no va afectar tant la biomassa i va seguir la mateixa dinàmica que l'any anterior. Segons Barrera *et al.* (1988), els valors de les variables climàtiques (temperatura màxima, hores de sol, precipitació i temperatura del subsòl) de la quinzena anterior al mostratge es poden considerar determinants de l'evolució de la biomassa aèria de pastures seminaturals. Jackson i Roy (1986) troben que la sequera avançada o sovintejada no afecta les gramínies anuals i, en canvi, redueix la producció i la rebrotada tardoral de les perennes. Segons Rodríguez (1993), la sequera afecta més les comunitats mesòfiles, d'ambients amb bona disponibilitat d'aigua, que les xeròfiles, ja adaptades a la manca d'aigua. En el nostre cas, el fort dèficit hídric que es va donar a partir del juny del 1994 va afectar més la dinàmica de la biomassa i la producció de les joncedes mesòfiles (on predominen les gramínies perennes i les fòrbies) que la dels llistonars (on, a banda de *Brachypodium retusum*, els camèfits i els teròfits són més abundants).

La dinàmica del pes fresc de la biomassa total està estretament relacionada amb l'evolució del contingut hídric del sòl i mostra diferències entre comunitats. Tant a les joncedes com als llistonars, el pes fresc més alt s'obté quan els sòls són humits, a la primavera i a la tardor, coincidint amb el període de creixement de les plantes; els valors més baixos s'hi obtenen a final d'estiu, quan tant els sòls com les plantes s'han assecat completament. El fet que a les joncedes el pes fresc oscil·la força més que als llistonars és atribuïble a la dominància en aquestes pastures de plantes amb teixits tendres i hidratats, el pes fresc de les quals depèn més directament del contingut hídric del sòl. Alguns autors, estudiant comunitats prealpines, observen que el pes fresc d'un prat de dall, amb bona disponibilitat d'aigua, és considerablement més alt que el d'un prat sec, alhora que la transpiració hi és gairebé el doble (Braun-Blanquet, 1979). Segons Sebastià (1992), l'evolució del pes fresc és molt influenciada pels factors exògens, com és la disponibilitat d'aigua al llarg del període de creixement.

Sala *et al.* (1981), fent una anàlisi de l'evolució global de l'herba en pastures semiàrides, conclouen que els canvis més significatius són deguts més a la matè-

ria morta que a la matèria viva. A les pastures de la Plana, la dinàmica de la biomassa total al llarg de l'any segueix l'evolució del material vegetal mort perquè, tant a les joncedes com als llistonars, sempre hi ha una proporció més alta de necromassa que de material vegetal viu. La relació entre material vegetal viu i material vegetal mort es manté gairebé tot l'any per sota d'1 (figura 58); només pren valors superiors a 1 en els moments de desenvolupament màxim de la pastura, a final de primavera, quan el material viu ateny el valor màxim, i el material vegetal mort, el valor mínim, un cop s'ha degradat part de la fracció morta acumulada l'any anterior i abans que comenci l'assecatment de les plantes.

L'augment de les temperatures i el de les precipitacions a la primavera són factors que afavoreixen la degradació de la necromassa acumulada l'any anterior (Remón, 1997; Canals, 1992) i expliquen, per tant, la davallada del material vegetal mort, que ateny els valors mínims el maig. A l'estiu, quan el nou material produït a la primavera comença a assecar-se, la quantitat de necromassa augmenta novament, fins a assolir els valors màxims a la tardor, valors que durant l'hivern es mantenen als llistonars i disminueixen lleugerament a les joncedes.

L'acumulació significativa de material vegetal a les pastures de Malla i de Palau es pot atribuir a la manca de pastura, ja que abans de delimitar-les i posar-hi tanques eren pasturades regularment. A Mont-rodon, en canvi, les parcelles es varen instal·lar en un lloc no pasturat feia uns quants anys, cosa que hi devia haver estabilitzat la producció anual de biomassa. L'absència de pastura porta a una acumulació de biomassa, sobretot de material vegetal mort (Álvarez, 1995; Remón, 1997). Per contra, la utilització de la biomassa verda pels herbívors redueix l'acumulació de matèria morta en peu (Sundriyal, 1992). En el nostre cas, el fet d'haver exclòs les parcelles de la pastura pot haver causat que, durant gairebé tot l'any, la quantitat de material vegetal mort hagi estat superior a la de material viu.

Els efectes de l'absència de pastura es manifesten també en la distribució de la biomassa en els diferents grups de plantes. Segons alguns autors (Aldezabal, 1997; Álvarez, 1995; Van der Maarel i Titlyanova, 1989), la pastura moderada, a més de reduir la quantitat de material mort acumulat, fa que la biomassa de les graminoides disminueixi i la de les dicotiledònies augmenti, de manera que aquella disminueix segons un gradient d'intensitat de pastura. En el nostre cas, l'absència de pastura durant tot el període d'estudi pot explicar també l'acumulació important de la biomassa de les graminoides. El pas sovintejat dels ramats redueix l'acumulació de material vegetal mort en peu, en primer lloc perquè el bestiar consumeix la fracció viva i, en segon lloc, perquè el mateix trepig fa caure les fulles seques, que s'incorporen més de pressa a la fracció orgànica del sòl. Tant *Brachypodium phoenicoides* com *B. retusum* són espècies poc consumides pels ovins, els quals només n'aprofiten els brots tendres de primavera, sorgits després de les pluges. L'exclusió de la pastura redu-

eix el consum d'aquestes espècies i, en conseqüència, s'esdevé més acumulació de material mort. Les diferències observades entre turons, tant en el cas de les joncedes com en el dels llistonars, podrien ser degudes a la intensitat diferent de pastura que tenen. En general, la biomassa total i l'acumulació de necromassa de les pastures de Palau han estat més baixes que a Malla i a Mont-rodon, cosa explicada pel fet que en aquell turó la pastura és més intensa i més regular que en aquests dos. Segons Van der Maarel i Titlyanova (1989), la biomassa aèria total és significativament més baixa a les comunitats fortament pasturades que a les sotmeses a una pastura moderada. Seria interessant, en estudis posteriors, avaluar els efectes de la pastura en la dinàmica de la biomassa i en la producció primària d'aquestes comunitats pradenques.

En les pastures estudiades, els efectes de l'absència de pastura sembla, per tant, haver-se imposat als efectes de la marcada sequera del segon any. La reducció del creixement el 1994 no s'ha manifestat en la biomassa total per efecte de l'acumulació de matèria seca provocada probablement per l'absència de la pastura.

A les pastures, el patró de variació al llarg de l'any del percentatge de matèria seca segueix la dinàmica de la disponibilitat d'aigua del sòl. Quan hi ha més disponibilitat hídrica, des de la tardor fins a la primavera, el percentatge de matèria seca és més baix, mentre que els valors més alts s'assoleixen a ple estiu, quan els sòls són completament secs. L'acumulació de biomassa durant el segon any i el fort dèficit hídric d'aquell estiu poden explicar l'augment important del percentatge de matèria seca de l'agost del 1994, sobretot a les joncedes.

El percentatge de matèria seca augmenta al llarg del cicle fenològic a mesura que els teixits de la planta es van assecant; en el cas de les gramínies, aquest percentatge augmenta progressivament durant tot el seu desenvolupament (formació de fulles, tiges, espigues i maduració del gra) a conseqüència de l'increment de fibra i lignina de la paret cel·lular (Fanlo *et al.*, 1991). En general, les gramínies tenen més matèria seca que les lleguminoses i les plantes d'altres famílies, com també en tenen més les plantes amb estructures lignificades i protectores inactives. En el cas dels llistonars, la dominància de *Brachypodium retusum* i la presència d'unes altres plantes adaptades a la sequera, amb cutícules gruixudes i teixits lignificats, sovint piloses o espinoses, expliquen la gran proporció de matèria seca.

Contràriament al que es podia deduir del règim hídric d'aquestes pastures, la biomassa dels llistonars és superior a la de les joncedes, tant la total com el material vegetal viu i el material vegetal mort. Els resultats obtinguts posen de manifest que la biomassa de les pastures submediterrànies està relacionada més directament amb la composició florística, el tipus de plantes dominants i el tipus de vegetació que amb els factors ambientals.

La disponibilitat d'aigua del sòl condiciona indirectament la biomassa de cada tipus de comunitat, i ho fa a través de la composició florística. Les diferències d'aigua disponible en el sòl durant el període de desenvolupament de les plantes és determinant per a la composició florística de les comunitats i, en especial, per al patró de distribució de les formes de creixement, el qual, segons Shmida i Burguess (1988), a les regions àrides i semiàrides és l'expressió del règim d'humitat del sòl. L'augment de l'aridesa fa augmentar la proporció de camèfits i de plantes anuals. Kamabu i Lejoly (1989), estudiant pastures calcícoles de l'Alta Provença, troben que la biomassa d'una pastura mesòfila és més baixa que la d'una de xeròfila a causa que en aquesta última moltes espècies són llenyoses i, per tant, hi aporten un pes sec més elevat. Segons Van der Maarel i Titlyanova (1989), el model de distribució de la biomassa és específic per a cada sistema i varia amb la composició de les espècies i amb la influència directa o indirecta de l'home.

8.4.2. *Repartiment de la biomassa aèria en els diferents grups funcionals de plantes*

En els dos tipus de pastures estudiades, el grup de les graminoides constitueix la major part de la biomassa total, tant de la fracció viva com de la fracció seca. Les diferències principals afecten la proporció de camèfits llenyosos i de fòrbies i la relació entre l'espècie de *Brachypodium* i les altres graminoides. Als llistonars, la biomassa dels camèfits és superior a la de les fòrbies i la biomassa de les graminoides correspon majoritàriament a *B. retusum*; les altres espècies de graminoides hi són poc abundants i la seva contribució a la biomassa total és baixa. A les joncedes, en canvi, la biomassa de les fòrbies és força més alta que la dels camèfits; dins el grup de les graminoides hi ha més diversitat d'espècies de gramínies i de ciperàcies i la biomassa de *B. phoenicoides* és més baixa que la de totes les altres graminoides. La biomassa de les graminoides és significativament més alta als llistonars, on també la biomassa de *B. retusum* és significativament superior a la de *B. phoenicoides* de les joncedes. La biomassa de la resta de graminoides i de les fòrbies és, però, significativament més alta a les joncedes que als llistonars. En canvi, la biomassa dels camèfits llenyosos es significativament més alta als llistonars (taula 44 i figures 57, 60 i 61).

La relació herbàcies/lenyoses és més baixa als llistonars que a les joncedes mesòfiles. Segons Margalef (1980), a escala general, l'augment de l'estrès hídric comporta un augment de les formes llenyoses, de manera que els espectres fisiognòmics de les comunitats són una bona expressió de les característiques ambientals en què es troben.

El règim d'humitat i l'estructura del sòl, la temperatura i les pertorbacions són factors que determinen la proporció entre camèfits i hemicriptòfits. Els camè-

fits són, en general, més tolerants a la sequera i tendeixen a ocupar els sòls més prims, de textura més grollera, més ben drenats i més pertorbats. En canvi, les plantes herbàcies, com ara els hemicriptòfits, dominen en els sòls de textura fina, més profunds i més estables, ja que l'abundància de llims i argiles permet mantenir la humitat estacional del sòl i afavoreix aquells vegetals. Si hi ha bona disponibilitat d'aigua en el sòl, els hemicriptòfits tenen més avantatges i presenten un creixement més ràpid, mentre que, si hi ha poca aigua disponible, són els camèfits els que presenten més avantatges, ja que la utilitzen d'una manera més ràpida i eficient (Shmida i Burgess, 1988). A les comunitats xeròfiles, a l'inici de la temporada hi ha una biomassa aèria preexistent, sovint llenyosa, corresponent a les mates dels camèfits, que conserven les gemmes a punt per desenvolupar-se així que hi hagi aigua disponible, cosa que els permetrà assolir una certa biomassa ràpidament. A les comunitats mesòfiles, en canvi, a cada estació de creixement caldrà crear de nou tota la biomassa, o almenys una bona part (Sebastià i Canals, 1992).

A les joncedes, la bona disponibilitat d'aigua del sòl durant el període de creixement (primavera) i l'existència d'una reserva d'aigua profunda durant tot l'any (vegeu el capítol 7) deuen ser la causa que les fòrbies s'hi desenvolupin més bé que els camèfits. En canvi, en els llistonars, l'esgotament més ràpid de les reserves d'aigua a la primavera afavoreix el desenvolupament de plantes llenyoses, com són els camèfits, juntament amb alguns teròfits; aquestes dues formes biològiques són les més adaptades a viure amb poques reserves d'aigua i a resistir el fort estrès hídric de l'estiu.

La pedregositat i la poca compacitat del terreny són factors que afavoreixen el creixement de les petites mates llenyoses, ja que els seus sistemes radicals més desenvolupats els permeten fixar-s'hi més bé i, alhora, explorar els recursos d'aigua de les capes inferiors del sòl. En canvi, les plantes herbàcies tenen sistemes radicals limitats a les capes superiors del sòl, d'on extreuen la major part de l'aigua (Sala *et al.*, 1989). Segons Liang *et al.* (1989), l'ús eficient de l'aigua augmenta quan la seva disponibilitat és limitant; els valors més alts de biomassa i l'ús més eficient de l'aigua es donen en llocs on resulten afavorits l'establiment, la supervivència i la dominància de les formes no herbàcies.

Tal com han observat uns altres autors (Sebastià i Canals, 1992; Kamabu i Lejoly, 1989), l'abundància o el predomini dels camèfits a les pastures xeròfiles condiciona que aquestes tinguin més biomassa aèria que les pastures mesòfiles, on els hemicriptòfits o les fòrbies predominen. També Liang *et al.* (1989) constaten que l'augment de la proporció de plantes llenyoses perennes porta a un augment de la biomassa total aèria i radical. Segons Remón (1997), a l'estatge subalpí, la biomassa de les pastures mesòfiles, en què dominen les dicotiledònies, és més baixa que la dels prats secs, on predominen les gramínies xeròfiles relativament robustes, com ara *Festuca eskia* o *F. paniculata*.

Segons D'Herbès (1979), *Brachypodium phoenicoides* i *B. retusum* són dues espècies de caràcter mediterrani que es reparteixen l'espai en funció de les condicions hídriques: *B. retusum* en llocs secs i *B. phoenicoides* en condicions més favorables. *B. retusum* tolera bé la sequera (*drought tolerant*) sense adoptar mecanismes de regulació; en canvi, *B. phoenicoides* és una espècie que evita la sequera (*drought avoidance*) mantenint un potencial hídric (ψ) feble (mentre que les altres espècies de gramínies que l'envolten presenten ψ molt elevats). *B. retusum* produeix cada any nova biomassa verda, sense que n'augmenti gaire la proporció, a causa de l'acumulació de la necromassa per assecament de la biomassa verda de l'any anterior. Segons Caturla *et al.* (2000), aquest mecanisme garanteix la seva supervivència en condicions extremes, amb períodes de sequera de tres/quatre mesos. Aquestes estratègies permeten que *B. retusum* ocupi bona part de l'espai a les àrees amb fortes limitacions per al creixement, com són la poca disponibilitat d'aigua i els sòls poc profunds i inestables dels vessants solells dels turons de la Plana; en canvi, als llocs on creix *B. phoenicoides* les condicions ambientals són més favorables per al creixement i li permeten competir amb les altres gramínies i amb les altres herbàcies. Als llistonars, la dominància de *Brachypodium retusum* i l'abundància de camèfits llenyosos redueixen el creixement de les fòrbies i limiten la presència d'unes altres gramínies. Alguns autors (Gough *et al.*, 1994) afirmen que els factors ambientals i la biomassa de les espècies dominants controlen la riquesa florística de les comunitats vegetals.

Podem concloure, doncs, que la gran quantitat de biomassa dels llistonars es deu, per una banda, a l'abundància de camèfits i, per l'altra, a una biomassa més alta de graminoides, i en primer lloc de *Brachypodium retusum*. Aquesta gramínia camefítica té les fulles i les tiges força més rígides i endurides que les graminoides herbàcies, com ara *Festuca gr. rubra*, *Avenula pratensis* o *Carex humilis*, que dominen a les joncedes mesòfiles. Aquest braquipodi acumula una gran quantitat de biomassa, conserva durant força temps les fulles seques i presenta una relació «verd/sec» força més baixa que *B. phoenicoides* (D'Herbès, 1979).

8.4.3. Dinàmica de la biomassa dels diferents grups de plantes al llarg de l'any

L'evolució de la biomassa dels tres grups funcionals d'espècies considerats mostra diferències segons la comunitat. A les joncedes, les graminoides, les fòrbies i els camèfits presenten el màxim de biomassa viva el mes de juny, i la màxima acumulació de material vegetal mort, d'agost a octubre. En canvi, als llistonars hi ha una tendència a la segregació temporal d'aquests grups: les fòrbies són les que assoleixen primer la màxima biomassa viva, per l'abril; des-

prés vénen els camèfits (pel maig), i les graminoides augmenten la biomassa pel juny, coincidint amb el creixement de *Brachypodium retusum*. A totes dues comunitats les espècies de *Brachypodium* assoleixen el màxim desenvolupament el juny, més tard que les altres graminoides, que ho fan el maig.

La disminució més ràpida de la disponibilitat d'aigua del sòl en els llistonars fa que el creixement i el desenvolupament màxim, tant de les fòrbies com dels camèfits, s'hi assoleixin abans (el maig) que a les joncedes (el juny). Les precipitacions escasses durant els mesos de maig i juny del 1994 expliquen que als llistonars el màxim desenvolupament de les fòrbies s'acomplís durant l'abril i que pel juny el creixement a les joncedes s'aturés.

La major part del material vegetal mort que s'acumula, tant a les joncedes com als llistonars, correspon a les fulles seques de les graminoides; als llistonars corresponen majoritàriament a *Brachypodium retusum*, mentre que a les joncedes n'hi ha més de les altres graminoides que de *B. phoenicoides*. La quantitat de material vegetal mort de les fòrbies hi és molt més baixa que el de les graminoides. La necromassa dels camèfits també hi és baixa, tot i que els seus òrgans llenyosos contenen una fracció important de teixits morts o poc actius que hem comptat com a material vegetal viu.

El material vegetal viu de les joncedes el componen en proporcions equivalents les fòrbies i les altres graminoides. En canvi, el dels llistonars correspon majoritàriament a *Brachypodium retusum* i als camèfits; en aquestes comunitats xeròfiles la fracció viva de les fòrbies és molt petita.

8.4.4. Variabilitat entre turons

Si bé en els tres turons estudiats la biomassa aèria dels llistonars és en general més alta que la de les joncedes, tant la biomassa aèria total com la dels diferents grups d'espècies de cada tipus de pastura varien significativament segons la localitat. En general, aquesta variabilitat és més gran als llistonars que a les joncedes i deu estar relacionada amb l'heterogeneïtat espacial dels vessants on aquells es desenvolupen. La topografia més irregular comporta més diversitat en la composició i l'estructura de les pastures xeròfiles i més variabilitat de la biomassa aèria (Rodríguez, 1993).

En canvi, la regularitat del terreny i un sòl més profund condicionen una estructura i una composició més homogènies de les pastures mesòfiles, que es tradueixen en menys variabilitat entre parcel·les. En un ambient edàfic heterogeni, la disponibilitat d'aigua i de nutrients es distribueix a manera de taques, lligades a les variacions microtopogràfiques, i les comunitats vegetals s'adapten a un mosaic de microhàbitats. En els hàbitats amb més disponibilitat d'aigua i de nutrients, la distribució espacial de les comunitats resulta més homo-

gènia. Segons Sebastià (1991b), a les pastures submediterrànies de Sant Jaume de Frontanyà el factor mesofília/xerofília actua com a eix d'estructuració vertical i horitzontal. Als prats secs, l'espai està menys estructurat, amb molts claps buits i amb poques espècies superposades; en canvi, als prats mesòfils ho està molt més, tant en sentit vertical com horitzontal. Als indrets una mica més humits, en què és més fàcil captar recursos i el sòl és més apte per a la colonització vegetal, és on es concentra un nombre més alt d'espècies.

8.4.5. *Producció primària aèria neta*

Tal com era d'esperar, la màxima producció de biomassa s'obté a final de la primavera, quan les comunitats assoleixen el desenvolupament màxim. Les pastures mesòfiles són, en general, més productives que les xeròfiles. Tot i tenir una biomassa inferior, la quantitat de material vegetal que produeixen cada any és superior a la de les comunitats xeròfiles. Els camèfits parteixen cada any d'òrgans aeris preexistents i presenten gemmes a punt de desenvolupar-se, mentre que els hemicriptòfits han de renovar anualment el cos de la planta des d'arran de terra (Shmida i Burgess, 1988). Per tant, encara que el pes sec sigui més alt en els camèfits, la producció primària neta és superior en els hemicriptòfits.

Els resultats obtinguts demostren els efectes que té la variabilitat interanual de les precipitacions en la producció primària aèria neta. Durant el primer any (1993), la producció primària neta de la joncada, tot i tenir menys biomassa que el llistonar, va ser lleugerament més alta; l'abundància més gran de fòrbies que de camèfits fa que durant el període de creixement s'hi produeixi més biomassa nova. En canvi, el segon any, la pastura mesòfila va produir en el mateix període menys biomassa que la xeròfila. Les precipitacions escasses de la primavera de 1994, sobretot durant els mesos de maig i juny, juntament amb les temperatures elevades, van fer disminuir ràpidament la disponibilitat d'aigua del sòl, just en el moment en què les plantes poden créixer més. Als llistonars, la producció neta va ser del mateix ordre o, en algunes parcel·les, només lleugerament més baixa. La bona adaptació de les plantes a la sequera determina que la variabilitat interanual de les precipitacions afecti menys la producció de les pastures seques que la de les mesòfiles.

Els estudis fets per Paruelo *et al.* (1999) en pastures nord-americanes demostren que, arran de les fluctuacions de la precipitació, la producció primària aèria neta de les herbàcies mesòfiles varia més que la dels arbusts i de les plantes xeròfiles. Això indica que la resposta de l'ecosistema als canvis de precipitació és més acusada en els sistemes dominats per herbàcies mesòfiles que en els dominats per arbusts o herbàcies xeròfiles. Les pastures estudiades per nosaltres semblen tenir aquest mateix tipus de resposta.

9. Conclusions generals

En els turons i en els relleus marginals de la plana de Vic es troben representades deu comunitats pradenques diferents, agrupades en quatre aliances, quatre ordres i tres classes. Destaca la importància que hi tenen les plantes submediterrànies i mediterrànies de l'*Aphyllanthion* i de les unitats superiors, les quals penetren també en les comunitats que no pertanyen als *Ononido-Rosmarinetea* (*Brachypodio-Stipetum typicum* i *Euphrasio-Plantaginetum*). L'altre element florístic destacable són les plantes de *Thero-Brachypodietea*, majoritàriament teròfits, especialment freqüents en les quatre associacions d'aquesta classe.

Les comunitats pradenques de la Plana mostren una significació fitogeogràfica molt diversa, des de les pastures mesòfiles d'afinitat centreeuropea (*Euphrasio-Plantaginetum*), verdes tot l'estiu, amb poques plantes anuals i mates, que es fan als indrets més frescals i humits, fins als pradells terofítics dels *Thero-Brachypodietea*, típicament mediterranis i adaptats a un eixut estival considerable. Les comunitats més esteses són les vivaces de l'*Aphyllanthion*, que mostren un trànsit gradual des de les més mesòfiles (*Plantagini-Aphyllanthetum*), afins al *Bromion*, fins a les més xeròfiles, situades en els solells abruptes i erosionats (*Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi*), afins al *Rosmarino-Ericion*, o les que colonitzen les codines i els relleixos rocallosos (*Thymo-Globularietum*). Les comunitats mesoxeròfiles del *Brachypodio-Aphyllanthetum* fan la transició entre aquests grups. Les comunitats d'anuals hi ocupen una extensió reduïda i s'hi localitzen als indrets de sòl superficial. El desenvolupament progressiu del sòl a partir de la roca nua hi permet el pas dels pradells d'anuals de les codines (*Sedetum micrantho-sediformis*, *Helianthemum guttati*), sobre sòls incipients (5-10 cm), als altres prats d'anuals (*Brachypodio-Stipetum typicum*, *Brachypodio-Stipetum centaurietosum pulchelli*) de sòls un xic profunds (20-50 cm).

En els turons es donen condicions tèrmiques més extremes que les normals de la zona, especialment durant els mesos més càlids. Les diferències tèrmiques observades d'un lloc a l'altre en un mateix turó solen afectar més les temperatures màximes que les mínimes i són més accentuades durant els mesos d'estiu; cal atribuir-les a les diferències de radiació rebuda i als efectes del vent. Al solell l'amplitud tèrmica és més gran i les màximes i les mínimes prenen valors més extrems, mentre que a l'obaga les màximes i les mínimes són relativament moderades i l'amplitud tèrmica menys acusada. A la carena, els efectes del vent condicionen màximes més baixes que al solell, mentre que les mínimes hi són semblants o més baixes. Aquestes diferències deuen determinar condicions d'humitat atmosfèrica sensiblement diferenciades, les quals queden reflectides en el balanç hídric dels sòls del solell i de l'obaga.

La diversitat de característiques edàfiques està directament relacionada amb el relleu. La inclinació, l'exposició i la posició en el vessant influeixen directament en els factors microclimàtics, els fenòmens d'erosió i de sedimentació i l'activitat biològica, que condicionen els processos de formació i evolució dels sòls. Les comunitats mesòfiles es desenvolupen en sòls profunds de textura fina, poc pedregosos i amb força proporció de nitrogen i de matèria orgànica a la capa de màxim arrelament. En canvi, les comunitats xeròfiles es fan en sòls de profunditat mitjana, més pedregosos i de textura argil·loarenosa, molt carbonàtics i amb un contingut més baix de nitrogen i de matèria orgànica. Les comunitats d'annuals es fan damunt de sòls incipients, poc evolucionats, amb proporcions de nitrogen i de matèria orgànica semblants a les dels sòls de les pastures xeròfiles; sobre les margues, els sòls són carbonàtics, bàsics i de textura franca i francoargilosa, mentre que sobre els gresos tenen textura francoarenosa, estan descarbonatats i són lleugerament àcids.

L'evolució general de la humitat i del potencial hídric del sòl a la zona de màxim arrelament segueix la distribució de les precipitacions i l'evolució de les temperatures al llarg de l'any. Per a totes les comunitats es poden distingir tres períodes clarament diferenciats en l'aspecte funcional: un d'humit des del novembre fins a l'abril, amb bona disponibilitat d'aigua a les capes superiors del sòl; un segon període amb fort dèficit hídric els mesos de juliol i agost, i un tercer període de transició a final de primavera. En aquests dos últims períodes, que incideixen directament en el funcionament de les plantes, és quan hi ha més diferències entre comunitats. La disminució de la humitat és més ràpida i accentuada als prats d'annuals i a les pastures xeròfiles, i el dèficit hídric de l'estiu, menys accentuat a les mesòfiles. Amb les precipitacions dels mesos de setembre i octubre s'esdevé la recàrrega de la reserva d'aigua del sòl de manera sobtada a totes les comunitats. Les variacions interanuals dels factors climàtics (temperatures i precipitacions) determinen la durada i la intensitat del període de dèficit hídric del sòl.

La diversitat de composició florística i de distribució de les pastures és regida per les condicions microclimàtiques i per la diversitat de les característiques edàfiques, a través de la influència que aquestes tenen en la disponibilitat d'aigua del sòl. El règim hídric particular dels sòls segons les diferents situacions topogràfiques condiciona la composició florística de les comunitats. Les pastures mesòfiles es fan on les condicions hídriques són més favorables, sobretot durant la primavera, quan s'acompleixen el creixement i el desenvolupament de les plantes, mentre que les pastures xeròfiles es desenvolupen en indrets en què la disponibilitat d'aigua durant la primavera és més baixa, i el dèficit hídric de l'estiu, més acusat. Els pradells d'annuals viuen en sòls molt prims que s'assequen molt ràpidament a la primavera i queden completament secs durant un període més llarg.

El contingut i la disponibilitat d'aigua del sòl són més alts a les joncedes mesòfiles que als llistonars, i en els períodes humits, tardor i hivern i, sobretot, primavera, és quan les diferències són més importants. Durant tot l'any, la reserva d'aigua a les capes inferiors del sòl (20-50 cm) és més alta a les joncedes. A la zona superior (0-20 cm), durant la primavera la reserva d'aigua és també superior a les pastures mesòfiles; la resta de l'any les dues comunitats presenten valors similars.

La disponibilitat d'aigua del sòl condiciona indirectament la biomassa de cada tipus de comunitat, i ho fa a través de la composició florística, de les característiques de les espècies dominants i del patró de distribució de les formes de creixement. Als prats xeròfils (llistonars), amb poca reserva d'aigua a les capes inferiors del sòl i amb menys aigua disponible a la zona superficial (sobretot durant la primavera), hi predominen els camèfits i les plantes anuals, formes de creixement ben adaptades a viure amb poca aigua i més resistents al fort estrès hídric estival, mentre que a les joncedes, a causa de la disponibilitat d'aigua més alta durant la primavera i del fet de tenir una bona reserva hídrica a les capes inferiors del sòl durant tot l'any, hi dominen les plantes herbàcies mesòfiles (fòrbies i graminoides), amb teixits tendres, hidratats i poc lignificats. La dominància de *Brachypodium retusum*, que acumula una quantitat important de biomassa durant tot l'any, juntament amb les petites mates lignificades dels camèfits expliquen que la biomassa aèria dels llistonars sigui més alta que la de les joncedes mesòfiles, tant pel que fa a la biomassa total com al material vegetal viu i el material vegetal mort en peu.

Les variacions interanuals de la distribució i la intensitat de les precipitacions afecten més la producció primària de les joncedes que la dels llistonars. El dèficit hídric en l'estació de creixement és un factor limitant de la producció de biomassa nova, al qual són més sensibles les joncedes. En els llistonars, tant la gramínia dominant, *Brachypodium retusum*, com les mates llenyoses estan

més ben adaptades als recursos hídrics escassos durant l'estació de creixement, i probablement utilitzen l'aigua d'una manera més eficient. Les precipitacions regulars i més o menys abundoses el maig i el juny fan que la producció primària aèria sigui més gran a les joncedes; en canvi, si durant aquests mesos plou poc i les temperatures són altes, el dèficit hídric consegüent limita sobretot el creixement de les plantes herbàcies d'aquestes comunitats i en redueix la producció primària, fenomen que no es manifesta als llistonars.

Annexos

Annex 1. Registres de temperatures

A les taules A1.1, A1.2 i A1.3 es detallen les temperatures setmanals enregistrades a les tres estacions experimentals durant el període d'estudi. d. l.: data de lectura; T màx.: temperatura màxima; T mín.: temperatura mínima; T mitj.: temperatura mitjana; a. t.: amplitud tèrmica; (1,2): lectura dels termòmetres situats a 1,2 m d'alçada; (0,2): lectura dels termòmetres situats al peu de la cabina, a 0,2 m de terra.

TAULA A1.1
Registre de temperatures a l'estació del vessant nord (obaga)

<i>D. l.</i>	<i>Setmana</i>	<i>T màx.</i> <i>(1,2)</i>	<i>T mín.</i> <i>(1,2)</i>	<i>A. t. (1,2)</i>	<i>T mitj.</i> <i>(1,2)</i>	<i>T màx.</i> <i>(0,2)</i>	<i>T mín.</i> <i>(0,2)</i>	<i>A. t. (0,2)</i>	<i>T mitj.</i> <i>(0,2)</i>
21/4/85	1	21,0	8,5	12,5	14,8	21,0	3,0	18,0	12,0
4/5/85	2	29,0	3,0	26,0	16,0	33,0	3,0	30,0	18,0
12/5/85	3	22,5	-1,0	23,5	10,8	22,0	0,0	22,0	11,0
20/5/85	4	25,0	3,0	22,0	14,0	30,0	9,0	21,0	19,5
27/5/85	5	30,0	5,5	24,5	17,8	34,0	6,0	28,0	20,0
3/6/85	6	31,5	6,0	25,5	18,8	37,0	7,0	30,0	22,0
10/6/85	7	32,0	6,5	25,5	19,3	36,0	9,0	27,0	22,5
17/6/85	8	34,0	6,5	27,5	20,3	39,0	9,0	30,0	24,0
24/6/85	9	32,0	4,0	28,0	18,0	38,0	7,0	31,0	22,5
1/7/85	10	34,5	7,0	27,5	20,8	39,0	11,0	28,0	25,0
9/7/85	11	37,0	12,0	25,0	24,5	41,0	12,0	29,0	26,5
15/7/85	12	35,0	4,5	30,5	19,8	39,0	10,0	29,0	24,5
22/7/85	13	35,0	7,0	28,0	21,0	39,0	12,0	27,0	25,5
29/7/85	14	40,0	5,0	35,0	22,5	42,0	11,0	31,0	26,5
5/8/85	15	35,0	4,5	30,5	19,8	40,0	11,0	29,0	25,5
12/8/85	16	36,5	—	—	—	42,0	5,0	37,0	23,5
19/8/85	17	38,5	3,5	35,0	21,0	—	—	—	—
26/8/85	18	40,5	—	—	—	46,0	8,0	38,0	27,0
2/9/85	19	35,5	—	—	—	42,0	9,0	33,0	25,5
9/9/85	20	37,0	11,5	25,5	24,3	42,0	11,0	31,0	26,5
16/9/85	21	36,0	6,5	29,5	21,3	41,0	10,0	31,0	25,5
23/9/85	22	32,0	5,5	26,5	18,8	35,0	7,0	28,0	21,0
30/9/85	23	33,0	9,0	24,0	21,0	33,0	9,0	24,0	21,0
7/10/85	24	31,0	8,0	23,0	19,5	33,0	8,0	25,0	20,5
14/10/85	25	28,5	—	—	—	—	—	—	—
23/10/85	26	25,5	3,5	22,0	14,5	—	—	—	—
28/10/85	27	20,0	5,0	15,0	12,5	—	—	—	—
4/11/85	28	18,0	1,0	17,0	9,5	—	—	—	—
11/11/85	29	25,0	1,5	23,5	13,3	—	—	—	—
18/11/85	30	15,0	-4,5	19,5	5,3	16,0	-3,0	19,0	6,5
25/11/85	31	—	-7,0	—	—	8,0	-5,0	13,0	1,5
13/1/86	32	—	—	—	—	11,0	-5,0	16,0	3,0
20/1/86	33	11,0	-6,0	17,0	2,5	9,0	-6,0	15,0	1,5
27/1/86	34	12,0	-5,0	17,0	3,5	11,0	-6,0	17,0	2,5
2/2/86	35	9,0	-3,0	12,0	3,0	9,0	-3,0	12,0	3,0
10/2/86	36	5,0	-9,0	14,0	-2,0	9,0	-10,0	19,0	-0,5
17/2/86	37	13,0	-11,0	24,0	1,0	13,0	-11,0	24,0	1,0
24/2/86	38	17,0	-4,0	21,0	6,5	17,0	-4,0	21,0	6,5
3/3/86	39	16,0	1,0	15,0	8,5	17,0	1,0	16,0	9,0
10/3/86	40	19,0	-2,0	21,0	8,5	20,0	-2,0	22,0	9,0
17/3/86	41	—	—	—	—	22,0	-3,0	25,0	9,5
24/3/86	42	22,0	-3,0	25,0	9,5	22,0	-4,0	26,0	9,0
31/3/86	43	25,0	-2,0	27,0	11,5	26,0	-3,0	29,0	11,5
7/4/86	44	25,0	1,0	24,0	13,0	27,0	1,0	26,0	14,0
14/4/86	45	17,0	-4,0	21,0	6,5	19,0	-4,0	23,0	7,5

TAULA A1.1 (Continuació)

<i>D. l.</i>	<i>Setmana</i>	<i>T màx.</i> (1,2)	<i>T mín.</i> (1,2)	<i>A. t. (1,2)</i>	<i>T mitj.</i> (1,2)	<i>T màx.</i> (0,2)	<i>T mín.</i> (0,2)	<i>A. t. (0,2)</i>	<i>T mitj.</i> (0,2)
21/4/86	46	20,0	-2,0	22,0	9,0	23,0	-2,0	25,0	10,5
28/4/86	47	29,0	1,0	28,0	15,0	27,0	2,0	25,0	14,5
5/5/86	48	27,0	2,0	25,0	14,5	31,0	2,0	29,0	16,5
2/5/86	49	33,0	4,0	29,0	18,5	36,0	4,0	32,0	20,0
19/5/86	50	34,0	7,0	27,0	20,5	39,0	6,0	33,0	22,5
26/5/86	51	35,0	9,0	26,0	22,0	38,0	8,0	30,0	23,0
2/6/86	52	30,0	4,0	26,0	17,0	31,0	3,0	28,0	17,0
9/6/86	53	31,0	7,0	24,0	19,0	36,0	6,0	30,0	21,0
16/6/86	54	32,0	9,0	23,0	20,5	35,0	8,0	27,0	21,5
23/6/86	55	34,0	11,0	23,0	22,5	40,0	11,0	29,0	25,5
1/7/86	56	40,0	11,0	29,0	25,5	44,0	10,0	34,0	27,0
7/7/86	57	37,0	12,0	25,0	24,5	42,0	11,0	31,0	26,5
14/7/86	58	38,0	10,0	28,0	24,0	42,0	10,0	32,0	26,0
22/7/86	59	38,0	9,0	29,0	23,5	42,0	9,0	33,0	25,5
28/7/86	60	38,0	14,0	24,0	26,0	42,0	13,0	29,0	27,5
14/8/86	61	41,0	13,0	28,0	27,0	44,0	12,0	32,0	28,0
18/8/86	62	39,0	15,0	24,0	27,0	44,0	14,0	30,0	29,0
26/8/86	63	39,0	14,0	25,0	26,5	39,0	13,0	26,0	26,0
1/9/86	64	36,0	10,0	26,0	23,0	40,0	8,0	32,0	24,0
11/9/86	65	35,0	13,0	22,0	24,0	37,0	12,0	25,0	24,5
15/9/86	66	32,0	12,0	20,0	22,0	33,0	12,0	21,0	22,5
22/9/86	67	31,0	13,0	18,0	22,0	32,0	12,0	20,0	22,0
29/9/86	68	31,0	7,0	24,0	19,0	32,0	7,0	25,0	19,5
6/10/86	69	26,0	12,0	14,0	19,0	26,0	11,0	15,0	18,5
13/10/86	70	27,0	9,0	18,0	18,0	27,0	9,0	18,0	18,0
20/10/86	71	25,0	9,0	16,0	17,0	25,0	8,0	17,0	16,5
27/10/86	72	22,0	0,0	22,0	11,0	21,5	0,0	21,5	10,8
3/11/86	73	16,0	-3,0	19,0	6,5	18,0	-4,0	22,0	7,0
10/11/86	74	16,0	-4,0	20,0	6,0	—	-3,0	—	—
17/11/86	75	18,0	3,0	15,0	10,5	18,0	3,0	15,0	10,5
24/11/86	76	16,0	-1,0	17,0	7,5	15,0	-1,0	16,0	7,0
1/12/86	77	13,0	-4,0	17,0	4,5	11,0	-4,0	15,0	3,5
15/12/86	78	13,0	-4,0	17,0	4,5	—	—	—	—
22/12/86	79	10,0	-5,0	15,0	2,5	—	—	—	—
29/12/86	80	8,0	-7,0	15,0	0,5	—	—	—	—
6/1/87	81	12,0	-7,0	19,0	2,5	—	—	—	—
11/1/87	82	7,0	-10,0	17,0	-1,5	—	—	—	—
18/1/87	83	9,0	-9,5	18,5	-0,3	—	—	—	—
25/1/87	84	—	—	—	—	6,0	-11,0	17,0	-2,5
1/2/87	85	—	—	—	—	13,0	-1,0	14,0	6,0
8/2/87	86	—	—	—	—	16,0	-2,0	18,0	7,0
15/2/87	87	—	—	—	—	17,0	-3,0	20,0	7,0
22/2/87	88	—	—	—	—	11,0	-12,0	23,0	-0,5
2/3/87	89	—	—	—	—	23,0	-3,0	26,0	10,0

TAULA A1.2
Registre de temperatures a l'estació de la carena

<i>D. l.</i>	<i>Setmana</i>	<i>T màx.</i> <i>(1,2)</i>	<i>T mín.</i> <i>(1,2)</i>	<i>A. t. (1,2)</i>	<i>T mitj.</i> <i>(1,2)</i>	<i>T màx.</i> <i>(0,2)</i>	<i>T mín.</i> <i>(0,2)</i>	<i>A. t. (0,2)</i>	<i>T mitj.</i> <i>(0,2)</i>
21/4/85	1	22,5	—	—	—	25,0	1,0	24,0	13,0
4/5/85	2	29,0	—	—	—	29,0	2,0	27,0	15,5
12/5/85	3	23,5	—	—	—	24,0	-1,0	25,0	11,5
20/5/85	4	25,0	—	—	—	27,0	2,0	25,0	14,5
27/5/85	5	29,5	5,5	24,0	17,5	30,0	5,0	25,0	17,5
3/6/85	6	32,5	9,0	23,5	20,8	39,0	—	—	—
10/6/85	7	32,5	7,0	25,5	19,8	35,0	6,0	29,0	20,5
17/6/85	8	33,0	8,0	25,0	20,5	31,0	8,0	23,0	19,5
24/6/85	9	30,5	5,5	25,0	18,0	32,0	6,0	26,0	19,0
1/7/85	10	34,0	9,5	24,5	21,8	34,0	11,0	23,0	22,5
9/7/85	11	37,0	10,0	27,0	23,5	37,0	11,0	26,0	24,0
15/7/85	12	35,5	8,5	27,0	22,0	31,0	10,0	21,0	20,5
22/7/85	13	35,0	11,0	24,0	23,0	36,0	12,0	24,0	24,0
29/7/85	14	40,0	10,5	29,5	25,3	42,0	10,0	32,0	26,0
5/8/85	15	37,0	10,5	26,5	23,8	39,0	11,0	28,0	25,0
12/8/85	16	36,5	5,0	31,5	20,8	37,0	4,0	33,0	20,5
19/8/85	17	37,0	11,5	25,5	24,3	39,0	11,0	28,0	25,0
26/8/85	18	40,5	7,0	33,5	23,8	41,0	7,0	34,0	24,0
2/9/85	19	35,5	7,5	28,0	21,5	38,0	7,0	31,0	22,5
9/9/85	20	37,0	10,0	27,0	23,5	39,0	10,0	29,0	24,5
16/9/85	21	—	9,0	—	—	39,0	9,0	30,0	24,0
23/9/85	22	33,5	4,5	29,0	19,0	35,0	6,0	29,0	20,5
30/9/85	23	36,5	8,5	28,0	22,5	38,0	9,0	29,0	23,5
7/10/85	24	34,5	5,5	29,0	20,0	36,0	6,0	30,0	21,0
14/10/85	25	32,0	—	—	—	29,0	3,0	26,0	16,0
23/10/85	26	23,0	3,5	19,5	13,3	29,0	3,0	26,0	16,0
28/10/85	27	22,0	5,0	17,0	13,5	23,0	4,5	18,5	13,8
4/11/85	28	20,5	2,0	18,5	11,3	20,0	0,0	20,0	10,0
11/11/85	29	28,0	2,0	26,0	15,0	29,0	1,0	28,0	15,0
18/11/85	30	21,0	-5,5	26,5	7,8	20,0	-5,0	25,0	7,5
25/11/85	31	—	—	—	—	—	—	—	—
13/1/86	32	12,0	-5,0	17,0	3,5	—	-7,0	—	—
20/1/86	33	11,0	-4,0	15,0	3,5	11,0	-8,0	19,0	1,5
27/1/86	34	18,0	-5,0	23,0	6,5	19,0	-8,0	27,0	5,5
2/2/86	35	11,0	-3,0	14,0	4,0	11,0	-3,0	14,0	4,0
10/2/86	36	2,0	-9,0	11,0	-3,5	5,0	-12,0	17,0	-3,5
17/2/86	37	15,0	-11,0	26,0	2,0	15,0	-13,0	28,0	1,0
24/2/86	38	20,0	-4,0	24,0	8,0	22,0	-8,0	30,0	7,0
3/3/86	39	17,0	1,0	16,0	9,0	18,0	-2,0	20,0	8,0
10/3/86	40	21,0	-1,0	22,0	10,0	21,0	-4,0	25,0	8,5
17/3/86	41	—	—	—	—	22,0	-6,0	28,0	8,0
24/3/86	42	22,5	-5,5	28,0	8,5	24,0	-6,0	30,0	9,0
31/3/86	43	25,5	-5,0	30,5	10,3	27,0	-6,0	33,0	10,5
7/4/86	44	25,0	-1,5	26,5	11,8	26,0	-2,0	28,0	12,0
14/4/86	45	20,0	-5,0	25,0	7,5	21,0	-6,0	27,0	7,5

TAULA A1.2 (Continuació)

D. l.	Setmana	T màx. (1,2)	T mín. (1,2)	A. t. (1,2)	T mitj. (1,2)	T màx. (0,2)	T mín. (0,2)	A. t. (0,2)	T mitj. (0,2)
21/4/86	46	22,0	-4,0	26,0	9,0	25,0	-5,0	30,0	10,0
28/4/86	47	26,5	-1,5	28,0	12,5	28,0	-1,0	29,0	13,5
5/5/86	48	28,0	0,0	28,0	14,0	29,0	0,0	29,0	14,5
2/5/86	49	34,5	0,5	34,0	17,5	39,0	2,0	37,0	20,5
19/5/86	50	35,0	4,0	31,0	19,5	30,0	3,0	27,0	16,5
26/5/86	51	35,5	5,0	30,5	20,3	36,0	6,0	30,0	21,0
2/6/86	52	33,0	0,0	33,0	16,5	35,0	0,5	34,5	17,8
9/6/86	53	30,5	3,0	27,5	16,8	30,0	4,0	26,0	17,0
16/6/86	54	33,5	5,5	28,0	19,5	33,0	5,0	28,0	19,0
23/6/86	55	35,5	8,5	27,0	22,0	35,0	11,0	24,0	23,0
1/7/86	56	41,0	7,0	34,0	24,0	42,0	8,0	34,0	25,0
7/7/86	57	39,0	9,0	30,0	24,0	40,0	10,0	30,0	25,0
14/7/86	58	38,0	10,0	28,0	24,0	41,0	9,0	32,0	25,0
22/7/86	59	39,0	7,0	32,0	23,0	39,0	7,0	32,0	23,0
28/7/86	60	38,0	13,0	25,0	25,5	32,0	11,0	21,0	21,5
14/8/86	61	41,0	12,0	29,0	26,5	41,0	11,0	30,0	26,0
18/8/86	62	41,0	14,0	27,0	27,5	42,0	12,0	30,0	27,0
26/8/86	63	41,0	13,0	28,0	27,0	41,0	12,0	29,0	26,5
1/9/86	64	38,0	8,0	30,0	23,0	39,0	8,0	31,0	23,5
11/9/86	65	34,0	12,0	22,0	23,0	29,0	10,0	19,0	19,5
15/9/86	66	33,0	12,0	21,0	22,5	32,0	11,0	21,0	21,5
22/9/86	67	33,0	12,0	21,0	22,5	32,0	11,0	21,0	21,5
29/9/86	68	34,0	7,0	27,0	20,5	33,0	5,0	28,0	19,0
6/10/86	69	30,0	9,0	21,0	19,5	29,0	9,0	20,0	19,0
13/10/86	70	30,0	9,0	21,0	19,5	29,0	7,0	22,0	18,0
20/10/86	71	25,0	9,0	16,0	17,0	26,0	7,0	19,0	16,5
27/10/86	72	23,0	-1,0	24,0	11,0	23,0	-1,0	24,0	11,0
3/11/86	73	—	—	—	—	23,0	-6,0	29,0	8,5
10/11/86	74	—	—	—	—	18,0	-6,5	24,5	5,8
17/11/86	75	20,0	3,0	17,0	11,5	20,0	2,0	18,0	11,0
24/11/86	76	19,0	-2,0	21,0	8,5	17,0	-3,0	20,0	7,0
1/12/86	77	16,0	-5,0	21,0	5,5	15,0	-6,0	21,0	4,5
15/12/86	78	—	—	—	—	13,0	-7,0	20,0	3,0
22/12/86	79	—	—	—	—	13,0	-8,0	21,0	2,5
29/12/86	80	—	—	—	—	16,0	-12,5	28,5	1,8
6/1/87	81	—	—	—	—	18,0	-11,0	29,0	3,5
11/1/87	82	—	—	—	—	10,0	-15,0	25,0	-2,5
18/1/87	83	—	—	—	—	12,0	-11,0	23,0	0,5
25/1/87	84	—	—	—	—	11,0	-12,0	23,0	-0,5
1/2/87	85	—	—	—	—	12,0	-3,0	15,0	4,5
8/2/87	86	—	—	—	—	19,0	-4,0	23,0	7,5
15/2/87	87	—	—	—	—	20,0	-6,0	26,0	7,0
22/2/87	88	—	—	—	—	15,0	-14,0	29,0	0,5
2/3/87	89	—	—	—	—	23,0	-6,0	29,0	8,5

TAULA A1.3
Registre de temperatures a l'estació del vessant sud (solell)

<i>D. l.</i>	<i>Setmana</i>	<i>T màx.</i> (1,2)	<i>T mín.</i> (1,2)	<i>A. t. (1,2)</i>	<i>T mitj.</i> (1,2)	<i>T màx.</i> (0,2)	<i>T mín.</i> (0,2)	<i>A. t. (0,2)</i>	<i>T mitj.</i> (0,2)
21/4/85	1	24,5	9,0	15,5	16,8	27,0	10,0	17,0	18,5
4/5/85	2	30,5	3,0	27,5	16,8	32,0	3,0	29,0	17,5
12/5/85	3	23,5	0,5	23,0	12,0	21,0	1,0	20,0	11,0
20/5/85	4	27,0	2,5	24,5	14,8	29,0	4,0	25,0	16,5
27/5/85	5	31,5	4,5	27,0	18,0	34,0	6,0	28,0	20,0
3/6/85	6	32,5	6,0	26,5	19,3	36,0	8,0	28,0	22,0
10/6/85	7	33,5	6,0	27,5	19,8	36,0	10,0	26,0	23,0
17/6/85	8	34,0	6,5	27,5	20,3	36,0	10,0	26,0	23,0
24/6/85	9	32,0	3,5	28,5	17,8	37,0	8,0	29,0	22,5
1/7/85	10	34,5	7,0	27,5	20,8	37,0	12,0	25,0	24,5
9/7/85	11	38,5	8,0	30,5	23,3	42,0	13,0	29,0	27,5
15/7/85	12	37,0	4,5	32,5	20,8	39,0	11,0	28,0	25,0
22/7/85	13	36,5	7,0	29,5	21,8	40,0	13,0	27,0	26,5
29/7/85	14	41,5	5,0	36,5	23,3	44,0	12,0	32,0	28,0
5/8/85	15	38,0	4,5	33,5	21,3	44,0	12,0	32,0	28,0
12/8/85	16	38,5	—	—	—	41,0	7,0	34,0	24,0
19/8/85	17	39,5	4,0	35,5	21,8	43,0	13,0	30,0	28,0
26/8/85	18	40,0	—	—	—	42,0	9,0	33,0	25,5
2/9/85	19	37,5	—	—	—	41,0	10,0	31,0	25,5
9/9/85	20	40,0	11,0	29,0	25,5	42,0	12,0	30,0	27,0
16/9/85	21	35,5	6,5	29,0	21,0	41,0	11,0	30,0	26,0
23/9/85	22	35,0	5,5	29,5	20,3	37,0	7,0	30,0	22,0
30/9/85	23	33,5	6,0	27,5	19,8	30,0	7,0	23,0	18,5
7/10/85	24	37,0	6,5	30,5	21,8	40,0	8,0	32,0	24,0
14/10/85	25	35,0	—	—	—	32,0	5,0	27,0	18,5
23/10/85	26	31,5	3,5	28,0	17,5	33,0	5,0	28,0	19,0
28/10/85	27	25,0	4,5	20,5	14,8	21,0	6,0	15,0	13,5
4/11/85	28	21,5	1,0	20,5	11,3	22,0	2,0	20,0	12,0
11/11/85	29	32,0	3,0	29,0	17,5	33,0	3,0	30,0	18,0
18/11/85	30	20,5	-5,0	25,5	7,8	22,0	-4,0	26,0	9,0
25/11/85	31	—	—	—	—	—	—	—	—
13/1/86	32	13,0	-5,5	18,5	3,8	9,0	-5,0	14,0	2,0
20/1/86	33	19,5	-7,5	27,0	6,0	20,0	-6,0	26,0	7,0
27/1/86	34	22,0	-6,5	28,5	7,8	22,0	-6,0	28,0	8,0
2/2/86	35	10,5	-5,5	16,0	2,5	10,0	-3,0	13,0	3,5
10/2/86	36	8,0	-12,0	20,0	-2,0	9,0	-11,0	20,0	-1,0
17/2/86	37	17,0	-13,0	30,0	2,0	18,0	-12,0	30,0	3,0
24/2/86	38	22,0	-6,0	28,0	8,0	21,0	-6,0	27,0	7,5
3/3/86	39	19,5	-1,0	20,5	9,3	20,0	0,0	20,0	10,0
10/3/86	40	22,0	-4,5	26,5	8,8	22,0	-3,0	25,0	9,5
17/3/86	41	—	—	—	—	28,0	1,0	27,0	14,5
24/3/86	42	26,0	-3,0	29,0	11,5	27,0	-4,0	31,0	11,5
31/3/86	43	30,0	-2,0	32,0	14,0	33,0	-3,0	36,0	15,0
7/4/86	44	28,0	1,0	27,0	14,5	31,0	-1,0	32,0	15,0
14/4/86	45	24,0	-4,0	28,0	10,0	27,0	-5,0	32,0	11,0

TAULA A1.3 (Continuació)

<i>D. l.</i>	<i>Setmana</i>	<i>T màx.</i> <i>(1,2)</i>	<i>T mín.</i> <i>(1,2)</i>	<i>A. t. (1,2)</i>	<i>T mitj.</i> <i>(1,2)</i>	<i>T màx.</i> <i>(0,2)</i>	<i>T mín.</i> <i>(0,2)</i>	<i>A. t. (0,2)</i>	<i>T mitj.</i> <i>(0,2)</i>
21/4/86	46	26,0	-2,0	28,0	12,0	30,0	-3,0	33,0	13,5
28/4/86	47	31,0	1,0	30,0	16,0	34,0	0,0	34,0	17,0
5/5/86	48	32,0	1,0	31,0	16,5	35,0	1,0	34,0	18,0
2/5/86	49	37,0	4,0	33,0	20,5	38,0	3,0	35,0	20,5
19/5/86	50	38,0	6,0	32,0	22,0	42,0	6,0	36,0	24,0
26/5/86	51	38,0	9,0	29,0	23,5	43,0	8,0	35,0	25,5
2/6/86	52	35,0	3,0	32,0	19,0	37,0	3,0	34,0	20,0
9/6/86	53	35,0	6,0	29,0	20,5	36,0	6,0	30,0	21,0
16/6/86	54	35,0	7,0	28,0	21,0	37,0	7,0	30,0	22,0
23/6/86	55	40,0	11,0	29,0	25,5	41,0	11,0	30,0	26,0
1/7/86	56	44,0	11,0	33,0	27,5	46,0	11,0	35,0	28,5
7/7/86	57	43,0	12,0	31,0	27,5	48,0	12,0	36,0	30,0
14/7/86	58	41,0	10,0	31,0	25,5	43,0	10,0	33,0	26,5
22/7/86	59	42,0	7,0	35,0	24,5	41,0	7,0	34,0	24,0
28/7/86	60	42,0	13,0	29,0	27,5	45,0	13,0	32,0	29,0
14/8/86	61	43,0	13,0	30,0	28,0	49,0	13,0	36,0	31,0
18/8/86	62	45,0	14,0	31,0	29,5	49,0	14,0	35,0	31,5
26/8/86	63	46,0	14,0	32,0	30,0	49,0	14,0	35,0	31,5
1/9/86	64	42,0	9,0	33,0	25,5	42,0	9,0	33,0	25,5
11/9/86	65	37,0	12,0	25,0	24,5	40,0	12,0	28,0	26,0
15/9/86	66	37,0	12,0	25,0	24,5	39,0	12,0	27,0	25,5
22/9/86	67	37,0	12,0	25,0	24,5	38,0	12,0	26,0	25,0
29/9/86	68	39,0	7,0	32,0	23,0	41,0	7,0	34,0	24,0
6/10/86	69	32,0	10,0	22,0	21,0	30,0	10,0	20,0	20,0
13/10/86	70	33,0	9,0	24,0	21,0	33,0	9,0	24,0	21,0
20/10/86	71	27,0	9,0	18,0	18,0	26,0	8,0	18,0	17,0
27/10/86	72	29,0	1,0	28,0	15,0	28,0	0,0	28,0	14,0
3/11/86	73	25,0	-3,0	28,0	11,0	24,0	-4,0	28,0	10,0
10/11/86	74	21,5	-4,0	25,5	8,8	18,0	-5,0	23,0	6,5
17/11/86	75	22,0	4,0	18,0	13,0	22,0	3,0	19,0	12,5
24/11/86	76	23,0	0,0	23,0	11,5	21,0	-2,0	23,0	9,5
1/12/86	77	19,0	-3,0	22,0	8,0	16,0	-4,0	20,0	6,0
15/12/86	78	16,0	-5,0	21,0	5,5	13,0	-6,0	19,0	3,5
22/12/86	79	16,0	-6,0	22,0	5,0	12,0	-7,0	19,0	2,5
29/12/86	80	23,5	-9,0	32,5	7,3	22,0	-11,0	33,0	5,5
6/1/87	81	17,0	-7,0	24,0	5,0	15,0	-8,0	23,0	3,5
11/1/87	82	16,0	-10,0	26,0	3,0	15,0	-13,0	28,0	1,0
18/1/87	83	19,0	-9,0	28,0	5,0	16,0	-9,0	25,0	3,5
25/1/87	84	13,0	-9,0	22,0	2,0	11,0	-9,0	20,0	1,0
1/2/87	85	20,0	-0,5	20,5	9,8	18,0	-2,0	20,0	8,0
8/2/87	86	21,5	-1,0	22,5	10,3	19,0	-2,0	21,0	8,5
15/2/87	87	24,0	-2,0	26,0	11,0	22,0	-4,0	26,0	9,0
22/2/87	88	20,0	-10,5	30,5	4,8	20,5	-12,5	33,0	4,0
2/3/87	89	25,0	-3,0	28,0	11,0	26,0	-4,5	30,5	10,8

Annex 2. Resultats de les anàlisis fisicoquímiques dels sòls

TAULA A2.1

Resultats de l'anàlisi granulomètrica dels sòls: percentatge de graves i percentatge de cadascuna de les fraccions. Fr: franca; Fr-Arg-Ll: francoargil·l·limosa; Fr-Arg-Are: Francoargil·loarenosa; Fr-Arg: francoargil·losa. EUP: Euphrasio-Plantaginethum mediae; PLAP: Plantagini-Aphyllanthetum; BRAPt: Brachypodio-Aphyllanthetum typicum; BRAPbr: Brachypodio-Aphyllanthetum brachypodietosum retusi; THYG: Thymo-Globularietum cordifoliae; BRASTr: Brachypodio Stipetum typicum; BRASTrc: Brachypodio Stipetum centaurietosum pulchelli; SEDT: Sedetum micrantho-sediformis; HELG: Helianthemum guttati

Tipus de comunitat	Mostra	Graves (%) ($\varnothing > 2mm$)	Sorra grollera (%) ($2 < \varnothing < 0,5$)	Sorra fina (%) ($0,5 < \varnothing < 0,05$)	Sorra total (%)	Llim groller (%) ($0,05 < \varnothing < 0,02$)	Llim fi (%) ($0,02 < \varnothing < 0,002$)	Llim total (%)	Argila (%) ($\varnothing < 0,002$)	Classe textural (USDA)
EUPL	1	0,28	2,68	27,56	30,24	18,00	23,21	41,21	28,51	Fr-Arg
	2	5,80	20,33	12,01	32,34	10,79	24,85	35,64	32,02	Fr-Arg
	3	0,27	1,77	10,14	11,19	21,10	35,43	56,53	31,55	Fr-Arg-Ll
	7	0,63	1,41	9,90	11,31	17,52	36,94	54,46	34,22	Fr-Arg-Ll
PLAP	4	1,70	2,77	14,61	17,38	21,46	32,55	54,01	28,61	Fr-Arg-Ll
	5	0,08	2,33	15,58	17,91	21,90	31,50	53,40	28,69	Fr-Arg-Ll
	6	0,06	0,29	19,77	20,06	13,35	43,43	56,78	23,15	Fr-llimosa
	8	3,38	19,31	24,49	43,80	9,61	24,55	34,16	22,04	Franca
BRAPt	10	1,44	3,38	20,07	23,45	17,11	29,19	46,30	30,17	Fr-Arg
	9	27,63	20,65	28,90	49,55	13,54	15,83	29,37	21,07	Fr-Arg-Are
BRAPbr	11	24,39	28,85	23,10	51,95	11,15	15,56	26,71	21,34	Fr-Arg-Are
	12	15,63	14,16	38,78	52,94	9,86	15,99	25,85	21,20	Fr-Arg-Are
	13	16,78	16,62	10,93	35,65	16,90	23,02	39,92	24,43	Fr-Arg
	14	17,65	26,59	17,25	43,84	11,12	23,03	34,15	22,01	Franca
THYG	25	2,52	5,76	18,93	24,69	15,04	34,32	49,36	25,95	Fr-Arg
	17	22,40	27,03	23,60	50,63	10,45	16,99	27,44	21,93	Fr-Arg-Are
BRSTt	18	18,28	19,75	23,09	42,84	15,50	16,56	32,06	25,09	Fr-Arg
	15	9,41	27,06	23,89	50,95	11,05	17,16	28,21	20,83	Fr-Arg-Are
BRSTc	16	17,67	11,37	24,84	36,21	17,18	22,67	39,85	23,94	Franca
	22	0,16	3,74	42,01	45,75	14,52	18,22	32,74	21,51	Franca
	23	9,32	19,32	15,97	35,29	10,75	25,95	36,70	28,01	Fr-Arg
	24	0,35	3,46	33,52	36,98	16,60	26,40	43,00	20,01	Franca
SEDT	19	8,79	21,32	22,49	43,81	12,67	19,28	31,95	24,23	Franca
HELG	20	6,55	59,36	13,91	73,27	4,98	5,03	10,01	16,71	Fr-arenosa
	21	1,42	53,72	24,24	77,96	4,86	4,81	9,67	12,37	Fr-arenosa

TAULA A2.2

Resultats de les anàlisis fisicoquímiques de les mostres de sòls a la zona de màxim arrelament (5–10 cm). DA: densitat aparent; pH (H₂O); pH en aigua (1:2,5); pH (ClK): pH en clorur potàssic (1:2,5); C total: carboni total; Corg: carboni orgànic; m. o.: matèria orgànica; C/N, relació carboni/nitrogen. Els codis de les comunitats són els emprats en la taula A2.1

Tipus de comunitat	Mostra	DA	pH (H ₂ O)	pH (ClK)	pH _{H₂O} - pH _{ClK}	Carbonats (%)	Nitrogen (%)	C total (%)	Corg (%)	M. o. (%)	C/N
EUPL	1	0,87	7,8	7,2	0,6	16,1	0,4737	7,3393	5,4061	9,32	11,41
	2	1,01	7,7	6,9	0,8	20,9	0,3506	6,551	4,0358	6,96	11,51
	3	0,88	8,0	7,1	0,9	19,4	0,3842	6,3424	4,0192	6,93	10,46
	7	0,58	7,8	7,2	0,6	23,6	0,4769	7,8218	4,9958	8,61	10,48
PLAP	4	1,02	7,8	7,3	0,5	18,2	0,3963	6,6023	4,4183	7,62	11,15
	5	1,01	7,8	7,0	0,8	28,1	0,3981	8,4288	5,0556	8,72	12,70
	6	0,86	8,0	7,3	0,7	30,2	0,2149	6,5127	2,8911	4,98	13,45
	8	1,06	8,0	7,5	0,5	41,5	0,2125	7,3974	2,4186	4,17	11,38
	10	0,77	7,9	7,4	0,5	16,6	0,4068	6,8369	4,8497	8,36	11,92
BRAPt	9	0,96	8,1	7,4	0,8	15,0	0,2015	3,9265	2,1277	3,67	10,56
	11	0,94	7,9	7,2	0,7	40,7	0,2804	7,8232	2,9404	5,07	10,49
BRAPbr	12	0,92	8,1	7,6	0,5	28,1	0,2292	5,6253	2,2521	3,88	9,83
	13	1,04	7,8	7,3	0,5	36,0	0,3103	7,0536	2,7288	4,70	8,79
	14	0,83	8,0	7,4	0,6	47,7	0,2609	8,5169	2,7989	4,83	10,73
	25	1,17	8,0	7,7	0,3	31,9	0,1943	6,1755	2,3415	4,04	12,05
THYG	17	1,09	8,0	7,3	0,7	48,9	0,3071	9,0406	3,1738	5,47	10,33
	18	0,97	8,0	7,5	0,5	41,3	0,3626	8,2615	3,3043	5,70	9,11
BRSTt	15	0,79	7,9	7,1	0,8	40,0	0,2746	7,8991	3,1027	5,35	11,30
	16	1,06	8,1	7,2	0,9	34,2	0,2472	6,7636	2,656	4,58	10,74
BRSTc	22	1,22	7,5	7,2	0,3	16,3	0,2327	4,2987	2,3391	4,03	10,05
	23	0,82	7,5	7,0	0,5	33,5	0,4451	8,133	4,1142	7,09	9,24
	24	1,38	7,9	7,5	0,4	34,4	0,1736	6,5891	2,4599	4,24	14,17
SEDT	19	0,94	7,9	7,1	0,8	34,2	0,3745	8,2859	4,1843	7,21	11,17
HELG	20	1,14	6,6	6,0	0,6	0,1	0,2764	3,5663	3,5555	6,13	12,86
	21	1,54	6,7	5,5	1,2	0,0	0,106	0,8444	0,8444	1,46	7,97

Annex 3. Descripció i classificació dels perfils edàfics corresponents a les joncedes mesòfiles i als llistonars

DA: densitat aparent; DR: densitat real; CE: conductivitat elèctrica; C: carboni; m. o.: matèria orgànica; N Kj: nitrogen Kjeldhal; C/N: relació carboni/nitrogen; assim: assimilable; P: fòsfor; K: potassi; Mg: magnesi; CIC: capacitat d'intercanvi catiònic.

PERFIL MA1

Altitud: 560 m

Localitat: serrat de Cal Cabaler, Malla

Orientació: SE

Pendent: 2-5°

UTM: DG3538

Substrat: material col·luvial sobre margues

Vegetació: joncada mesòfila, amb *Brachypodium phoenicoides* (*Plantagini-Aphyllanthetum*)Classificació (Soil Survey Staff, 1975): *Typic Ustochrept**Descripció dels horitzons*

<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat</i>	<i>Descripció</i>
0	-2-0 cm	
A1	0-10 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 4/20, en humit 10YR 3/2. Molt orgànic, amb molta densitat d'arrels, fines, mitjanes i rizomes, i presència de micorizes. Poques pedres. Textura franca. Material no coherent, adherent i lleugerament plàstic. Estructura granular amb agregats subangulars fins. No cimentat. Efervescència amb HCl. Límit inferior net definit per la densitat d'arrels.
A2	10-20 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 5/20, en humit 2.5Y 4/3. Rels abundants, fines, mitjanes i gruixudes, i presència de micorizes. Poques pedres. Textura franca. Material no coherent, adherent i plàstic. Estructura granular, poc compacta i esponjosa, amb agregats subangulars mitjans. Efervescència amb HCl. Límit inferior net definit pel canvi de color i per la densitat d'arrels.
Bw	20-35 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 6/25, en humit 2.5Y 5/3. Rels mitjanes i fines freqüents, menys que l'anterior; presència de micorizes. Amb algunes pedres. Textura franca. Material poc compacte, molt adherent i lleugerament plàstic. Estructura granular amb agregats subangulars grollers, una mica durs i aspres al tacte. Activitat biològica intensa amb molts turrícoles. Presència de pseudomicelis. Efervescència amb HCl. Límit inferior net, definit pel canvi de duresa.
B/C	35-70 cm	Sec. Color en sec 2.5Y 6/3, en humit 2.5Y 5/3. Poques rels. Pedres freqüents, concentrades a dos nivells: a 40 i a 70 cm. Textura franca. Material compacte, molt adherent i plàstic. Estructura poc definida, més compacte, amb agregats irregulars. Presència de turrícoles i pseudomicelis abundants. Efervescència amb HCl. Presència de calitxos. Sense taques. Límit inferior net definit per un canvi d'estructura i de duresa.
C1	70-150 cm	Sec. Color en sec 2.5Y 6/3, en humit 2.5Y 5/3. Presenta algunes rels fines disperses. Amb algunes pedres irregulars. Textura francollimosa. Material compacte, dur, molt adherent i molt plàstic. Estructura poc definida, granular porosa, amb agregats grossos irregulars, i tacte més o menys esponjós i pulverulent. Poca activitat biològica, amb pocs turrícoles. Presència de pseudomicelis. Efervescència amb HCl. Presència de calitxos. Límit inferior poc definit, canvi gradual de color.

- C2 150-300 cm Sec. Color en sec 2.5Y 6/3, en humit 2.5Y 5/3. Presenta algunes rels fines, cada vegada més escasses en profunditat. Algunes pedres irregulars. Textura franca. Material compacte, molt adherent i plàstic. Estructura amb agregats grollers i durs, amb aspecte pulverulent en trencar-los. Activitat biològica molt baixa. Efervescència amb HCl. Alguns calitxos. El límit inferior és la marga.

Comentari general del perfil

Sòl ben estructurat, desenvolupat sobre un paquet de sediments profund sobre la marga (que es troba a uns 3 m de fondària). Situat a la part baixa del vessant del turó. Té un alt contingut de matèria orgànica i textura franca, i és poc pedregós i ric en carbonats.

Característiques físicoquímiques dels horitzons

Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres (%) (0,05 < Ø < 2)	Llims (%) (0,002 < Ø < 0,05)	Argiles (%) (Ø < 0,002)	Classe textural (USDA)	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	Porositat (%)
A1	0-10	2,2	32,6	44,2	23,2	Franca	0,98	2,11	53,49
A2	10-20	3,6	32,2	46,6	21,2	Franca	1,42	2,26	37,1
Bw	20-35	1,7	33,6	44,6	21,8	Franca	1,46	2,31	38,99
B/C	35-70	5,5	33,4	45,5	21,3	Franca	1,47	2,43	39,52
C1	70-150	3,0	27,7	52,7	19,7	Fr-Ll ¹	1,52	2,52	39,82
C2	150-300	2,72	40,1	45,6	14,3	Franca	1,56	2,61	40,07

Horitzó	Profunditat (cm)	pH (H ₂ O) 1/2,5	pH (KCl) 1/2,5	CE 25 °C (dS/m) 1/5	Calcària activa (%)	Carbonats (% CaCO ₃)	Color en sec	Color en humit
A1	0-10	7,9	7,5	0,21	10,2	25,1	10YR 4/20	10YR 3/2
A2	10-20	8,2	7,6	0,18	9,3	36,1	2,5Y 5/2	2,5Y 4/3
Bw	20-35	8,3	7,7	0,15	11,2	36,3	2,5Y 6/25	2,5Y 5/3
B/C	35-70	8,6	7,8	0,15	12,5	36,6	2,5Y 6/3	2,5Y 5/3
C1	70-150	8,7	7,9	0,14	10,8	34,5	2,5Y 6/3	2,5Y 5/3
C2	150-300	8,7	8,3	0,13	8,1	35,0	2,5Y 6/3	2,5Y 5/3

Horitzó	Profunditat (cm)	C orgànic (%)	M. o. (%)	N Kj (%)	C/N	P assim. (mg/kg)	K assim. (mg/kg)	Mg ²⁺ assim. (meq/100 g)	CIC (meq/100 g)
A1	0-10	4,94	8,5	0,270	18,30	6,0	153	1,90	13,9
A2	10-20	1,63	2,8	0,170	9,58	6,0	95	1,12	7,6
Bw	20-35	0,76	1,3	0,090	8,40	2,0	52	1,20	6,3
B/C	35-70	0,44	0,76	0,060	6,97	< 1	45	0,96	5,9
C1	70-150	0,19	0,3	0,050	4,05	< 1	43	1,50	4,5
C2	150-300	0,13	0,2	0,020	5,40	< 1	34	1,97	3,6

1. Fr-Ll: francollimosa.

PERFIL MA2

Altitud: 575 m

Localitat: serrat de Cal Cabaler, Malla.

Orientació: S

Pendent: 30-35°

UTM: DG3538

Substrat: material col·luvial sobre margues

Vegetació: llistonar (*Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi*)Classificació (Soil Survey Staff, 1975): *Typic Ustorthent**Descripció dels horitzons*

<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat</i>	<i>Descripció</i>
0	-0,5-0 cm	
A1	0-10 cm	Humit. Color en sec 2.5Y 5/2, en humit 2.5Y 3/2. Molt orgànic, amb molta densitat d'arrels. Pedregós, amb graves irregulars de mida mitjana i grossa. Textura francoarenosa. Material poc compacte, lleugerament adherent, no plàstic. Estructura esponjosa, granular porosa amb agregats fins. No cimentat. Activitat biològica, amb presència de copròlits i turrícules. Efervescència amb HCl. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels i per la consistència.
A2	10-20 cm	Humit. Color en sec 2.5Y 5/2, en humit 2.5Y 4/2. Rels abundants. Poc pedregós, amb graves irregulars de mida mitjana i grossa. Textura francoargil·loarenosa. Material poc compacte, lleugerament adherent i plàstic. Estructura granular porosa amb agregats mitjans. No cimentat. Activitat biològica intensa amb presència de turrícules i de copròlits. Efervescència amb HCl. Límit inferior gradual definit pel color i per la consistència.
BC ₁	20-35 cm	Humit. Color en sec 2.5Y 6/2, en humit 2.5Y 5/2. Rels freqüents, però menys que l'A2. Poques pedres. Textura francollimosa. Material poc compacte, més que l'A2, adherent i lleugerament plàstic. Estructura granular amb agregats subangulars grossos. Activitat biològica amb turrícules freqüents i amb alguns pseudomicelis. Efervescència amb HCl. Límit inferior gradual, definit pel canvi de color i de consistència.
BC ₂	35-45 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 6/3, en humit 2.5Y 5/2. Rels fines freqüents. Poques pedres. Textura francollimosa. Material compacte, adherent i lleugerament plàstic. Estructura laminar. Efervescència amb HCl. Límit inferior gradual definit pel canvi de consistència i la presència de trossos de marga.
C	45-60 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 6/3, en humit 2.5Y 5/2. Rels fines freqüents. Amb trossos de marga dispersos. Textura francollimosa. Material compacte, molt dur, adherent i lleugerament plàstic. Estructura laminar semblant al material original (marga). Efervescència amb HCl. Límit inferior definit per la roca mare (margues).

Comentari general del perfil

Sòl desenvolupat sobre un paquet de sediments poc profund, 75-80 cm de gruix, que es troba sobre les margues, en el vessant sud del turó. Pedregós i carbonatat, amb continguts elevats de sorres a l'horitzó A i de llims als horitzons B i C.

Característiques fisicoquímiques dels horitzons

Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres(%) (0,05 < Ø < 2)	Llims(%) (0,002 < Ø < 0,05)	Argiles(%) (Ø < 0,002)	Classe textural (USDA) ¹	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	Porositat (%)
A1	0-10	37,3	56,4	30,4	13,2	Fr-Are	1,12	2,39	52,89
A2	10-20	7,2	46,0	25,0	29,0	F-Arg-Are	1,36	2,33	40,68
BC ₁	20-35	0,3	15,8	60,4	23,8	Fr-Ll	1,54	2,47	37,71
BC ₂	35-45	0,5	23,5	56,7	19,8	Fr-Ll	1,45	2,49	41,69
C	45-60	6,4	27,4	54,8	17,8	Fr-Ll	1,66	2,55	34,92

Horitzó	Profunditat (cm)	pH (H ₂ O) 1/2,5	pH (KCl) 1/2,5	CE 25 °C (dS/m) 1/5	Calcària activa (%)	Carbonats (% CaCO ₃)	Color en sec	Color en humit
A1	0-10	8,1	7,6	0,18	9,6	40,8	2,5Y 5/2	2,5Y 3/2
A2	10-20	8,1	7,6	0,19	10,1	36,2	2,5Y 5/22	2,5Y 4/2
BC ₁	20-35	8,4	7,6	0,16	12,3	28,2	2,5Y 6/2	2,5Y 5/2
BC ₂	35-45	8,5	7,8	0,14	11,1	31,5	2,5Y 6/3	2,5Y 5/2
C	45-60	8,5	8,0	0,13	9,3	27,1	2,5Y 6/3	2,5Y 5/2

Horitzó	Profunditat (cm)	C orgànic (%)	M. o. (%)	N Kj (%)	C/N	P assim. (mg/kg)	K assim. (mg/kg)	Mg ²⁺ assim. (meq /100 g)	CIC (meq /100 g)
A1	0-10	2,15	3,7	0,127	16,94	4,3	136	0,90	7,5
A2	10-20	1,80	3,1	0,135	13,35	3,2	95	0,87	6,7
BC ₁	20-35	0,87	1,5	0,086	10,14	1,4	49	0,91	5,2
BC ₂	35-45	0,46	0,8	0,067	6,86	< 1	45	1,10	4,4
C	45-60	0,25	0,4	0,058	4,31	< 1	40	1,20	4,4

1. Fr-Are: francoarenosa; F-Arg-Are: francoargil·loarenosa; Fr-Ll: francollimosa.

PERFIL MO1

Altitud: 600 m

Localitat: serrat de Mont-rodó, Seva-Tona

Orientació: pla culminant

UTM: DG3539

Substrat: glacis sobre marga

Vegetació: joncada mesòfila (*Plantagini-Aphyllanthesetum*)

Classificació (Soil Survey Staff, 1975): Typic Ustochrept

Descripció dels horitzons

<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat</i>	<i>Descripció</i>
0	-2-0 cm	
A1	0-10 cm	Humit. Color en sec 5YR 3/4, en humit 7.5YR 3/3. Orgànic, amb molta densitat d'arrels. Poques pedres. Textura francoargilosa. Material poc compacte, adherent i molt plàstic en humit, i dur en sec. Estructura esponjosa, granular porosa amb agregats grossos. No cimentat. Intensa activitat biològica, amb nombroses galeries de cucs, i presència de turrícules. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels i pel canvi de color.
A2	10-30 cm	Humit. Color en sec 5YR 4/4, en humit 7.5YR 4/4. Rels abundants. Poques pedres. Textura francoargilosa. Material poc compacte, adherent i plàstic en humit, i dur en sec. Estructura granular, granular porosa amb agregats grossos. No cimentat. Intensa activitat biològica, amb nombroses galeries de cucs, i presència de turrícules. Límit inferior gradual definit pel canvi de consistència.
Bw	30-50 cm	Humit. Color en sec 5YR 4/4, en humit 7.5YR 4/4. Rels freqüents disperses. Poques pedres. Textura francoargilosa. Material compacte, adherent, molt plàstic i disgregable en humit, i dur en sec. Estructura granular, granular porosa amb agregats grossos. No cimentat. Intensa activitat biològica, amb nombroses galeries de cucs, i presència de turrícules. Límit inferior gradual definit pel canvi de color i de consistència.
C	50-110 cm	Humit. Color en sec 5YR 4/6, en humit 7.5YR 4/6. Rels fines disperses i algunes rels gruixudes. Amb algunes pedres petites disperses. Textura francoargilosa. Material més compacte, molt adherent, molt plàstic i poc disgregable en humit, i dur en sec. Estructura granular, moderada, amb agregats petits. No cimentat. Activitat biològica, amb galeries de cucs, i presència de turrícules. Aclariment gradual del color.

Comentari general del perfil

Sòl ben estructurat desenvolupat sobre els dipòsits quaternaris d'argiles vermelloses (glacis), d'uns 2 m de gruix, que han quedat damunt de les margues, a la part superior del turó. Sòl argilós, marró vermellós, poc pedregós i descarbonat.

Característiques físicoquímiques dels horitzons

Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres (%) ($0,05 < \varnothing < 2$)	Llims (%) ($0,002 < \varnothing < 0,05$)	Argiles (%) ($\varnothing < 0,002$)	Classe textural (USDA) ¹	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	Porositat (%)
A1	0-10	7,5	33,6	37,2	29,2	Fr-Arg	1,50	2,22	32,11
A2	10-30	—	33,9	36,2	29,9	Fr-Arg	1,62	2,46	34,05
Bw	30-50	3,0	32,1	38,4	29,5	Fr-Arg	1,61	2,29	29,59
C	50-110	3,2	26,9	40,5	32,6	Fr-Arg	1,63	2,42	32,77

Horitzó	Profunditat (cm)	pH (H ₂ O) 1/2,5	pH (KCl) 1/2,5	CE 25 °C (dS/m) 1/5	Calcària activa (%)	Carbonats (% CaCO ₃)	Color en sec	Color en humit
A1	0-10	8,0	7,4	0,19	inapr.	3,6	5YR 3/4	7,5YR 3/3
A2	10-30	8,1	7,4	0,18	inapr.	3,2	5YR 4/4	7,5YR 4/4
wB	30-50	8,2	7,4	0,17	inapr.	3,1	5YR 4/4	7,5YR 4/4
C	50-110	8,3	7,4	0,17	inapr.	1,6	5YR 4/6	7,5YR 4/6

Horitzó	Profunditat (cm)	C orgànic (%)	M. o. (%)	N Kj (%)	C/N	P assim. (mg/kg)	K assim. (mg/kg)	Mg ²⁺ assim. (meq /100 g)	CIC (meq /100 g)
A1	0-10	1,80	3,1	0,130	13,86	4,7	215	1,30	13,8
A2	10-30	1,63	2,8	0,140	11,63	4,5	195	1,20	16,8
Bw	30-50	0,99	1,7	0,100	9,88	2,0	145	1,20	11,8
C	50-110	0,44	0,8	0,060	7,33	< 1	125	0,98	13,1

1. Fr-Arg: francoargilosa.

PERFIL MO2

Altitud: 590 m

Localitat: serrat de Mont-rodon, Seva-Tona

Orientació: SW-W

Pendent: 30-35°

UTM: DG3539

Substrat: material col·luvial sobre margues

Vegetació: llistonar (*Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi*)Classificació (Soil Survey Staff, 1975): *Typic Ustochrept**Descripció dels horitzons*

<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat</i>	<i>Descripció</i>
0	-0,5-0 cm	
A1	0-10 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 4/4, en humit 10YR 3/3. Matèria orgànica abundant, amb molta densitat d'arrels. Poques pedres. Textura franca. Material poc compacte, adherent, disgregable i lleugerament plàstic en humit, i en sec lleugerament dur. Estructura molt granular, porosa amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels i pel canvi de color.
A2	10-25 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 5/3, en humit 10YR 4/3. Rels fines i mitjanes abundants amb algunes rels gruixudes. Poques pedres. Textura franca. Material compacte, adherent, disgregable i lleugerament plàstic en humit, i en sec lleugerament dur. Estructura granular amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Activitat biològica intensa amb molts turrícoles i galeries de cucs. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels i pels canvis de color i de consistència.
Bw	25-40 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 5/4, en humit 10YR 4/4. Rels fines i mitjanes freqüents. Pedres grosses i petites freqüents. Textura franca. Material compacte, adherent, disgregable i plàstic en humit, i lleugerament dur en sec. Estructura granular amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Activitat biològica intensa amb molts turrícoles i galeries de cucs, amb alguns pseudomicelis. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels i per l'augment progressiu de pedres grosses.
B/C	40-60 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 5/4, en humit 10YR 5/4. Rels fines i mitjanes freqüents. Pedres grosses abundants. Textura franca. Material compacte, molt adherent, disgregable i plàstic en humit, i dur en sec. Estructura granular amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Activitat biològica intensa amb turrícoles i galeries de cucs; pseudomicelis freqüents. Límit inferior gradual definit per les pedres grosses.

- C 60-95 cm Sec. Color en sec 10YR 5/4, en humit 10YR 5/4. Rels fines freqüents, sobretot a la superfície de les pedres. Amb moltes pedres grosses i mitjanes, arrodonides i anguloses; augmenten gradualment en profunditat. Textura franca. Material compacte, molt adherent, disgregable i plàstic en humit, i dur en sec. Poc estructurat; tacte pulverulent en desfer els agregats. No cimentat. Efervescència amb HCl. Presència de recarbonatacions. Activitat biològica intensa amb turrícules i molts pseudomicelis. Presència d'alguns calitxos de color ocre. Augment gradual en profunditat de les pedres grosses, de les recarbonatacions i dels pseudomicelis.

Comentari general del perfil

Sòl ben estructurat, desenvolupat sobre un paquet de sediments poc profund, al voltant d'1 m de gruix, que es troben damunt de les margues en els vessants del turó. Pedregós i carbonàtic.

Característiques físicoquímiques dels horitzons

Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres (%) (0,05 < Ø < 2)	Llims (%) (0,002 < Ø < 0,05)	Argiles (%) (Ø < 0,002)	Classe textural (USDA)	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	Porositat (%)
A1	0-10	7,0	38,3	41,9	19,8	Franca	1,21	2,13	43,13
A2	10-25	8,8	40,7	40,4	18,9	Franca	1,36	2,26	40,21
Bw	25-40	49,8	40,9	41,1	18,0	Franca	1,41	2,38	40,52
B/C	40-60	22,0	44,2	37,7	18,1	Franca	1,27	2,39	47,04
C	60-95	38,9	42,1	40,8	17,2	Franca	1,59	2,44	39,12

Horitzó	Profunditat (cm)	pH (H ₂ O) 1/2,5	pH (KCl) 1/2,5	CE 25 °C (dS/m) 1/5	Calcària activa (%)	Carbonats (% CaCO ₃)	Color en sec	Color en humit
A1	0-10	7,9	7,5	0,20	6,6	27,1	10YR 4/4	10YR 3/3
A2	10-25	8,1	7,5	0,20	7,6	29,8	10YR 5/3	10YR 4/3
Bw	25-40	8,2	7,6	0,18	7,5	30,6	10YR 5/4	10YR 4/4
B/C	40-60	8,4	7,6	0,17	7,5	31,1	10YR 5/4	10YR 5/4
C	60-95	8,4	7,7	0,18	7,8	31,2	10YR 5/4	10YR 5/4

Horitzó	Profunditat (cm)	C orgànic (%)	M. o. (%)	N Kj (%)	C/N	P assim. (mg/kg)	K assim. (mg/kg)	Mg ²⁺ assim. (meq/100 g)	CIC (meq/100 g)
A1	0-10	3,31	5,7	0,210	15,78	4,9	160	1,01	12,6
A2	10-25	2,27	3,9	0,175	12,96	3,0	91	0,95	11,3
Bw	25-40	1,28	2,2	0,140	9,14	1,5	70	0,91	13,8
B/C	40-60	1,05	1,8	0,091	11,50	2,4	62	0,96	9,8
C	60-95	0,78	1,4	0,072	10,87	< 1	50	0,91	8,0

PERFIL PA1

Altitud: 550 m

Localitat: serrat de Palau, Granollers de la Plana, Gurb

Orientació: W

Pendent: 2-5°

UTM: DG3848

Substrat: material col·luvial sobre margues, amb restes d'antigues terrasses fluvials del Ter

Vegetació: joncada mesòfila (*Plantagini-Aphyllanthetum*)

Classificació (Soil Survey Staff, 1975): *Typic Ustorthent*

Descripció dels horitzons

<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat</i>	<i>Descripció</i>
0	-1-0 cm	
A1	0-15 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 4/2, en humit 10YR 3/3. Matèria orgànica abundant, amb molta densitat d'arrels. Molt poques pedres. Textura francollimosa. Material poc compacte, lleugerament adherent, disgregable i lleugerament plàstic en humit. Estructura granular, amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Eferescència amb HCl. Activitat biològica intensa, amb presència de turrícules i galeries de cucs. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels.
A2	15-47 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 5/3, en humit 10YR 4/3. Rels abundants. Menys matèria orgànica. Poques pedres. Textura francollimosa. Material poc compacte, lleugerament adherent, disgregable i lleugerament plàstic en humit. Estructura granular, amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Eferescència amb HCl. Activitat biològica intensa, amb presència de turrícules i galeries de cucs. Límit inferior net definit pel canvi de color i de consistència.
Bw	47-70 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 5/3, en humit 2.5Y 4/2. Rels freqüents. Molt pedregós, amb graves grosses i mitjanes. Textura franca. Material compacte, adherent, disgregable i lleugerament plàstic en humit. Estructura granular, amb agregats grossos. No cimentat. Eferescència amb HCl. Menys activitat biològica que els horitzons superiors, amb presència d'alguns turrícules i galeries de cucs. Límit inferior net definit pel canvi de color i de consistència.
C	70-110 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 6/3, en humit 2.5Y 5/3. Algunes rels fines. Poques pedres, amb un augment gradual en profunditat de trossos de marga. Textura francollimosa. Material més compacte, adherent, disgregable i plàstic en humit. Estructura feble en blocs subangulars, amb agregats petits. No cimentat. Eferescència amb HCl. Poca activitat biològica.

Comentari general del perfil

Sòl ben estructurat desenvolupat sobre el paquet de sediments col·luvials, d'1,5-2 m de gruix, que hi ha sobre les margues a la part baixa del turó. Presenta acumulacions de pedres, amb cantells arrodo-

nits, procedents de les terrasses fluvials del Ter. Té un alt contingut de matèria orgànica, textura francollimosa i molts carbonats.

Característiques físicoquímiques dels horitzons

Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres (%) ($0,05 < \varnothing < 2$)	Llims (%) ($0,002 < \varnothing < 0,05$)	Argiles (%) ($\varnothing < 0,002$)	Classe textural (USDA) ¹	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	Porositat (%)
A1	0-15	0,5	20,0	57,7	22,3	Fr-Ll	1,19	2,15	44,82
A2	15-47	1,0	25,2	53,3	21,5	Fr-Ll	1,25	2,33	46,54
Bw	47-70	28,0	36,5	46,0	17,5	Franca	1,31	2,35	30,72
C	70-110	9,6	28,2	55,9	17,4	Fr-Ll	1,50	2,45	38,85

Horitzó	Profunditat (cm)	pH (H ₂ O) 1/2,5	pH (KCl) 1/2,5	CE 25 °C (dS/m) 1/5	Calcària activa (%)	Carbonats (% CaCO ₃)	Color en sec	Color en humit
A1	0-15	7,8	7,5	0,20	7,5	24,8	10YR 4/2	10YR 3/3
A2	15-47	8,1	7,5	0,18	8,1	26,7	10YR 4/2	10YR 3/3
Bw	47-70	8,2	7,7	0,15	9,2	32,0	2,5Y 5/3	2,5Y 4/2
C	70-110	8,4	7,8	0,14	10,2	32,1	2,5Y 6/3	2,5Y 5/3

Horitzó	Profunditat (cm)	C orgànic (%)	M. o. (%)	N Kj (%)	C/N	P assim. (mg/kg)	K assim. (mg/kg)	Mg ²⁺ assim. (meq /100 g)	CIC (meq /100 g)
A1	0-15	4,01	6,9	0,320	12,54	6,4	181	1,40	14,1
A2	15-47	2,27	3,9	0,200	11,34	2,1	73	1,30	11,9
Bw	47-70	1,17	2,0	0,110	10,68	1,9	40	1,10	10,8
C	70-110	0,34	0,6	0,050	6,60	< 1	33,67	1,13	4,8

1. Fr-Ll: francollimosa.

PERFIL PA2

Altitud: 550 m

Localitat: serrat de Palau, Granollers de la Plana, Gurb

Orientació: S-SW

Pendent: 25-30°

UTM: DG3848

Substrat: antigues terrasses fluvials del Ter sobre margues

Vegetació: llistonar (*Brachypodio-Aphyllanthesum brachypodietosum retusi*)Classificació (Soil Survey Staff, 1975): *Typic Ustochrept**Descripció dels horitzons*

<i>Horitzó</i>	<i>Profunditat</i>	<i>Descripció</i>
0	-0,25-0 cm	
A1	0-20 cm	Lleugerament humit. Color en sec 10YR 4/3, en humit 10YR 3/2. Matèria orgànica abundant, amb molta densitat d'arrels. Molt pedregós, amb còdols arrodonits abundants i distribuïts regularment. Textura francoarenosa. Material poc compacte, lleugerament adherent, disgregable i no plàstic en humit, i solt en sec. Estructura poc desenvolupada per l'abundància d'elements grossos i grumollosa amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Activitat biològica amb presència de turrícules i galeries de cucs. Límit inferior gradual definit per la densitat d'arrels i pel canvi de color.
A2	20-35 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 4/3, en humit 10YR 3/3. Rels abundants, disminueixen progressivament en profunditat. Molt pedregós, amb còdols arrodonits abundants i distribuïts regularment. Textura francoarenosa. Material una mica més compacte que l'anterior, lleugerament adherent, disgregable i no plàstic en humit, i lleugerament dur en sec. Estructura granular feble, amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Activitat biològica intensa, amb molts turrícules i galeries de cucs. Límit inferior gradual definit pel canvi de color.
Bwk	35-52 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 5/3, en humit 2.5Y 4/25. Poques rels. Pedres abundants. Textura franca. Material més compacte que l'anterior, adherent, disgregable i plàstic en humit, i dur en sec. Estructura granular, amb agregats de mida mitjana. No cimentat. Efervescència amb HCl. Presència de ciment geòpet. Activitat biològica intensa, amb molts turrícules i galeries de cucs. Límit inferior net definit pel canvi de color i de consistència.
C	52-75 cm	Lleugerament humit. Color en sec 2.5Y 6/2, en humit 2.5Y 5/15. Amb algunes rels fines. Poques pedres, amb un augment progressiu dels trossos de marga en profunditat. Textura francollimosa. Material molt compacte, molt adherent, disgregable i plàstic en humit, i dur en sec. Estructura laminar, amb agregats petits. No cimentat. Efervescència amb HCl. Límit inferior definit per la marga.

Comentari general del perfil

Sòl poc estructurat, sotmès a erosió intensa, desenvolupat sobre les antigues terrasses fluvials del Ter, poc profundes, de 75-80 cm de gruix, que hi ha als vessants i a la part superior del turó. Molt pedregós en els horitzons superiors, amb còdols de totes les mides; molt carbonàtic i de textura francoarenosa.

Característiques físicoquímiques dels horitzons

Horitzó	Profunditat (cm)	Graves (%)	Sorres (%) (0,05 < Ø < 2)	Llims (%) (0,002 < Ø < 0,05)	Argiles (%) (Ø < 0,002)	Classe textural (USDA) ¹	DA (g/cm ³)	DR (g/cm ³)	Porositat (%)
A1	0-20	51,3	66,4	23,3	10,3	Fr-Arg	1,28	2,22	42,45
A2	20-35	51,5	62,9	26,6	10,5	Fr-Arg	1,42	2,38	39,97
Bwk	35-52	29,8	46,0	38,7	15,3	Franca	1,29	2,38	45,08
C	52-75	55,0	16,9	63,3	19,8	Fr-Ll	1,77	2,41	26,49

Horitzó	Profunditat (cm)	pH (H ₂ O) 1/2,5	pH (KCl) 1/2,5	CE 25 °C (dS/m) 1/5	Calcària activa (%)	Carbonats (% CaCO ₃)	Color en sec	Color en humit
A1	0-20	8,0	7,4	0,14	5,4	22,7	10YR 4/3	10YR 3/2
A2	20-35	8,1	7,6	0,17	5,9	27,9	2,5Y 4/3	10YR 3/3
Bwk	35-52	8,3	7,8	0,16	8,4	33,1	2,5Y 5/3	2,5Y 4/25
C	52-75	8,4	7,9	0,14	8,2	31,0	2,5Y 6/2	2,5Y 5/15

Horitzó	Profunditat (cm)	C orgànic (%)	M. o. (%)	N Kj (%)	C/N	P assim. (mg/kg)	K assim. (mg/kg)	Mg ²⁺ assim. (meq /100 g)	CIC (meq /100 g)
A1	0-20	2,97	5,1	0,144	20,59	7,3	145	0,72	9,3
A2	20-35	1,80	3,1	0,139	12,97	4,8	101	0,59	7,2
Bwk	35-52	1,40	2,4	0,126	11,07	2,8	63	0,64	6,5
C	52-75	0,81	1,4	0,060	13,57	1,2	41	0,69	5,4

1. Fr-Arg: francoargilosa; Fr-Ll: francollimosa.

Annex 4. Característiques de les mostres de sòls utilitzades per a l'estudi del règim hídric del sòl de les joncedes i dels llistonars

TAULA A4.1

Característiques de les mostres de sòl de les parcel·les utilitzades per a l'obtenció de les corbes característiques d'humitat. Prof.: profunditat; m. o.: matèria orgànica; SG: sorra grollera; SF: sorra fina. Cada mostra correspon a la mostra mixta de totes les mostres recollides per determinar la humitat del sòl

Parcel·la MA1

<i>Codi de la mostra</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Període</i>	<i>M. o. (%)</i>	<i>Classe textural</i>	<i>SG (%)</i>	<i>SF (%)</i>	<i>Sorres (%)</i>	<i>Llims (%)</i>	<i>Argiles (%)</i>
MA195-1	10	Any 1995	6,17	Franca	7,7	37,0	44,7	35,3	20,0
MA195-2	20	Any 1995	2,08	Franca	5,6	38,0	43,6	37,4	19,0
MA195-3	30	Any 1995	1,16	Franca	5,0	33,7	38,7	41,3	20,0
MA195-4	40	Any 1995	1,30	Franca	5,1	33,8	38,9	42,1	19,0
MA195-5	50	Any 1995	0,73	Franca	4,7	34,7	39,4	41,9	18,7
MA1-6	60	Any 1994	0,81	Franca	3,6	33,9	37,5	43,8	18,7
MA1-7	70	Any 1994	0,65	Franca	1,4	35,6	37,0	45,3	17,7
MA1-8	80	Any 1994	0,75	Franca	2,9	33,4	36,3	45,2	18,5
MA1-9	90	Any 1994	0,55	Franca	2,7	34,7	37,4	45,1	17,5
MA1-10	100	Any 1994	0,44	Franca	0,9	33,9	34,8	47,7	17,5

Parcel·la MA2

<i>Codi de la mostra</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Període</i>	<i>M. o. (%)</i>	<i>Classe textural</i>	<i>SG (%)</i>	<i>SF (%)</i>	<i>Sorres (%)</i>	<i>Llims (%)</i>	<i>Argiles (%)</i>
MA2-P1	10	Primavera 1994	3,10	Franca	9,95	35,5	45,5	36,1	18,5
MA2-E1	10	Estiu 1994	3,90	Francoarenosa	14,7	40,1	54,8	29,3	15,9
MA2-T1	10	Tardor 1994	4,05	Franca	11,6	37,7	49,3	33,7	17,0
MA2-H2	20	Hivern 1994	2,50	Franca	10,0	33,0	43,0	38,1	19,0
MA2-P2	20	Primavera 1994	2,10	Franca	7,6	32,1	39,7	41,1	19,2
MA2-E2	20	Estiu 1994	2,30	Franca	14,4	33,8	48,2	34,7	17,1

MA2-H3	30	Hivern 1994	1,70	Franca	11,4	31,6	43,0	39,3	17,7
MA2-P3	30	Primavera 1994	1,20	Franca	3,2	29,2	32,3	48,4	19,3
MA2-E3	30	Estiu 1994	1,70	Franca	13,9	30,4	44,3	38,0	17,7
MA2-T3	30	Tardor 1994	1,57	Franca	12,0	31,5	43,5	38,3	18,2
MA2-P4	40	Primavera 1994	0,87	Francollimosa	2,5	26,6	29,1	51,2	19,7
MA2-E4	40	Estiu 1994	1,30	Franca	4,3	27,9	32,2	47,7	20,2
MA2-T4	40	Tardor 1994	1,30	Franca	6,2	31,4	37,5	41,7	20,8
MA2-H5	50	Hivern 1994	0,85	Franca	6,9	28,2	35,0	44,9	20,1
MA2-P5	50	Primavera 1994	0,46	Francollimosa	3,2	23,8	27,0	51,7	21,3
MA2-E5	50	Estiu 1994	1,10	Franca	6,9	27,7	34,6	45,9	19,5
MA2-T5	50	Tardor 1994	0,76	Franca	6,0	27,6	33,6	45,7	20,7
MA2-6	60	Any 1994	0,44	Francollimosa	2,0	22,2	24,2	53,9	21,9
MA2-7	70	Any 1994	0,57	Francollimosa	0,6	22,0	22,6	56,2	21,2
MA2-8	80	Any 1994	0,31	Francollimosa	0,8	23,5	24,3	55,1	20,6
MA2-9	90	Any 1994	0,14	Francollimosa	2,0	25,6	27,6	51,9	20,5
MA2-10	100	Any 1994	0,18	Francollimosa	0,5	24,5	25,0	54,7	20,3

Parcel·la PA1

<i>Codi de la mostra</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Període</i>	<i>M. o. (%)</i>	<i>Classe textural</i>	<i>SG (%)</i>	<i>SF (%)</i>	<i>Sorres (%)</i>	<i>Llims (%)</i>	<i>Argiles (%)</i>
PA1-H1	10	Hivern 1994	6,50	Franca	1,9	32,5	34,4	44,9	20,8
PA1-P1	10	Primavera 1994	6,40	Francollimosa	1,0	28,9	29,9	51,5	18,6
PA1-E1	10	Estiu 1994	5,80	Francollimosa	1,7	29,5	31,2	50,4	18,4
PA1-T1	10	Tardor 1994	4,40	Franca	1,2	36,1	37,3	46,8	15,9
PA1-H2	20	Hivern 1994	3,40	Franca	2,1	30,8	32,9	46,2	20,9
PA1-P2	20	Primavera 1994	3,40	Franca	1,0	30,1	31,1	49,0	19,9
PA1-E2	20	Estiu 1994	3,30	Franca	2,0	30,4	32,4	48,4	19,2
PA1-T2	20	Tardor 1994	2,60	Franca	0,6	36,0	36,6	47,0	16,4
PA1-H3	30	Hivern 1994	1,80	Franca	1,0	35,0	36,1	45,7	18,3
PA1-P3	30	Primavera 1994	2,10	Franca	11,9	35,7	47,6	36,2	16,2
PA1-E3	30	Estiu 1994	2,90	Franca	1,6	29,2	30,8	48,9	20,3
PA1-T3	30	Tardor 1994	2,10	Franca	0,8	32,8	33,6	47,9	18,5
PA1-H4	40	Hivern 1994	1,20	Franca	1,8	35,4	37,1	45,8	17,2
PA1-P4	40	Primavera 1994	2,10	Franca	1,2	29,4	30,6	48,0	21,4
PA1-E4	40	Estiu 1994	2,10	Franca	2,1	30,8	32,9	47,5	19,6
PA1-T4	40	Tardor 1994	2,20	Franca	1,3	34,0	35,3	46,5	18,2
PA1-H5	50	Hivern 1994	0,84	Franca	2,6	33,6	36,1	46,8	17,1
PA1-P5	50	Primavera 1994	1,34	Franca	0,8	29,0	29,8	49,8	20,4
PA1-E5	50	Estiu 1994	1,60	Franca	3,0	31,9	34,9	46,4	18,7
PA1-T5	50	Tardor 1994	1,40	Franca	1,7	35,7	37,4	44,3	18,3
PA1-6	60	Any 1994	1,02	Francollimosa	1,3	29,2	30,5	50,4	19,1
PA1-7	70	Any 1994	0,75	Francollimosa	0,7	26,4	27,1	54,1	18,8
PA1-8	80	Any 1994	0,39	Francollimosa	0,4	22,9	23,3	56,8	19,9
PA1-9	90	Any 1994	0,32	Francoargilosa	0,3	21,8	22,1	58,9	19,0
PA1-10	100	Any 1994	0,39	Francollimosa	0,3	24,0	24,3	57,0	18,7

Parcel·la PA2

<i>Codi de la mostra</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Període</i>	<i>M. o. (%)</i>	<i>Classe textural</i>	<i>SG (%)</i>	<i>SF (%)</i>	<i>Sorres (%)</i>	<i>Llims (%)</i>	<i>Argiles (%)</i>
PA2-1	10	Any 1994	4,52	Francoarenosa	22,0	41,1	63,1	23,5	13,4
PA2-2	20	Any 1994	2,37	Francoarenosa	17,4	39,8	57,2	31,3	11,5
PA2-3	30	Any 1994	1,71	Franca	9,5	36,1	45,6	36,2	18,2
PA2-4	40	Any 1994	1,53	Franca	3,5	30,4	33,9	46,7	19,4
PA2-5	50	Any 1994	1,12	Francollimosa	2,3	24,7	27,0	56,2	16,8
PA2-6	60	Any 1994	0,96	Francollimosa	1,7	24,7	26,4	54,0	19,6
PA2-7	70	Any 1994	0,57	Francollimosa	0,7	24,6	25,3	55,0	19,7
PA2-8	80	Any 1994	0,62	Francollimosa	1,5	25,8	27,3	54,0	18,7
PA2-9	90	Any 1994	0,66	Francollimosa	2,7	24,1	26,8	58,5	14,7
PA2-10	100	Any 1994	0,46	Francollimosa	1,5	23,2	24,7	54,5	20,8

Parcel·la MO1

<i>Codi de la mostra</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Període</i>	<i>M. o. (%)</i>	<i>Classe textural</i>	<i>SG (%)</i>	<i>SF (%)</i>	<i>Sorres (%)</i>	<i>Llims (%)</i>	<i>Argiles (%)</i>
MO1-1	10	Any 1994	3,64	Franca	4,6	35,4	40,0	35,7	24,3
MO1-2	20	Any 1994	2,25	Franca	2,5	36,9	39,4	37,8	22,8
MO1-3	30	Any 1994	1,32	Franca	1,9	34,3	36,2	40,5	23,3
MO1-4	40	Any 1994	0,74	Franca	3,3	31,5	34,8	42,5	22,7
MO1-5	50	Any 1994	0,60	Franca	2,9	30,3	33,2	42,0	24,8
MO1-6	60	Any 1994	0,51	Franca	5,8	30,2	36,0	40,1	23,9
MO1-7	70	Any 1994	0,31	Franca	2,8	31,3	34,1	41,6	24,3
MO1-8	80	Any 1994	0,38	Franca	5,2	28,1	33,3	41,2	25,5
MO1-9	90	Any 1994	0,27	Francoargilosa	5,1	25,4	30,5	40,0	29,5
MO1-10	100	Any 1994	0,29	Franca	8,6	24,6	33,2	40,1	26,7

Parcel·la MO2

<i>Codi de la mostra</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Període</i>	<i>M. o. (%)</i>	<i>Classe textural</i>	<i>SG (%)</i>	<i>SF (%)</i>	<i>Sorres (%)</i>	<i>Llims (%)</i>	<i>Argiles (%)</i>
MO2-1	10	Any 1994	5,15	Franca	5,9	33,4	39,3	39,1	21,6
MO2-2	20	Any 1994	3,37	Franca	8,1	33,8	41,9	37,9	20,2
MO2-3	30	Any 1994	2,37	Franca	5,0	35,9	40,9	39,5	19,6
MO2-4	40	Any 1994	1,78	Franca	6,6	38,5	45,1	37,4	17,5
MO2-5	50	Any 1994	1,14	Franca	13,3	38,1	51,4	34,0	14,6
MO2-6	60	Any 1994	1,02	Franca	8,4	31,9	40,3	41,1	18,6
MO2-7	70	Any 1994	0,84	Francollimosa	6,2	21,7	27,9	50,7	21,4
MO2-8	80	Any 1994	0,50	Francollimosa	3,8	15,8	19,6	59,2	21,2
MO2-9	90	Any 1994	0,46	Francollimosa	1,2	13,7	14,9	60,9	24,2
MO2-10	100	Any 1994	0,34	Francollimosa	0,5	12,8	13,3	61,8	24,9

TAULA A4.2

*Percentatge d'aigua retinguda per la fracció fina del sòl ($\varnothing < 2 \text{ mm}$),
als diferents potencials matricials, de les mostres de sòl de textura franca, determinat
mitjançant les plaques de Richards. Prof.: profunditat; m. o.: matèria orgànica*

Mostra	Prof. (cm)	Classe textural	M. o. (%)	% d'aigua retinguda				
				-33 kPa	-60 kPa	-100 kPa	-500 kPa	-1.500 kPa
MA1-H4	40	Franca	1,29	17,9	—	—	—	9,3
MA1-I0	100	Franca	0,44	20,1	—	—	—	9
MA2-P1	10	Franca	3,1	19,5	17,7	15,1	9,8	9,1
MA2-T1	10	Franca	4,05	19,7	17,9	16,3	11,5	8,6
MA2-H2	20	Franca	2,5	19,5	17,4	15,3	10,4	8,8
MA2-P2	20	Franca	2,1	19,9	17,8	15,4	9,5	9,2
MA2-E2	20	Franca	2,3	17,9	16,9	14,8	9,2	8,3
MA2-H3	30	Franca	1,7	18,9	16,8	15,2	10,1	8,5
MA2-P3	30	Franca	1,2	18,9	17,4	15,3	9,1	8,5
MA2-E3	30	Franca	1,7	17,1	16,5	14,9	9,2	7,4
MA2-T3	30	Franca	1,57	19,7	—	—	—	9,6
MA2-E4	40	Franca	1,3	17,2	16,6	15,1	9,3	7,6
MA2-T4	40	Franca	1,3	18,3	17,9	16,5	11,6	8,2
MA2-H5	50	Franca	0,85	21,4	16,9	15,7	10,3	9,7
MA2-E5	50	Franca	1,1	17,3	16,7	15,2	9,3	7,3
MA2-T5	50	Franca	0,76	18,6	18,4	16,9	11,3	8,7
PA1-H1	10	Franca	6,5	30,4	24,7	22,5	16,8	15,6
PA1-T1	10	Franca	4,4	24,5	23,1	—	—	11,6
PA1-H2	20	Franca	3,4	21,3	19,7	18,1	12,7	10,4
PA1-P2	20	Franca	3,4	25,3	21,9	—	—	10,9
PA1-E2	20	Franca	3,3	27,0	23,3	—	—	12,2
PA1-T2	20	Franca	2,6	21,9	21,4	—	—	9,8
PA1-H3	30	Franca	1,8	17,1	18,3	16,8	10,9	8,2
PA1-P3	30	Franca	2,1	23,9	21,1	—	—	10,2
PA1-E3	30	Franca	2,9	26,4	23,6	—	—	10,9
PA1-T3	30	Franca	2,1	23,5	21,6	—	—	10,9
PA1-H4	40	Franca	1,2	16,1	17,9	16,4	10,5	7,7
PA1-P4	40	Franca	2,1	23,5	21,7	—	—	10,6
PA1-E4	40	Franca	2,1	25,3	21,2	—	—	10,5
PA1-T4	40	Franca	2,2	21,5	20,8	—	—	9,4
PA1-H5	50	Franca	0,84	15,7	17,6	16,1	11,5	7,3
PA1-P5	50	Franca	1,34	16,6	21,3	—	—	8,9
PA1-E5	50	Franca	1,6	24,2	22,8	—	—	10,1
PA1-T5	50	Franca	1,4	21,4	20,4	—	—	9,1
PA2-H3	30	Franca	2,3	18,8	—	—	—	8,7
PA2-H4	40	Franca	1,9	19,5	—	—	—	8,8
MO1-8	80	Franca	0,38	20,1	—	—	—	9,7

TAULA A4.2 (*Continuació*)
*Ól·dem per a les mostres de sòl de textura francollimosa (Fr-Ll),
francoarenosa (Fr-Are) i francoargilosa (Fr-Arg)*

Mostra	Prof. (cm)	Classe textural	M. o. (%)	% d'aigua retinguda				
				-33 kPa	-60 kPa	-100 kPa	-500 kPa	-1.500 kPa
MA2-P4	40	Fr-Ll	0,87	19,2	17,1	15,3	9,2	7,9
MA2-P5	50	Fr-Ll	0,46	18,9	—	—	—	7,5
MA2-6	60	Fr-Ll	0,44	18,5	—	—	—	8,2
MA2-8	80	Fr-Ll	0,31	18,4	—	—	—	7,8
MA2-9	90	Fr-Ll	0,14	18,1	—	—	—	7,7
MA2-10	100	Fr-Ll	0,18	17,6	—	—	—	7,5
PA1-P1	10	Fr-Ll	6,4	29,9	26,1	—	—	15,8
PA1-E1	10	Fr-Ll	5,8	31,1	26,8	—	—	15,1
PA1-H6	60	Fr-Ll	1,02	21,2	20,3	—	—	9,3
PA1-7	70	Fr-Ll	0,75	20,7	—	—	—	8,9
PA1-H8	80	Fr-Ll	0,39	—	19,8	—	—	—
PA1-H9	90	Fr-Ll	0,32	—	19,9	—	—	—
PA1-H10	100	Fr-Ll	0,39	21,7	19,6	—	—	8,4
PA2-H5	50	Fr-Ll	1,4	19,2	—	—	—	8,3
PA2-5	50	Fr-Ll	1,12	22,5	—	—	—	9,6
PA2-6	60	Fr-Ll	0,96	20,7	—	—	—	9,4
PA2-7	70	Fr-Ll	0,57	19,2	—	—	—	8,8
MO2-7	70	Fr-Ll	0,84	20,6	—	—	—	9,7
MO2-8	80	Fr-Ll	0,5	20,2	—	—	—	9,4
MO2-9	90	Fr-Ll	0,46	19,2	—	—	—	9,1
MA2-E1	10	Fr-Are	3,9	17,4	16,7	14,6	9,5	8,2
PA2-H1	10	Fr-Are	4,8	17,9	17,8	—	—	8,5
PA2-H2	20	Fr-Are	2,4	15,8	—	—	—	7,9
PA2-1	10	Fr-Are	4,52	18,8	—	—	—	8,4
PA2-2	20	Fr-Are	2,37	18,8	—	—	—	8,9
PA295-1	10	Fr-Are	4,01	18,7	—	—	—	8,1
MO1-9	90	Fr-Arg	0,27	21,2	—	—	—	10,6

Bibliografia

- ACTON, D. F. (1992). «Grassland soils». A: COUPLAND, R. T. [ed.]. *Natural grasslands*. Amsterdam; Londres; Nova York; Tòquio: Elsevier, p. 25-54.
- AGUADO-SANTACRUZ, G. A.; GARCÍA-MOYA, E. (1998). «Environmental factors and community dynamics at the southernmost part of the North American Graminetum». *Plant Ecology*, núm. 135, p. 13-29.
- AHUJA, L. R.; NANEY, J. W.; WILLIAMS, R. D. (1985). «Estimating soil water characteristics from simpler properties or limited data». *Soil Sci. Soc. Am. J.*, núm. 49, p. 1100-1105.
- ALDEZABAL, A. (1997). *Análisis de la interacción vegetación-grandes herbívoros en las comunidades supraforestales del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido: Bases ecológicas para la gestión ganadera*. Tesis doctoral. Lleida: Universitat de Lleida.
- ALONSO, I.; BERMÚDEZ, F. F.; GARCÍA, A.; REVESADO, P. R.; MANTECÓN, A. R.; GONZÁLEZ, J. S.; CARLOS, G. (1993). «Estudio de las comunidades de interés pascícola en un puerto de montaña. I. Estructura y valor pastoral». *Pirineos*, núm. 141-142, p. 3-18.
- ALONSO, I.; GARCÍA, A.; MARIÑO, A. L. (1994). «Aspectos ecológicos y estructurales de un sistema pastoral de montaña». A: *Actas de la XXXIV Reunión Científica de la SEEP*. Santander. P. 27-31.
- ÁLVAREZ, J. (1995). *Dinámica sucesional tras el abandono y recuperación del matorral mediante pastoreo controlado: Experiencia en un sector de la montaña de León*. Tesis doctoral. Lleida: Universitat de Lleida.
- ARENAS, C.; CUADRAS, C. M.; FORTIANA, J. (1991). *Multicua: paquete no standard de análisis multivariante*. Barcelona: Universitat de Barcelona. Publicacions del Departament d'Estadística.
- ARMESTO, J. J.; MARTÍNEZ J. A. (1978). «Relations between vegetation structure an slope aspect in the Mediterranean region of Chile». *J. Ecol.*, núm. 66, p. 881-889.
- ASCASO, J.; FERRER, C.; MAESTRO, M.; BROCA, A.; AMELLA, A. (1991). «Producción y calidad de pastos de montaña (Pirineo central) de bajo valor pastoral». A: *Actas de la XXXI Reunión Científica de la SEEP*. Murcia. P. 249-255.
- AUSTIN, M. P. (1985). «Continuum concept, ordination methods and niche theory». *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, núm. 16, p. 39-61.

- BARBERO, M.; LOISEL, R. (1971). «Contribution à l'étude des pelouses à Brome méditerranéennes et méditerranéo-montagnardes». *An. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, núm. 28, p. 91-166.
- BARRERA, I.; GALINDO, P.; GÓMEZ, J. M. (1988). «Influencia de factores climáticos y antropozógenos en la biomasa aérea de ecosistemas de pastizal». *Studia Oecologica*, núm. V, p. 65-75.
- BAZZAZ, F. A.; MORSE, S. R. (1991). «Annual plants: potential responses to multiple stresses». A: MOONEY, H. A.; WINNER, W. E.; PELL, E. J. [ed.]. *Response of plants to multiple stresses*. Londres: Academic Press, p. 283-305.
- BECH, J. (1976). «Sinopsi dels sòls als Països Catalans». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, núm. 40, p. 31-44.
- BENEDICT, N. B. (1983). «Plant association of subalpine meadows, Sequoia National Park, California». *Arc. Alp. Res.*, núm. 15, p. 383-396.
- BEN-SHAHAR, R. (1990). «Soil nutrients distribution and moisture dynamics on upper catena in a semiarid nature reserve». *Vegetatio*, núm. 89, p. 69-77.
- (1991). «Abundance of trees and grasses in a woodland savanna in relation to environmental factors». *J. Veg. Sci.*, núm. 2, p. 345-350.
- BENZECRI, J. P. (1966). *Leçons sur l'analyse factorielle et la reconnaissance des formes*. París: Institut d'Étatistique Universitaire de Paris. [Curs]
- (1973). *L'analyse des données*. Vol. I: *La taxonomie*. París: Dunod.
- (1973). *L'analyse des données*. Vol. II: *L'analyse des correspondances*. París: Dunod.
- BERTILLER, M. B.; ZAIXSO, P.; IRISARRI, M. P.; BREVEDANT, R. (1996). «The establishment of *Festuca pallescens* in arid grasslands in Patagonia (Argentina): the effect of soil water stress». *Journal of Arid Environments*, núm. 32, p. 161-171.
- BIONDINI, M. E.; LAUENROTH, W. K.; SALA, O. E. (1991). «Correcting estimates of net primary production: are we overestimating production in rangelands?». *J. Range Management*, núm. 44 (3), p. 194-198.
- BOLÒS, O. de (1954). «De Vegetatione Notulae, I». *Collect. Bot.*, núm. 4 (2), p. 253-286.
- (1956). «De Vegetatione Notulae, II». *Collect. Bot.*, núm. 5 (1), p. 195-268.
- (1959). *El paisatge vegetal de dues comarques naturals: la Selva i la plana de Vic*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Arxius de la Secció de Ciències; 26)
- (1960). «La transición entre la Depresión del Ebro y los Pirineos en el aspecto geobotánico». *An. Inst. Bot. Cav.*, núm. 18, p. 199-254.
- (1962). *El paisaje vegetal barcelonés*. Barcelona: Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Barcelona.
- (1967). «Comunidades vegetales de las comarcas próximas al litoral situadas entre los ríos Llobregat y Segura». *Mem. Real Acad. Cinc. Artes Barcelona*, núm. 38 (1). 629 p.
- (1976). «L'Aphyllanthion dans les Pays Catalans». *Collect. Bot.*, núm. 10, p. 107-141.
- (1981). «De Vegetatione Notulae, III». *Collect. Bot.*, núm. 12 (2), p. 63-76.
- (1983). *La vegetació del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
- (1986). «La vegetació d'Osona, una riquesa que cal que no es perdi». *Ausa*, núm. XII/117, p. 141-148.
- (1989). «Bioclimatologia i geografia botànica». *Mem. Real Acad. Cinc. Artes Barcelona*, núm. XLVIII (9).
- (1996). «Contribució al coneixement de la vegetació del territori auso-segarric». *Me-*

- morias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, núm. 930, vol. LV (4), p. 147-272.
- BOLÒS, O. de; MASALLES, R. M. (1983). *Mapa de la vegetació de Catalunya a escala 1:50.000: Memòria del full 33: Banyoles*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.
- BOLÒS, O. de; VIGO, J. (1984-2001). *Flora dels Països Catalans*. Vol. I, II, III i IV. Barcelona: Barcino.
- BOLÒS, O. de; VIGO, J.; MASALLES, R. M.; NINOT, J. M. (1990). *Flora manual dels Països Catalans*. Barcelona: Pòrtic.
- BONNEAU, M.; SOUCHIER, B. (1979). *Pédologie 2: constituants et propriétés de sol*. París: Masson et Cie.
- BONSER, S. P.; READER, R. J. (1995). «Plant competition and herbivory in relation to vegetation biomass». *Ecology*, núm. 76 (7), p. 2176-2183.
- BOUXIN, G.; GAUTIER, N. (1979). «Structure de la strate herbacée dans deux pelouses calcaires du district mosan». *Oecol. Plant.*, núm. 14 (3), p. 219-231.
- BOUYOUCOS, G. J.; COOK, R. L. (1967). «Measuring the relative humidity of soils at different moisture contents by the gray hydrocal hygrometer». *Soil Sci.*, núm. 104 (4), p. 297-307.
- BRADBURY, I. K.; HOFSTRA, G. (1976). «Vegetation death and its importance in primary production measurements». *Ecology*, núm. 57, p. 209-211.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. (1999). *The nature and properties of soils*. 12a ed. Nova Jersey: Prentice Hall.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1979). *Fitosociologia: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid: Blume.
- BRIGGS, J. M.; KNAPP, A. K. (1995). «Interannual variability in primary production in tall-grass prairie: climate, soil moisture, topographic position, and fire as determinants of aboveground biomass». *American Journal of Botany*, núm. 82 (8), p. 1024-1030.
- BROWN, J. R.; ARCHER, S. (1990). «Water relations of a perennial grass and seedling vs adult woody plants in a subtropical savanna, Texas». *Oikos*, núm. 57, p. 366-374.
- BROWN, R. W. (1971). «Distribution of plant communities in South-eastern Montana badlands». *Am. Mid. Nat.*, núm. 85 (2), p. 458-477.
- BRULLO, S. (1985). «Sur la syntaxonomie des pelouses thérophytiques des territoires stepiques de l'Europe Sud-Occidentale». *Doc. Phytosoc.*, núm. 9, p. 1-24.
- BURKE, I. C.; LAUENROTH, W. K.; RIGGLE, R.; BRANNEN, P.; MADIGAN, B.; BEARD, S. (1999). «Spatial variability of soils properties in the Shortgrass Steppe: the relative importance of topography, grazing, microsite, and plant species in controlling spatial patterns». *Ecosystems*, núm. 2, p. 422-438.
- BURKE, I. C.; REINERS W. A.; OLSON R. K. (1989). «Topographic control of vegetation in a mountain big sagebrush steppe». *Vegetatio*, núm. 84, p. 77-86.
- BURTON, P. J.; BAZZAZ, F. A. (1991). «Tree seedling emergence on interactive temperature and moisture gradients and in patches old-field vegetation». *American Journal of Botany*, núm. 78 (1), p. 131-149.
- BUSQUETS, P.; DOMÍNGUEZ, A.; VILAPLANA, M. (1979). *Geologia d'Osona*. Vic: Eumo.
- BUTLER, J.; GOETZ, H.; RICHARDSON, J. L. (1986). «Vegetation and soil landscape relationship in the North-Dakota badlands». *The American Midland Naturalist*, núm. 116 (2), p. 378-386.

- CALLOT, G.; CHAMAYOU, H.; MAERTENS, C.; SALSAC, L. (1982). *Mieux comprendre les interactions sol-racine*. París: INRA.
- CALVET J.; CLOTET, N.; GALLART, F. (1980). «Mapa geomorfológico». A: *Mapa geológico de España, E. 1 : 50.000, VIC*. Madrid: IGME.
- CAMPBELL, G. S. (1974). «A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data». *Soil Science*, núm. 117 (6), p. 311-314.
- CANALS, R. M. (1992). *Dinàmica de l'herba i qualitat de les pastures subalpines del pla de Rus (Pirineu Oriental)*. Projecte final de carrera. Lleida: Universitat de Lleida. ETSEA.
- CANALS, R. M.; SEBASTIÀ, M. T. (1992). «Comparación de la dinámica productiva de pastos pirenaicos protegidos y bajo condiciones de explotación». A: *Actas de la XXXII Reunión Científica de la SEEP*. Pamplona. P. 267-272.
- CARDONA, M. A. (1980). «Funcionalisme i ecologia d'algunes comunitats vegetals barcelonines». Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Arxius de la Secció de Ciències; 59), p. 1-348.
- CASALS, P.; ROMANYÀ, J.; CORTINA, J.; BOTTLNER, P.; COÛTEAUX, M. M.; VALLEJO, R. (2000). «CO₂ efflux from a Mediterranean semi-arid forest soil. I. Seasonality and effects of stoniness». *Biogeochemistry*, núm. 48 (3), p. 261-281.
- CASAS, C.; GUÀRDIA, R.; NINOT, J. M. (1989). «Dues noves comunitats de *Thero-Brachypodium* a les terres catalanes». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, núm. 57, p. 95-103.
- CASAS, C.; NINOT J. M. (1995). «Estudi fitocenològic de les pastures de la plana de Vic. I: comunitats vivaces (Mesobromion i Aphyllanthion)». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, núm. 62, p. 25-52.
- (1996). «Estudi fitocenològic de les pastures de la plana de Vic. II: comunitats terofítiques (Thero-Brachypodietea) i síntesi». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, núm. 63, p. 27-50.
- (1999). «Relación entre microclima y vegetación pratense en "la Plana de Vic" (Cataluña)». *Ecologia Mediterranea*, núm. 25 (1), p. 41-56.
- CATURLA, R. N.; RAVENTÓS, J.; GUÀRDIA, R.; VALLEJO, V. R. (2000). «Early post-fire regeneration dynamics of *Brachypodium retusum* Pers. (Beauv) in old fields of the Valencia region (eastern Spain)». *Acta Oecologica*, núm. 21 (1), p. 1-12.
- CHANG, D. H. S.; GAUCH, H. G. (1986). «Multivariate analysis of plant communities and environmental factors in Ngari, Tibet». *Ecology*, núm. 67 (6), p. 1568-1575.
- CHAPIN, F. S. (1993). «Functional role of growth forms in ecosystems and global process». A: EHLINGER, J. R.; FIELD, C. B. [ed.]. *Scaling physiological processes: Leaf to globe*. Londres: Academic Press, p. 287-312.
- CHOCARRO, C. (1990). *Estudios ecológicos sobre los prados de siega del Pirineo Central español: composición florística, producción y calidad*. Tesis doctoral. Pamplona: Universidad de Navarra.
- CHOCARRO, C.; FANLO, R.; FILLAT, F.; GARCÍA, A.; GARCIA, B. (1988). «Comparaciones entre 1º y 2º corte en prados pirenaicos». A: *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la SEEP*. Jaca. P. 203-211.
- CHOISNEL, E.; PAYEN, D. (1984). «Caractérisation du climat méditerranéen par l'étude du bilan hydrique du sol et du bilan énergétique de surface. Aspects macroclimatiques et microclimatiques». *Bull. Soc. Bot. Fr.*, núm. 131, p. 277-293.
- CORONA, E. P.; GARCÍA, L.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B. R.; GARCÍA, B. (1991). «Producción

- de pastizales en zonas semiáridas según un gradiente topográfico». A: *Actas de la XXXI Reunión Científica de la SEEP*. Murcia. P. 304-309.
- CORREIA, O. A.; CATARINO, F. M. (1994). «Seasonal changes in soil-to-leaf resistance in *Cistus* sp. and *Pistacia lentiscus*». *Acta Oecologica*, núm. 15 (3), p. 289-300.
- CUADRAS, C. M. (1991). *Métodos de análisis multivariante*. Barcelona: PPU.
- CUADRAS, C. M.; SÁNCHEZ, P. (1990). *Métodos de regresión y análisis de la varianza*. Barcelona: Universitat de Barcelona. Departament d'Estadística.
- DAGET, Ph. (1984). «Introduction à une théorie générale de la méditerranéité». *Bull. Soc. Bot. Fr.*, núm. 131, p. 31-36.
- DAGET, Ph.; POISSONET, J.; POISSONET, P. (1977). «Le statut thérophytique des pelouses méditerranéennes du Languedoc». *Colloq. Phytosoc.*, núm. VI, p. 81-99.
- DANIN, A.; ORSHAN, G. (1990). «The distribution of Raunkier life forms in Israel in relation to the environment». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 41-48.
- DEVIDAS, S.; PUYPEAUD, J. P. (1995). «Primary productivity of the herbaceous layer in a grazed savanna, Bandipur National Park, southern India». *Acta Oecologica*, núm. 16 (4), p. 491-505.
- DÍAZ PINEDA, F. (1989). *Ecología I: ambiente físico y organismos vivos*. Madrid: Síntesis.
- DIDIER, A.; POUDÉVIGNE, I. (2000). «Diversity patterns in grasslands along a landscape gradient in northwestern France». *J. Veg. Sci.*, núm. 11, p. 287-294.
- DODD, M. B.; LAUENROTH, W. K. (1997). «The influence of soil texture on the soil water dynamics and vegetation structure of a shortgrass steppe ecosystem». *Plant Ecology*, núm. 133, p. 13-28.
- DUCHAFOUR, P. (1963). «Relación suelo vegetación». *Anal. Edaf. Agrob.*, núm. 22, p. 45-51.
- (1987). *Manual de edafología*. Barcelona: Masson.
- EPSTEIN, H. E.; LAUENROTH, W. K.; BURKE, I. C. (1997). «Effects of temperature and soil texture on ANPP in the U. S. Great Plains». *Ecology*, núm. 78 (8), p. 2628-2631.
- EPSTEIN, H. E.; LAUENROTH, W. K.; BURKE, I. C.; COFFIN, D. P. (1998). «Regional productivities of plant species in the Great Plains of the United States». *Plant Ecology*, núm. 134, p. 173-195.
- ESCUADERO, A.; REGATO, P. (1992). «Ordenación de la vegetación de las torcas de la Serranía de Cuenca y sus relaciones con algunos factores del medio». *Orsis*, núm. 7, p. 41-55.
- EVANS R. A.; YOUNG, J. A. (1989). «Characterization and analysis of abiotic factors and their influences on vegetation». A: HUENNEKE, L. F.; MOONEY, H. [ed.]. *Grassland structure and function: California annual grassland*. Holanda: Kluwer Academic Publishers, p. 13-28.
- FANLO, R.; CHOCARRO, C. (1989). «Influencia del "efecto corte" sobre la variación florística y la producción de los prados de dalla: Pirineo Aragonés». *Options Méditerranéennes*, p. 341-344. (Série Séminaires; 3)
- FANLO, R.; CHOCARRO, C.; FILLAT, F. (1991). «Distribución de la biomasa aérea en el primer corte en un prado de siega pirenaico». A: *Actas de la XXXI Reunión Científica de la SEEP*. Murcia. P. 257-261.
- FAO-UNESCO (1989). *Carte mondiale des sols*. Roma.
- FERNÁNDEZ ALÉS, R.; LEIVA, M. J. (1997). «Grazing effect on NPP in Mediterranean grasslands of SW Spain». A: *Proceedings of the International Workshop Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems*. Tessalónica. P. 23-25.

- FERRÁN, M. (1997). *SPSS para Windows: Programación y análisis estadístico*. Madrid: Mc. Graw Hill.
- FERRE, E.; DÍEZ, B.; ASENSE, A. (1985). «Relaciones geomorfología-vegetación en el litoral sudeste de la provincia de Almería (España)». *Documents Phytosociologiques*, núm. IX, p. 445-454.
- FERRER, C.; AMELLA, A.; MAESTRO, M.; BROCA, A.; ASCASO, J. (1990). «Praderas naturales de regadío de los fondos de valle del Pirineo Central (Huesca): suelo, manejo, flora, producción y calidad». A: *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*. Sant Sebastià. P. 168-175.
- FERRER, E. (1986). *Els sòls de la plataforma calcària del Far: característiques i relacions amb la vegetació*. Tesi de llicenciatura. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- FILLAT, F.; GARCÍA-RUIZ, J. M.; MONTSERRAT, P.; VILAR, LL. (1984). *Els pasturatges: Funcionalisme i aprofitament dels ecosistemes pastorals*. Barcelona: Diputació de Barcelona. Servei del Medi Ambient. (Quaderns d'Ecologia Aplicada; 7)
- FITTER, A. H. (1982). «Influence of soil heterogeneity on the coexistence of grassland species». *Journal of Ecology*, núm. 70, p. 139-148.
- FLORET, C.; GALAN, N. J.; LE FLOC'H, E.; ORSHAN, G.; ROMANE, F. (1987). «Local characterization of vegetation through growth forms: Mediterranean *Quercus ilex* coppice as an example». *Vegetatio*, núm. 71, p. 3-11.
- FLORET, C.; PONTANIER, P. (1984). «Aridité climatique, aridité édaphique». *Bull. Soc. Bot. Fr.*, núm. 131, p. 265-275.
- FOLCH, R. (1981). *La vegetació dels Països Catalans*. Barcelona: Ketres.
- FONT, X. (1989). *Estructura, tipologia i ecologia de les pastures montanes de la Cerdanya*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Arxius de la Secció de Ciències; 88)
- (1990). «XTRINAU (ver. 1.0): un programa para la gestión de los inventarios fitocenológicos». *Monogr. Inst. Pir. Ecol.*, núm. 5, p. 531-539.
- (1993). *Estudis geobotànics sobre els prats xeròfils de l'estatge montà del Pirineus*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans. (Arxius de la Secció de Ciències; 90)
- FONTSERÈ, E. (1937). «L'anomalia tèrmica de la plana de Vic». *Notes Est. Serv. Metereol. Cat.*, núm. 49, p. 1-37.
- GARDNER, W. R.; NIEMAN, R. H. (1964). «Lower limit of water availability to plants». *Science*, núm. 143, p. 1460-1462.
- GAUCH, H. G. (1982). *Multivariate analysis in community ecology: Cambridge studies in ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- GÉHU, J. M.; RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1981). «Notions fondamentales de phytosociologie». A: *Syntaxonomische Colloque*. Berichte Int. Symp. Verien. Vegetat. Herausg. R. Tüxen, p. 5-33.
- GÉHU, J. M.; GÉHU FRANCK, J.; SCOPPOLA, A. (1982). «Les pelouses crayeuses du Boulonnais et de l'Artois (Nord de la France). I: Analyse phytosociologique, écologique et dynamique». *Colloq. Phytosoc.*, núm. IX, p. 37-64.
- GENUCHTEN, M. Th. van (1980). «A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils». *Soil Sci. Soc. Am. J.*, núm. 54, p. 1519-1524.
- GITTINGS, R. (1965). «Multivariate approaches to limestone grassland community. I. A stand ordination». *J. Ecol.*, núm. 53, p. 385-425.
- GODRON, M. (1968). «Quelques applications de la notion de fréquence en écologie végétale». *Oecol. Plant.*, núm. 3 (3), p. 185-212.

- GOLDBERG, D.; NOVOPOLANSKY, A. (1997). «On the relative importance of competition in unproductive environments». *J. Ecol.*, núm. 85, p. 409-418.
- GÓMEZ SAL, A.; RODRÍGUEZ, M. A.; ÁLVAREZ, J.; PASCUAL, M. R. (1990). «Relación entre las porciones aérea y subterránea de la biomasa en distintas comunidades de pasto». A: *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*. Sant Sebastià.
- GOUGH, L.; GRACE, J. B.; TAYLOR, K. L. (1994). «The relationship between species richness and community biomass: the importance of environmental variables». *Oikos*, núm. 70, p. 271-279.
- GOUNOT, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. París: Masson.
- GREIG-SMITH, P. (1979). «Pattern in vegetation». *Journal of Ecology*, núm. 67, p. 755-779.
- GUÀRDIA R.; CASAS, C.; NINOT, J. M. (1998). «Phenological patterns in Mediterranean pastures and scrubs of Catalonia». *Acta Bot. Barc.*, núm. 45, p. 557-576. [Homenatge a Oriol de Bolòs]
- GUÀRDIA, R. (1995). *La colonització vegetal de les àrees erosionades de la conca de la Baells (Alt Llobregat)*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- GUÀRDIA, R.; NINOT, J. M. (1992). «Estructura de comunidades pratenses y subarbusivas en relación con gradientes topográficos en un área mediterránea continental». *Studia Oecologica*, núm. 9, p. 47-66.
- GUERRERO CAMPO, J. (1998). *Respuesta de la vegetación y de la morfología de las plantas a la erosión del suelo: Valle del Ebro y Prepirineo aragonés*. Saragossa: Publicaciones del Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- GUERRERO CAMPO, J.; ALBERTO, F.; HODGSON, J.; GARCÍA-RUIZ, J. M.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. (1999a). «Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. I. Interactions with topographic factors and soil erosion». *Journal of Arid Environments*, núm. 41, p. 401-410.
- GUERRERO CAMPO, J.; ALBERTO, F.; MAESTRO, M.; HODGSON, J.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. (1999b). «Plant community patterns in a gypsum area of NE Spain. II. Effects of ion washing on topographic distribution of vegetation». *Journal of Arid Environments*, núm. 41, p. 411-419.
- GUINOCHET, M. (1973). *Phytosociologie*. París: Masson et Cie. (Collection d'Écologie; I)
- HÉDIN, L.; KERGUELEN, M.; MONTARD, F. (1972). *Écologie de la prairie permanente française*. París: Masson et Cie. (Col. Monogr. Bot. et Biol. Végét.; 5)
- HENKIN, Z.; SELIGMAN, N. G.; KAFKAFI, U.; PRINZ, D. (1998). «End-of-season soil water depletion in relation to growth of herbaceous vegetation in a sub-humid Mediterranean dwarf-shrub community on two contrasting soils». *Plant and Soil*, núm. 202, p. 317-326.
- HERBÈS, J. M. d' (1979). *Quelques bases physiologiques simples pour tenter d'interpréter la place occupée par quatre graminées dans deux communautés herbacées spontanées des garrigues du Montpelliéraines*. Tesis. Montpellier: Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- HILLEL, D. (1982). *Introduction to soil physics*. Londres: Academic Press.
- IGME (1983). *Mapa geológico de España, E. 1:50.000*. Vic. Madrid: Ministerio de Industria y Energía. Servicio de Publicaciones.
- ISARD, S. A. (1986). «Factors influencing soil moisture and plant community distribution on Niwot Ridge, Front Range, Colorado, U. S. A.». *Art. Alp. Res.*, núm. 18 (1), p. 83-96.
- IZCO, J.; AMIGO, J.; GUTIÁN, J. (1985). «El papel de la topografía en la transición euro-

- siberiano-mediterrànea en el extremo noroeste ibérico». *Coll. Phytosoc.*, núm. 13, p. 343-359.
- JACKSON, L. E.; ROY, J. (1986). «Growth patterns of mediterranean annual and perennial grasses under simulated rainfall regimes of southern France and California». *Acta Oecologica*, núm. 7 (21), p. 191-212.
- JANSSEN, J. G. M. (1973). «The relations between variation in edaphic factors and micro-distribution of winter annuals». *Acta Bot. Neerl.*, núm. 22 (2), p. 124-134.
- JHA, C. S.; SING, J. S. (1990). «Composition and dynamics of dry tropical forest in relation to soil texture». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 609-614.
- JIANG, H.; HUANG, J. H.; CHEN, L. Z.; YANG, C. Y.; YANG, X. Q. (1994). «DCA ordination, quantitative classification and environmental interpretation of plant communities in Dongling mountain». *Act. Bot. Sinica*, núm. 36 (7), p. 539-551.
- JOBBAGY, E. G.; SALA, O. E. (2000). «Controls of grass and shrub aboveground production in the Patagonian steppe». *Ecological Applications*, núm. 10 (2), p. 541-549.
- JOFFRE, R.; RAMBAL, S.; DAMESIN, C. (1999). «Functional attributes in Mediterranean-type ecosystems». A: PUGNAIRE, F. I.; VALLADARES, F. [ed.]. *Handbook of functional plant ecology*. Nova York; Basilea: Marcel Dekker, Inc., p. 347-380.
- KAMABU, V.; LEJOLY, J. (1989). «Phytomasses et productivités des pelouses calcicoles dans les environs de Peyresq (Alpes de Haute Provence, France)». *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, núm. 122, p. 18-24.
- KNAPP, A. K.; FAHNESTOCK, J. T.; HAMBURG, S. P.; STATLAND, L. B.; SEASTEDT, T. R.; SCHIMEL, D. S. (1993). «Landscape patterns in soil-plant water relations and primary production in tallgrass prairie». *Ecology*, núm. 74 (2), p. 549-560.
- KOVACS-LÁNG, E.; BYSTRITKAYA, T. L.; MÉSZÁRPS-CRASKOVITS, R.; SNAKIN, V. V. (1989). «Comparative study of the phytomass production of middle and east european steppes». *Acta Botanica Hungarica*, núm. 35 (1-4), p. 77-97.
- KRAMER, P. J. (1983). *Water relations of plants*. Nova York: Academic Press.
- KUTILEK, M.; NIELSEN, D. R. (1994). *Soil hydrology*. Cremlingen-Destedt: Catena Verlag.
- LACOSTE, A.; ROUX, M. (1971). «L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. I. L'analyse des données floristiques». *Oecol. Plant.*, núm. 6 (4), p. 353-369.
- (1972). «L'analyse multidimensionnelle en phytosociologie et en écologie. II. Analyse des données écologiques et l'analyse globale». *Oecol. Plant.*, núm. 7 (2), p. 125-146.
- LANE, D. R.; COFFIN, D. P.; LAUENROTH, W. K. (1998). «Effects of soil texture and precipitation on above-ground net primary productivity and vegetation structure across the Central grassland region of the United States». *Journal of Vegetation Science*, núm. 9, p. 239-250.
- LAPRAZ, G. (1962-1976). «Recherches phytosociologiques en Catalogne, chapitre 5». *Collect. Bot.* [Barcelona], núm. 6 (1-2), p. 49-171; núm. 6 (4), p. 545-607; núm. 8, p. 5-62; núm. 9, p. 77-181; núm. 10, p. 205-279.
- LARCHER, W. (1995). *Physiological plant ecology: Ecophysiology and stress physiology of functional groups*. 3a. ed. Berlín; Heidelberg: Springer-Verlag.
- LAUENROTH, W. K.; SALA, O. E. (1992). «Long-term forage production of North American shortgrass steppe». *Ecological Applications*, núm. 2 (4), p. 397-403.
- LEGENDRE, L.; LEGENDRE, P. (1979). *Écologie numérique, 1: Le traitement multiple des données écologiques, 2: La structure des données écologiques*. París: Masson.
- LEVASSOR, C.; DÍAZ PINEDA, F.; GONZÁLEZ BERNÁLDEZ, F. (1981). «Tipología de pastizales en relación con el relieve: la Sierra del Castillo (Madrid)». *Pastos*, núm. 11, p. 45-68.

- LIANG, Y. M.; HAZLETT, D. L.; LAUENROTH, W. K. (1989). «Biomass dynamics and water use efficiencies of five plant communities in the shortgrass steppe». *Oecologia*, núm. 80, p. 148-153.
- LIETH, H. (1975). «Modeling the primary productivity of the world». A: LIETH, H.; WHITTAKER, R. H. [ed.]. *Primary productivity of the biosphere*. Nova York: Springer-Verlag.
- LÖSCH, R. (1989). «Plant water relations». *Progress in Botany*, núm. 50, p. 27-42.
- MAAREL, E. van der; TITLYANOVA, A. (1989). «Above-ground and below ground biomass relations in steppes under different grazing conditions». *Oikos*, núm. 56 (3), p. 364-370.
- MADON, O.; MÉDAIL, F. (1997). «The ecological significance of annuals on a Mediterranean grassland (Mt. Ventoux, France)». *Plant Ecology*, núm. 129, p. 189-199.
- MAESTRO, M.; FERRER, C.; AMELLA, A.; BROCA, A.; ASCASO, J. (1990). «Praderas naturales de secano de los fondos de valle del Pirineo Central (Huesca): suelo, manejo, flora, producción y calidad». A: *Actas de la XXX Reunión Científica de la SEEP*. Sant Sebastià. P. 176-183.
- MAHBOUBI, A. A. (1980). *Étude in-situ du bilan hydrique pour quelques graminées: extraction de l'eau par le système racinaire et résistance à la sécheresse*. Tesis doctoral. Montpellier: Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- MARGALEF, R. (1980). *Ecología*. Barcelona: Omega.
- MARTINOVSKY, J. O. (1970). «Beitrag zur Kenntnis der spanischen und der nordafrikanischen Federgrassipen der Gruppe Pennatae. XV Studie der Gattung Stipa L.». *Anal. Ins. Bot. A. J. Cavanilles*, núm. 27, p. 55-84.
- MCINTYRE, S.; LAWREL, S. (1994). «How environmental and disturbance factors influence species composition in temperate Australian grasslands». *J. Veg. Sci.*, núm. 5, p. 373-384.
- MICHAUGHTON, S. J. (1968). «Structure and function in California grasslands». *Ecology*, núm. 49, p. 962-972.
- MENGHI, M.; PECO, B.; DÍAZ PINEDA, F. (1993). «Spatial organization of gneissic grasslands related to relief and soil variability». *Ber. Geobot. Institut ETH: Stiftung Rübel [Zurich]*, núm. 59, p. 106-123.
- MERCIER, P.; CHESSEL, D.; DOLÉDEC, S. (1992). «Complete correspondence analysis of an ecological profile data table: a central ordination method». *Acta Oecologica*, núm. 13 (1), p. 25-44.
- MEYER, S. E.; GARCÍA-MOYA, E.; LAGUNES-ESPINOZA, L. C. (1992). «Topographic and soil surface effects on gypsophile plant community patterns in central Mexico». *J. Veg. Sci.*, núm. 3, p. 429-438.
- MILCHUNAS, D. G.; FORWOOD, J. R.; LAUENROTH, W. K. (1994). «Productivity of long-term grazing treatments in response to seasonal precipitation». *J. Rang Manage.*, núm. 47 (2), p. 133-139.
- MILLER, N. G.; ALPERT, P. (1984). «Plant association and edaphic features of a high mesotopographic setting». *Arc. Alp. Res.*, núm. 16, p. 11-24.
- MILLER, P. C. (1982). «Environmental constraints to vegetation form in mediterranean ecosystems». *Ecologia Mediterranea*, núm. VIII (1/2), p. 411-416.
- MILNER, C.; ELFFYN HUGHES, R. (1968). *Methods for the measurement of the primary production of grassland*. Oxford (UK): Blackwell Scientific Publications. (IBP Handbook; 6)

- MONTALVO, J.; LEVASSOR, C.; CASADO, M. A.; PINEDA, F. D. (1993). «Stability of ecological systems: variation trends and control mechanisms in Mediterranean grasslands». *Pirineos*, núm. 141-142, p. 35-46.
- MONTALVO, J.; ORTEGA, M.; CASADO, M. A.; LEVASOR, C.; PECO B.; PINEDA, F. D. (1987). «Estructura y productividad de pastos mediterráneos en un gradiente ambiental». A: *Actas de la Reunion Científica de la SEEP*. Maó-Palma. P. 469-482.
- MONTAÑA, C.; GREIG-SMITH, P. (1990). «Correspondence analysis of species by environmental variable matrices». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 453-460.
- MONTSERRAT, P. (1960). «El mesobromion prepirenaico». *Anal. Inst. Bot. A. J. Cavanilles*, núm. 18, p. 295-304.
- MORENO, J. M.; PINEDA, F. D.; RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1990). «Climate and vegetation at the Eurosiberian-Mediterranean boundary in the Iberian Peninsula». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 233-244.
- NAEEM, S.; HAKANSSON, K.; LAWTON, J. H.; CRAWLEY, M. J.; THOMPSON, L. J. (1996). «Biodiversity and plant productivity in a model assemblage of plant species». *Oikos*, núm. 76, p. 259-264.
- NAHAL, I. (1982). «Rôle des facteurs édaphiques dans l'organisation de la végétation méditerranéo-orientale». *Ecologia Mediterranea*, núm. VIII (1/2), p. 135-136.
- NEDJRAOUT, D.; TOUFFET. (1994). «Influence des conditions stationnelles sur la production de l'Alfa (*Stipa tenacissima* L.)». *Ecologia Mediterranea*, núm. XX (1/2), p. 67-75.
- NOGUCHI, Y. (1992). «Hydrometeorological differences between opposite valley slopes and vegetation asymmetry in Hawaii». *J. Veg. Sci.*, núm. 3, p. 231-238.
- NOY-MEIR, I.; GUTMAN, M.; KAPLAN, Y. (1989). «Responses of mediterranean grassland plants to grazing and protection». *Journal of Ecology*, núm. 77, p. 290-310.
- ORSHAN, G. (1983). «Approaches to the definition of Mediterranean growth forms». A: KRUGER F. J.; MITCHELL D. T.; JARVIS, J. U. M. [ed.]. *Mediterranean-type ecosystems*. Berlín: Springer. (Ecological Studies; 43), p. 86-100.
- PAGNOTTA, M. A.; SNAYDON, R. W.; COCKS, P. S. (1997). «The effects of environmental factors on components attributes of a Mediterranean grassland». *Journal of Applied Ecology*, núm. 34, p. 29-42.
- PANAREDA, J. M. (1996). *Resum de geografia física de Catalunya*. Vic: Eumo.
- PARUELO, J. M.; LAUENROTH, W. K.; BURKE, I.; SALA, O. E. (1999). «Grassland precipitation-use efficiency varies across a resource gradient». *Ecosystems*, núm. 2, p. 64-68.
- PARUELO, J. M.; SALA, O. E. (1995). «Water losses in the Patagonian steppe: a modelling approach». *Ecology*, núm. 76 (2), p. 510-520.
- PAUL, P.; RICHARD, Y. (1968). «Études expérimentales sur le déterminisme de la composition floristique des pelouses xérophiles. I. L'action autoécologique du sol sur les espèces calcicoles et calcifuges». *Oecol. Plant.*, núm. 3 (1), p. 29-48.
- PECO, B.; QUINTAS, M. A. G.; RUIZ, M.; PINEDA, F. D. (1980). «Análisis de correlación canónica aplicado al estudio de pastizales en una cuenca granítica». *Studia Oecologica*, núm II, p. 91-114.
- PEREIRA, J. S.; CHAVES, M. M. (1993). «Plant water deficits in Mediterranean ecosystems». A: SMITH, J. A. C.; GRIFFITHS, H. [ed.]. *Water deficits: Plant responses from cell to community*. Londres: Bios and Scientific Publishers.
- PÉREZ CORONA, M. E.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B. R.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIA-

- DO, B. (1996). «Variación de la riqueza específica y producción aérea de biomasa en pastizales semiáridos». A: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*. La Rioja. p. 149-152.
- PÉREZ CORONA, M. E.; VÁZQUEZ DE ALDANA, B. R.; GARCÍA CRIADO, B.; GARCÍA CIUDAD, A. (1998). «Variations in nutritional quality and biomass production of semi-arid grasslands». *J. Range Manage.*, núm. 51, p. 570-576.
- POISSONET, P. (1969). *Comparaison de plusieurs méthodes d'étude de la végétation des formations herbacées denses*. Montpellier: CNRS: CEPE.
- PORTA, J. (1983). *Sinedares: Sistema de información edafológica y agronómica de España: Manual para la descripción codificada de suelos en el campo*. Madrid: MAPA.
- (1985). «Sòl». A: FOLCH, R. [dir.]. *Història natural dels Països Catalans*. Vol. 3: *Recursos geològics i sòl*. Barcelona: Enciclopèdia Catalana, p. 273-424.
- PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. (1999). *Edafología: Para la agricultura i el medio ambiente*. 2a ed. Barcelona: Mundi-Prensa.
- POUGET, M. (1980). *Les relations sol-végétation dans les steppes sud-algéroises*. París. (Travaux et Documents de l'ORSTOM; 116)
- PRICE, W. L. (1971). «Vegetation, microtopography, and depth of active layer on different exposures in subarctic alpine tundra». *Ecology*, núm. 52, p. 638-647.
- PUERTO, A. (1993). «Disrupciones de la secuencia estructural en sistemas de ladera (pastos mediterráneos)». *Orsis*, núm. 8, p. 95-106.
- PUERTO, A.; RICO, M.; GARCÍA, J. A.; RODRÍGUEZ, R. (1983). «Estructura de la vegetación y profundidad del suelo en una microtransección». *Studia Oecologica*, núm. IV, p. 153-166.
- PUERTO, A.; RICO, M.; LÓPEZ, A.; FERNÁNDEZ, J. (1980). «Influencia de la topografía y de la profundidad del suelo en la ordenación de muestras procedentes de una comunidad de pastizal». *Studia Oecologica*, núm. II, p. 25-37.
- PUERTO, A.; RICO, M.; MATÍAS, M. D.; GARCÍA, J. A. (1990). «Variation in structure and diversity in Mediterranean grasslands related to trophic status and grazing intensity». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 445-452.
- PUIGDEFÁBREGUES, J.; PUGNAIRE, F. I. (1999). «Plant survival in arid environments». A: PUGNAIRE, F. I.; VALLADARES, F. [ed.]. *Handbook of functional plant ecology*. Nova York; Basilea: Marcel Dekker, Inc., p. 381-405.
- RAINER, H. (1990). «Community composition and soil properties in northern Bolivian savanna vegetation». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 345-352.
- RAJAKORPI, A. (1987). «Topographic, microclimatic and edaphic control of the vegetation in the central part of Hämeen kangas esker complex, western Finland». *Acta Bot. Fennica*, núm. 134, p. 1-70.
- RAJKAI, K.; VARALLYAY, G. (1989). «Estimating soil water retention from simpler properties by regression techniques». A: GENUCHTEN, M. Th. van; LEIJ, F. J.; LUND, L. J. [ed.]. *Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. Riverside: University of California. Department of Soil and Environmental Sciences, p. 417-426.
- RAMÍREZ-SANZ, L.; CASADO, M. A.; MIGUEL, J. M. de; CASTRO, I.; COSTA, M.; PINEDA, F. D. (2000). «Floristic relationship between scrubland and grassland patches in the Mediterranean landscape of the Iberian Peninsula». *Plant Ecology*, núm. 149, p. 63-70.
- RAUNKIER, C. (1937). *Plant life forms*. Oxford: Clarendon.

- RAWLINS, S. L.; GARDNER, W. R.; DALTON, F. N. (1968). «*In situ* measurement of soil and plant leaf water potential». *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, núm. 32, p. 468-470.
- RAWLS, J. W.; AHUJA, L. R.; BRAKENSIEK, D. L. (1989). «Estimating soil hydraulic properties from soils data». A: GENUCHTEN, M. Th. van; LEIJ, F. J.; LUND, L. J. [ed.]. *Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. Riverside: University of California. Department of Soil and Environmental Sciences, p. 329-340.
- REGUANT, S.; BUSQUETS, P.; VILAPLANA, M. (1986). *Geologia de la plana de Vic*. Vic: Patronat d'Estudis Ausonencs.
- REMÓN, J. M. (1997). *Estructura y producción de pastos en el alto Pirineo Occidental*. Tesis doctoral. Pamplona: Universidad de Navarra.
- REMÓN, J. L.; ALVERA, B. (1989). «Biomasa y producción herbácea en un puerto pirenaico de verano». *Options Méditerranéennes*, p. 289-292. (Série Séminaires; 3)
- REPARAZ, G. de (1928). *La plana de Vic*. Barcelona: Barcino. 340 p.
- (1982). *La plana de Vic*. Vic: Eumo. [Edició facsímil]
- RETUERTO, R.; CARBALLEIRA, A. (1992). «Use of direct gradient analysis to study the climate-vegetation relationships in Galicia, Spain». *Vegetatio*, núm. 101, p. 183-194.
- RIBA, O.; BOLÓS, O. de; PANAREDA, J. M.; NUET, J.; GOSÁLBEZ, J. (1976). *Geografía física dels Països Catalans*. Barcelona: Ketres.
- RIPLEY, E. A. (1994) «Water flow». A: COUPLAND, R. T. [ed.]. *Natural grasslands*. Amsterdam; Londres; Nova York; Tòquio: Elsevier, p. 7-24.
- RITCHER, R. (1976). «The water status in the plant experimental evidence». A: LANGE, O. L.; KAPPEN, L.; SHULZE, E.-D. [ed.]. *Water and plant life*. Berlín; Heidelberg; Nova York: Springer-Verlag, p. 43-58.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S. (1977). «Sur la syntaxonomie des pelouses thérophytiques de l'Europe occidentale». *Colloq. Phytosoc.*, núm. VII, p. 55-71.
- (1982). «Series de vegetación de la región eurosiberiana de la Península Ibérica». *Lazaroa*, núm. 4, p. 155-166.
- (1983). «Pisos bioclimáticos de España». *Lazaroa*, núm. 5, p. 33-43.
- (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Madrid: ICONA.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S.; ABELLÓ, R. P.; PINEDA, F. D.; BERNÁLDEZ, F. G.; LEVASSOR, C. (1980). «Comunidades de pastizal del monte del Pardo (Madrid)». *Studia Oecologica*, núm. II, p. 59-80.
- RODRÍGUEZ, M. A. (1993). *Estructura aérea y subterránea de pastos de montaña en relación con el aprovechamiento*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- RODRÍGUEZ, M. A.; YANGUAS, M.; ÁLVAREZ, J.; GÓMEZ SAL, A. (1988). «Contribución de las especies cespitosas de Festuca a la composición y biomasa de los pastos en zonas de montaña cantábrica». A: *Actas de la XXVIII Reunión Científica de la SEEP*, p. 245-254.
- ROMERO, C. (1984). «Revisión taxonómica del género Avenula en la Península Ibérica e Islas Baleares». *Lagascalia*, núm. 13 (1), p. 39-146.
- ROQUER, S.; VILA, A. (1981). *La població d'Osona: Evolució i estructura*. Vic: Eumo.
- ROY, J.; GARNIER, E.; JACKSON, E. (1987). «Response of two perennial grasses to water availability in different habitats related to successional change under Mediterranean climate conditions». A: TENHUNEN, J. D.; CATARINO, F. M.; LANGE, O. L.;

- OECHEL, W. C. [ed.]. *Plant response to stress*. Berlín; Heidelberg; Nova York; Londres; París; Tòquio: Springer-Verlag, p. 175-190.
- SALA, O. E.; GOLLUSCIO, R. A.; LAUENROTH, W. K.; SORIANO, A. (1989). «Resource portioning between shrubs and grasses in the Patagonian steppe». *Oecologia*, núm. 81, p. 501-505.
- SALA, O. E.; LAUENROTH, W. K.; PARTON, W. J. (1992). «Long-term soil water dynamics in the shortgrass steppe». *Ecology*, núm. 73 (4), p. 1175-1181.
- SALA, O. E.; LAUENROTH, W. K.; PARTON, W. J.; TRLICA, M. J. (1981). «Water status of soil and vegetation in a shortgrass steppe». *Oecologia*, núm. 48, p. 327-331.
- SALA, O. E.; PARTON, W. J.; JOYCE, L. A.; LAUENROTH, W. K. (1988). «Primary production of the central grassland region of the United States». *Ecology*, núm. 69 (1), p. 40-45.
- SAVAGE, M. J.; RITCHIE, J. T.; BLAND, W. L.; DUGAS, W. A. (1996). «Lower limit of soil water availability». *Agron. J.*, núm. 88, p. 644-651.
- SAXTON, K. E.; RAWLS, J. S.; ROMBERGER, J. S.; PAPENDICK, R. I. (1986). «Estimating generalized soil-water characteristics from texture». *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, núm. 50, p. 1031-1036.
- SCHIMEL, D.; STILLWELL, M. A.; WOODMANSEE, R. G. (1985). «Biogeochemistry of C, N and P in a soil catena of the shortgrass steppe». *Ecology*, núm. 66, p. 276-282.
- SEBASTIÀ, M. T. (1991a). *Els prats subalpins prepirinencs i els factors ambientals*. Tesi doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- (1991b). «Estructura horitzontal i vertical de les pastures de Sant Jaume de Frontanà». *Ilerda: «Ciències»*, núm. 49, p. 103-111.
- (1992). «Dinàmica estacional de l'herba als prats montans de Sant Jaume de Frontanà (Pirineus Orientals)». *Fol. Bot. Misc.*, núm. 8, p. 189-197.
- SEBASTIÀ, M. T.; CANALS, R. M. (1992). «Evolución de la biomasa de los grupos taxonómicos y funcionales de plantas en comunidades pascícolas pirenaicas». *Orsis*, núm. 7, p. 113-124.
- SHANKAR, U.; PANDEY, H. N.; TRIPATHI, R. S. (1993). «Phytomass dynamics and primary productivity in humid grasslands along altitudinal and rainfall gradients». *Acta Oecologica*, núm. 14 (2), p. 197-209.
- SHAVER, G. R.; LAUNDRE, J. A.; GIBLIN, A. E.; NADELHOFFER, K. J. (1996). «Changes in live plant biomass, primary production and species composition along a riverside toposequence in Artic Alaska, U. S. A». *Art. and Alp. Res.*, núm. 28 (3), p. 363-379.
- SHEIN, E. V.; PACHEPSKY, Ya. A. (1995). «Influence of root density on the critical soil water potential». *Plant and Soil*, núm. 171, p. 351-357.
- SHMIDA, A.; BURGUESS, T. L. (1988). «Plant growth-form strategies and vegetation types in arid environments». A: WERGER, M. J. A.; AART, P. J. M. van der; DURING, H. J.; VERHOEVEN, J. T. A. [ed.]. *Plant form and vegetation structure*. La Haia: SPB Academic Publishing, p. 211-241.
- SILVERTOWN, J.; DODD, M. E.; CONWAY, K. M.; POTTS, J.; CRAWLEY, M. (1994). «Rainfall, biomass variation, and community composition in the park grass experiment». *Ecology*, núm. 75 (8), p. 2430-2437.
- SIMS, P. L.; SINGH, J. S.; LAUENROTH, W. K. (1978a). «The structure and function of ten western north American grasslands. I. Abiotic and vegetational characteristics». *Journal of Ecology*, núm. 66, p. 251-285.
- (1978b). «The structure and function of ten western north American grasslands. III.

- Net primary production, turnover and efficiencies of energy capture and water use». *Journal of Ecology*, núm. 66, p. 573-597.
- SINGH, J. S.; LAUENROTH, W. K.; STEINHORST, R. K. (1975). «Review and assessment of various techniques for estimating net aerial primary production in grasslands from harvest data». *The Botanical Review*, núm. 41 (2), p. 181-232.
- SINGH, J. S.; MILCHUNAS, D. G.; LAUENROTH, W. K. (1998). «Soil water dynamics and vegetation patterns in a semiarid grassland». *Plant Ecology*, núm. 134, p. 77-89.
- SOIL SURVEY STAFF (1975). *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Estats Units: Department of Agriculture. Soil Conservation Service. (Agriculture Handbook; 436)
- SOKAL, R.; ROHLF, F. J. (1995). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. 3a ed. Nova York: W. H. Freeman and Company.
- SOLÉ SABARÍS, LL. (1958-1968). *Geografia de Catalunya*. Barcelona: Aedos.
- SPSS. *SPSS 9.0: Manual de usuario*. Chicago: SPSS Inc.
- STOUTJESDIJK, Ph.; BARKMAN, J. J. (1992). *Microclimate, vegetation and fauna*. Suècia: Opulus Press AB.
- SUNDRIYAL, R. C. (1992). «Structure, productivity and energy flow in an alpine grassland in the Garhwal Himalaya». *J. Veg. Sci.*, núm. 3, p. 15-20.
- TALAVERA, S.; VALDÉS, B. (1976). «Revisión del género *Cirsium* (Compositae) en la Península Ibérica». *Lagascalia*, núm. 5 (2), p. 127-223.
- TER BRAAK, C. J. F. (1987). «The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondance analysis». *Vegetatio*, núm. 69, p. 69-77.
- TER BRAAK, C. J. F.; GREMMEN, N. J. M. (1987). «Ecological amplitudes of plant species and the internal consistency of Ellenberg's indicator values for moisture». *Vegetatio*, núm. 69, p. 79-87.
- TER BRAAK, C. J. F.; PRENTICE, I. C. (1988). «A theory of gradient analysis». *Advances in Ecological Research*, vol. 18, p. 271-317.
- TERRADAS, J. (1972). *Clima y economía hídrica en comunidades vegetales de los Monegros*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- (1986). «El paisatge vegetal dels Monegros: assaig d'interpretació». *Orsis*, núm. 2, p. 71-95.
- TRLICA, M. J.; BIONDINI, M. E. (1990). «Soil water dynamics, transpiration, and water losses in a crested wheatgrass and native shortgrass ecosystem». *Plant and Soil*, núm. 126, p. 187-201.
- TUTIN, T. G. [et al.] [ed.]. (1964-1980). *Flora Europaea*. Cambridge: Cambridge University Press. 5 v.
- VALLEJO, V. R. (1983). *Estudio de los suelos forestales de la Depresión Central Catalana*. Tesis doctoral. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- (1986). «La distribució dels carbonats en els sòls de la Depressió Central Catalana». *Butll. Ins. Cat. Hist. Nat.*, núm. 53, p. 69-76.
- VALLS, A. (1999). *Revisió sintaxonòmica dels prats oromediterranis mesoxeròfils de l'ordre Ononidetalia striatae*. Tesis de llicenciatura. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- VÁZQUEZ DE ALDANA, B. R.; PÉREZ CORONA, E.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, B. (1996). «Mineral content in semiarid grassland systems as affected by community structure and soil characteristics». *Acta Oecologica*, núm. 17 (3), p. 245-259.

- VÁZQUEZ DE ALDANA, B. R.; PÉREZ CORONA, E.; GARCÍA CIUDAD, A.; GARCÍA CRIADO, L.; GARCÍA CRIADO, B. (1992). «Caracterización de pastizales en ecosistemas de dehesa según gradiente de ladera, fitomasa y composición mineral». A: *Actas de la XXXII Reunión Científica de la SEEP*. Pamplona. P. 32-36.
- VELASCO, F. (1975). «Estado actual de las investigaciones sobre la influencia de la vegetación en diversos procesos edáficos». *Anal. Inst. Bot. Cavanilles*, núm. 32 (2), p. 1131-1153.
- VERRIER, J. L. (1982). «Études phytosociologiques sur les pelouses calcicoles du Quercy». *Doc. Phytosoc.*, núm. 6, p. 407-441.
- VIGO, J. (1979). «Notes fitocenològiques, III. Els prats calcícoles montans a la vall de Ribes i zones properes». *Collect. Bot.* [Barcelona], núm. 11, p. 329-385.
- (1983). «El poblament vegetal de la vall de Ribes. Generalitats. Catàleg florístic». *Acta Bot. Barcin.*, núm. 35, p. 1-793.
- (1996). *El poblament vegetal de la vall de Ribes: Les comunitats vegetals i el paisatge: Mapa de vegetació 1:50 000*. Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya.
- VINTON, M. A.; BURKE, I. C. (1995). «Interactions between individual plant species and soil nutrient status in shortgrass steppe». *Ecology*, núm. 76, p. 16-33.
- VIVES, J. (1964). «Vegetación de la alta cuenca del Cardener. Estudio florístico y fitocenológico comarcal». *Acta Geobot. Barcinonensia* [Barcelona], núm. 1.
- WALKER, M. D.; WEBBER, P. J.; ARNOLD, E. H.; EBERT-MAY, D. (1994). «Effects of interannual climate variation on aboveground phytomass in alpine vegetation». *Ecology*, núm. 75, p. 393-408.
- WALTER, H. (1998). *Vegetació i zones climàtiques del món*. Barcelona: PPU.
- WARD, D.; WHITTAKER, O.; LAWES, M. (1993). «Vegetation-environment relationships in a Negev Desert erosion cirque». *J. Veg. Sci.*, núm. 4, p. 83-94.
- WEBB, W.; LAUENROTH, W. K.; SZAREK, S.; KINERSON, R. S. (1983). «Primary production and abiotic controls in forests, grasslands, and desert ecosystems in the United States». *Ecology*, núm. 64 (1), p. 134-151.
- WEBB, W.; SZAREK, S.; LAUENROTH, W. K.; KINERSON, R. S.; SMITH, M. (1978). «Primary productivity and water use in native forest, grassland, and desert ecosystems». *Ecology*, núm. 59 (6), p. 1239-1247.
- WHITTAKER, O. (1967). «Gradient analysis of vegetation». *Biol. Rev.*, núm. 49, p. 207-264.
- WHITTAKER, R. H. (1973). *Handbook of vegetation science: V: Ordination and classification of communities*. La Haia: Dr. W. Junk Publishers.
- WILLIAMS, J.; ROSS, P.; BRISTOW, K. (1989). «Prediction of the Campbell water retention function from texture, structure and organic matter». A: GENUCHTEN, M. Th. van; LEIJ, F. J.; LUND, L. J. [ed.]. *Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. Riverside: University of California. Department of Soil and Environmental Sciences, p. 427-441.
- WILLIAMS, R. D.; AHUJA, L. R.; NANEY, J. W. (1992). «Comparison of methods to estimate soil water characteristics from soil texture, bulk density, and limited data». *Soil Science*, núm. 153 (3), p. 172-184.
- WONDZELL, S. M.; LUDWIG, J. A. (1995). «Community dynamics of desert grasslands: influence of climate, landforms and soils». *J. Veg. Sci.*, núm. 6, p. 377-390.
- WONDZELL, S. M.; CUNNINGHAM, G. L.; BACHELET, D. (1996). «Relationships between

- landforms, geomorphic processes and plant communities on a watershed in the northern Chihuahuan desert». *Landscape Ecology*, núm. 11 (6), p. 351-362.
- WONDZELL, S. M.; CORNELIUS, J. M.; CUNNINGHAM, G. L. (1990). «Vegetation patterns, macrotopography, and soils on a Chihuahuan desert playa». *J. Veg. Sci.*, núm. 1, p. 403-410.
- WOODWARD, F. I. (1987). *Climate and plant distribution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- ZEDLER, J. B.; ZEDLER, P. H. (1969). «Association of species and their relationship to microtopography within old fields». *Ecology*, núm. 50 (3), p. 432-442.

Índex general

PRÒLEG	7
REGRACIAMENTS	9
PREÀMBUL	13
ABREVIACIONS	17
1. El medi físic	19
1.1. Situació geogràfica i límits de la plana de Vic	19
1.2. Substrat i relleu	19
1.2.1. Materials geològics	19
1.2.2. Relleu	22
1.3. Clima	23
1.3.1. Temperatures	23
1.3.2. Precipitacions	26
1.3.3. Boira	27
1.4. Vegetació	28
PART I: TIPIFICACIÓ DE LES PASTURES	
2. Tipus de prats i pastures	33
2.1. Introducció	33
2.2. Metodologia	34
2.2.1. Mostratge i aixecament dels inventaris	34
2.2.2. Elaboració de les dades	35
2.3. Descripció de les comunitats	35
2.3.1. Pastures vivaces	36
2.3.1.1. Pastures mesòfiles: <i>Euphrasio-Plantaginetum mediae</i> O. Bolòs 1954	36
2.3.1.2. Joncades: al. <i>Aphyllanthion</i> Br.-Bl. (1931) 1937	38

2.3.1.2.1.	Joncedes mesòfiles: <i>Plantagini-Aphyllanthes</i> O. Bolòs (1948) 1956	39
2.3.1.2.2.	Joncedes seques: <i>Brachypodio-Aphyllanthes</i> O. Bolòs 1956 em. 1967	40
2.3.1.2.2.1.	<i>Brachypodio-Aphyllanthes</i> O. Bolòs (1956) 1967 <i>typicum</i>	40
2.3.1.2.2.2.	Joncedes amb pelaguers: <i>Brachypodio-Aphyllanthes</i> O. Bolòs (1956) 1967 <i>stipetosum ibericae</i> Casas et Ninot 1995	41
2.3.1.2.2.3.	Llistonars: <i>Brachypodio-Aphyllanthes</i> O. Bolòs (1956) 1967 <i>brachypodietosum retusi nova</i> (= <i>sideritido hirsutae-brachypodietosum retusi</i> O. Bolòs (1959) 1960)	42
2.3.1.2.3.	<i>Thymo-Globularietum cordifoliae</i> O. Bolòs 1954	43
2.3.2.	Prats terofítics	43
2.3.2.1.	Prats d'annuals calcícoles: al. <i>Thero-Brachypodion</i> Br.-Bl. 1925	43
2.3.2.1.1.	<i>Brachypodio-Stipetum ibericae</i> O. Bolòs 1954 <i>typicum</i>	44
2.3.2.1.2.	<i>Brachypodio-Stipetum ibericae</i> O. Bolòs 1959 <i>centaurietosum pulchelli nova</i> (= <i>euphrasio-centaurietosum pulchelli</i> Casas et Ninot 1989)	46
2.3.2.1.3.	<i>Sedetum micrantho-sediformis</i> O. Bolòs et Masalles 1983	48
2.3.2.2.	Pradells d'annuals acidòfils: <i>Helianthemum guttati</i> Br.-Bl. 1931	48
2.4.	Síntesi	49
PART II: ELS FACTORS AMBIENTALS I LES PASTURES		
3.	Factors climàtics: temperatures	63
3.1.	Introducció	63
3.2.	Metodologia	64
3.3.	Dades climàtiques del període d'estudi	66
3.4.	Resultats	68
3.4.1.	Comparació entre les estacions i l'observatori de Vic	68
3.4.2.	Comparació entre les temperatures a 1,2 m i a 0,2 m	71
3.4.3.	Comparació de les temperatures a 0,2 m entre obaga, solana i carena	71
3.5.	Discussió	75
4.	Factors edàfics	81
4.1.	Introducció	81
4.2.	Metodologia	82

4.2.1.	Mostratge	82
4.2.2.	Metodologia analítica	83
4.2.2.1.	Paràmetres fisicoquímics	83
4.2.2.2.	Règim hídric del sòl	84
4.2.2.2.1.	Percentatge de la humitat del sòl	84
4.2.2.2.2.	Corbes característiques d'humitat	84
4.2.2.2.3.	Capacitat de retenció d'aigua disponible	85
4.2.2.2.4.	Potencial hídric del sòl	85
4.2.3.	Anàlisi de les dades	86
4.3.	Resultats	87
4.3.1.	Paràmetres físics: granulometria i densitat aparent	87
4.3.2.	Paràmetres químics	90
4.3.3.	Règim hídric dels sòls	95
4.3.3.1.	Corbes característiques d'humitat	95
4.3.3.2.	Capacitat de retenció d'aigua disponible	97
4.3.3.3.	Contingut hídric del sòl al llarg de l'any	97
4.3.3.4.	Potencial hídric dels sòls (ψ)	102
4.3.4.	Relació entre el règim hídric del sòl, la topografia i les característiques edàfiques	107
4.4.	Discussió	110
4.4.1.	Característiques fisicoquímiques	110
4.4.2.	Règim hídric del sòl	111
5.	Els factors ambientals i la distribució de les pastures	117
5.1.	Introducció	117
5.2.	Metodologia	119
5.2.1.	Fonaments teòrics de l'anàlisi de components principals i de l'anàlisi factorial de correspondències	119
5.2.2.	Aplicació de l'anàlisi factorial de correspondències i de l'anàlisi de components principals a les dades florístiques i edàfiques	120
5.3.	Resultats	120
5.3.1.	Anàlisi factorial de correspondències dels inventaris florístics	120
5.3.1.1.	Ordenació dels inventaris	120
5.3.1.2.	Ordenació de les espècies	123
5.3.2.	Anàlisi de components principals dels sòls de les pastures	128
5.3.3.	Relació entre l'anàlisi factorial de correspondències i l'anàlisi de components principals	130
5.4.	Discussió	130
PART III: RÈGIM HÍDRIC DELS SÒLS, BIOMASSA I PRODUCCIÓ DE LES JONCEDES MESÒFILES I DELS LLISTONARS		
6.	Característiques de les parcel·les	139
6.1.	Introducció	139
6.2.	Situació de les parcel·les	139
6.3.	Composició florística	140
6.4.	Els sòls de les parcel·les	146
6.4.1.	Metodologia	146

6.4.2.	Descripció i classificació dels perfils	146
6.4.3.	Característiques fisicoquímiques dels sòls	148
6.4.4.	Capacitat de retenció hídrica dels sòls	152
6.5.	Dades climàtiques del període d'estudi	155
6.5.1.	Temperatures i precipitacions	155
6.5.2.	Balanç hídric	158
7.	Règim hídric dels sòls de les joncedes mesòfiles i dels llistonars	161
7.1.	Introducció	161
7.2.	Metodologia	162
7.2.1.	Contingut hídric del sòl	163
7.2.2.	Corbes característiques d'humitat	163
7.2.3.	Potencial hídric del sòl	164
7.2.4.	Aigua disponible	164
7.2.5.	Anàlisi de les dades	165
7.3.	Resultats	165
7.3.1.	Corbes característiques d'humitat	165
7.3.2.	Contingut i potencial hídric del sòl	168
7.3.2.1.	Evolució al llarg de l'any	168
7.3.2.2.	Diferències segons la profunditat	171
7.3.2.3.	Diferències entre comunitats	177
7.3.3.	Aigua disponible i balanç hídric dels sòls	182
7.4.	Discussió	184
8.	Biomassa i producció primària aèria de les joncedes mesòfiles i dels llistonars	195
8.1.	Introducció	195
8.2.	Metodologia	197
8.2.1.	Mostratge	197
8.2.2.	Determinació de la biomassa	199
8.2.3.	Càlcul de la producció primària	199
8.2.4.	Anàlisi de les dades	201
8.3.	Resultats	202
8.3.1.	Dinàmica estacional de la biomassa aèria total	202
8.3.1.1.	Pes fresc	202
8.3.1.2.	Pes sec	205
8.3.2.	Percentatge de matèria seca	208
8.3.3.	Dinàmica temporal de la matèria vegetal viva (fracció verda) i de la matèria vegetal morta (fracció seca)	211
8.3.4.	Distribució de la biomassa aèria segons els grups vegetals	215
8.3.5.	Dinàmica de la biomassa aèria dels grups vegetals al llarg de l'any	222
8.3.5.1.	Graminoides	222
8.3.5.2.	<i>Brachypodium</i>	224
8.3.5.3.	Altres graminoides	225
8.3.5.4.	Fòrbies	225
8.3.5.5.	Camèfits llenyosos	227
8.3.6.	Producció primària aèria de les comunitats estudiades	227
8.4.	Resum i discussió	229

ÍNDEX GENERAL	297
8.4.1. Dinàmica estacional de la biomassa aèria total, de la matèria vegetal viva i de la matèria vegetal morta	229
8.4.2. Repartiment de la biomassa aèria en els diferents grups funcionals de plantes	233
8.4.3. Dinàmica de la biomassa dels diferents grups de plantes al llarg de l'any	235
8.4.4. Variabilitat entre turons	236
8.4.5. Producció primària aèria neta	237
9. Conclusions generals	239
ANNEXOS	
Annex 1. Registres de temperatures	245
Annex 2. Resultats de les anàlisis fisicoquímiques dels sòls	253
Annex 3. Descripció i classificació dels perfils edàfics corresponents a les joncedes mesòfiles i als llistonars	257
Annex 4. Característiques de les mostres de sòls utilitzades per a l'estudi del règim hídric del sòl de les joncedes i dels llistonars	271
BIBLIOGRAFIA	277

ARXIUS DE LES SECCIONS DE CIÈNCIES

Títols publicats*

- 1/1 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 1, núm. 1 (1 novembre 1911)
- 1/2 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 1, núm. 2 (1 juliol 1912)
- 1/3 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 1, núm. 3 (31 desembre 1912)
- 2/1 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 2, núm. 1 (1913)
- 2/2 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 2, núm. 2 (1914)
- 2/3 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 2, núm. 3 (1914)
- 3/1 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 3, núm. 1 (1915)
- 3/2 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 3, núm. 2 (1915)
- 3/3 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 3, núm. 3 (1915)
- 4/1 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 1 (1916)
- 4/2 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 2 (1916)
- 4/3 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 3 (1916)
- 4/4 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 4 (1916)
- 4/5 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 5 (1916)
- 4/6 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 6 (1916)
- 4/7 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 7 (1916)
- 4/8 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 8 (1916)
- 4/9 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 4, núm. 9 (1916)
- 5/1 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 5, núm. 1 (1917)
- 5/2 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 5, núm. 2 (1917)
- 5/3 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 5, núm. 3 (1917)
- 5/4 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 5, núm. 4 (1917)
- 5/5 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 5, núm. 5 (1917)
- 5/6 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 5, núm. 6 (1917)
- 6/1 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 6, núm. 1 (1918)
- 6/2-5 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 6, núm. 2-5 (1918)
- 6/6-9 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 6, núm. 6-9 (1918)
- 7 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 7 (1919)
- 8 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 8 (1920)
- 9 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 9 (1921)
- 10 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 10 (1922)
- 11 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 11 (1923)
- 12 *Arxius de l'Institut de Ciències*, any 12 (1924)
- 13 Frederic DURAN, *Histopatologia d'una nova capa d'epiteli semiescamós pla que cobreix les mucoses digestives* (1947)
- 14 Eduard FONTSERÈ, *Assaig d'un vocabulari meteorològic català* (1948)

* Els volums 1 al 12 es corresponen amb els volums (anys) de la revista *Arxius de l'Institut de Ciències*, que es deixà d'editar l'any 1924. Així mateix, els volums 28, 29, 32, 34, 36, 38 al 42, 44, 46, 47, 50, 52 i 55 es corresponen amb els números 18 al 33 de la revista *Treballs de la Societat Catalana de Biologia*, que es continua editant com a publicació periòdica independent. D'altra banda, fins al volum 99, aquesta col·lecció es denominà «Arxius de la Secció de Ciències», ja que les dues seccions de ciències actuals (la Secció de Ciències Biològiques i la Secció de Ciències i Tecnologia) eren una de sola, la Secció de Ciències.

- 15 Pius FONT I QUER, *Morfologia, nomenclatura i geografia de l'Arenaria aggregata* (L.) Loïs (1948)
- 16 Enric GUITER, *Estudis sobre la hidròlisi en química mineral* (1949)
- 17 Ferran SUNYER I BALAGUER, *Una nova generalització de les funcions gairebé-periòdiques* (1949)
- 18 Pius FONT I QUER [dir.], *Flora catalana: Descripció de les plantes que es fan a les terres catalanes i països limítrofs*, vol. 1, Scabiosa L. (1950)
- 19 Leandre CERVERA, *L'acció de les radiacions sobre les cèl·lules vives* (1950)
- 20 Leandre CERVERA [cur.], *Homenatge a Ramon Turró: Recull d'estudis sobre la seva vida i la seva obra* (1950)
- 21 Eduard FONTSERÈ, *La tramuntana empordanesa i el mestral del golf de Sant Jordi* (1950)
- 22 Josep-Ramon GUIX, *Potencialització dels antibiòtics per mitjà dels raigs X* (1953)
- 23 Francesc MASCLANS, *Els noms vulgars de les plantes a les terres catalanes* (1954)
- 24 Josep LAPORTE, *Noves idees sobre farmacologia de la coagulació* (1954)
- 25 P[are] SALVADOR de les Borges, *Arnau de Vilanova moralista* (1957)
- 26 Oriol de BOLÒS, *El paisatge vegetal de dues comarques naturals: la Selva i la Plana de Vic* (1959)
- 27 Delfí ABELLA, *L'orientació antropològica existencial de la psiquiatria* (1962)
- 28 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1963), vol. 18
- 29 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1964), vol. 19
- 30 Francesc MASCLANS, *Flora del Segrià i l'Urgell, a la plana occidental catalana* (1966)
- 31 Maria-Antònia MASSANELL, *Algues aquàtiques del Parc d'Aigües Tortes* (1966)
- 32 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1966), vol. 20
- 33 Ferran SUNYER I BALAGUER, *Sobre un espai de funcions enteres d'ordre infinit* (1967)
- 34 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1967), vol. 21
- 35 Fernando GONZÁLEZ-NÚÑEZ, *La hidronefrosi: La seva correcció quirúrgica* (1967)
- 36 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1967), vol. 22
- 37 Josep VIGO, *La vegetació del massís de Penyagolosa* (1968)
- 38 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1968), vol. 23
- 39 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1968), vol. 24
- 40 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1968), vol. 25
- 41 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1969), vol. 26
- 42 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1969), vol. 27
- 43 August COROMINAS, *Contribució a l'estudi bioquímic dels lípids: lipidúries* (1970)
- 44 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1970), vol. 28
- 45 Enric CASASSAS, *Estudi sobre la reactivitat envers els ions metàl·lics d'alguns reactius quelatants amb grups-SH i sobre la formació de complexos per alguns mercaptoàcids alifàtics* (1971)
- 46 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1971), vol. 29
- 47 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1971), vol. 30
- 48 Joan ALSINA, *La mercaptohidroquinona com a reactiu en l'anàlisi inorgànica* (1972)
- 49 Salvador MIRACLE, *Una formulació variacional de la mecànica estadística dels sistemes infinits i la regla de les fases de Gibbs* (1972)
- 50 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1972), vol. 31
- 51 Robert BARGALLÓ, *Morfologia ultraestructural de l'espermioïgenesis de «Sagitta setosa»* (1972)

- 52 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1973), vol. 32
- 53 Joan RIERA, *Idealisme i positivisme en la medicina catalana del segle XIX* (1973)
- 54 Francesc MASCLANS, *Els noms catalans dels bolets: (Ordre dels agaricals)* (1975)
- 55 *Treballs de la Societat Catalana de Biologia* (1976), vol. 33
- 56 Josep M. NÚÑEZ i Josep PÉREZ, *Distribució del balanç de la radiació a Catalunya* (1977)
- 57 Salvador ALEGRET, *Diccionari de l'utilitatge químic* (1977)
- 58 Lluís MARQUET, *Vocabulari de luminotècnia* (1979)
- 59 M. Àngels CARDONA, *Funcionalisme i ecologia d'algunes comunitats vegetals barcelonines* (1980)
- 60 Ramon FOLCH i GUILLÈN, *La flora de les comarques litorals compreses entre la riera d'Alforja i el riu Ebre* (1980)
- 61 *Centenari de la naixença d'Albert Einstein* (1981)
- 62 Daniel de MAS, *La geomorfologia del Vallès Oriental* (1981)
- 63 Josep M. DRUDIS, *Síntesi de compostos policíclics pentagonals* (1982)
- 64 Joan J. GUIMERÀ, *Estudi estructural de les zones de fractura de Garraf i de Vallcarca (massís de Garraf)* (1982)
- 65 Jaume AGUSTÍ, *Ciència i tècnica a Catalunya en el segle XVIII: La introducció de la màquina de vapor* (1983)
- 66 Enric RAS, *Directrius per a un enllaç Mallorca-Eivissa de transmissió d'energia mitjançant corrent continu* (1982)
- 67 Joan J. GUINOVART, Àngels MOR i Emili ITARTE, *Estudi de les proteïno-quinases independents d'AMP cíclic de fetge de rata* (1983)
- 68 Ramon M. MASALLES, *Flora i vegetació de la Conca de Barberà* (1983)
- 69 Ramon LAPIEDRA, *Les equacions de la mecànica relativista predictiva. Una família de solucions* (1983)
- 70 Antoni MÉNDEZ, *Cotes sobre l'aparent violació de la simetria d'inversió temporal a les interaccions febles* (1984)
- 71 M. Àngels MARQUÈS, *Les formacions quaternàries del delta del Llobregat* (1984)
- 72 Joan Manuel VILAPLANA, *Estudi del glacialisme de les valls de la Valira d'Ordino i d'Arinsal (Andorra)* (1984)
- 73 Joandomènec ROS, Ignasi OLIVELLA i Josep M. GILI, *Els sistemes naturals de les illes Medes* (1984)
- 74 Esmaragda CAUS, *Biostratigrafia i micropaleontologia de l'Eocè mitjà i superior del Pre-pirineu català* (1984)
- 75 Manuel CASTELLET [cur.], *El desenvolupament de les matemàtiques al segle XIX* (1984)
- 76 David JOU, *Equacions de Gibbs generalitzades i extensió de la termodinàmica dels processos irreversibles* (1984)
- 77 Joaquim CASAL, *Contribució a l'estudi de la fluïdització homogènia* (1984)
- 78 Rosa M. CROS, *Flora briològica del Montnegre* (1985)
- 79 Josep A. PLANA, *Estudi climàtic i balanç hídric de la conca de la Noguera Ribagorçana* (1985)
- 80 Néstor L. HLADUN, *Aportació a la flora, morfologia i vegetació dels líquens de la part alta del Montseny* (1985)
- 81 Oriol RIBA i Salvador REGUANT, *Una taula dels temps geològics* (1986)
- 82 Adriana GARAU, *Deambulació al camp obert i postulat dels fàrmacs d'Eysenck* (1986)

- 83 Joan M. MATA, *Estructura fina del camp de vent superficial i difusió de contaminants en certes situacions de mesoscala* (1986)
- 84 Mikel ZABALA, *Fauna dels briozous dels Països Catalans* (1986)
- 85 Joan de SOLÀ-MORALES, *Equacions de Navier-Stokes en un canal amb obstacle* (1986)
- 86 Josep MIRET, *Contribució a l'estudi de la imatge psicològica de la pell* (1986)
- 87 Daniel de MAS, *El relleu del Vallès Occidental: (L'evolució geomorfològica quaternària del Vallès Occidental)* (1989)
- 88 Xavier FONT, *Estructura, tipologia i ecologia de les pastures montanes de la Cerdanya* (1989)
- 89 Josep M. TURA, Joan RODÉS i Adolf TRAVERIA, *Estudi per tècniques físiques d'anàlisi (SEM, EDX, SIMS, LAMMA, XRD i XRF) de microcristalls exògens i endògens i de traces metàl·liques en patologia humana* (1989)
- 90 Àngel M. ROMO, *Flora i vegetació del Montsec: (Pre-pirineus catalans)* (1989)
- 91 M. Victòria VIVES, *Contribució al coneixement de la fauna herpetològica de Catalunya* (1990)
- 92 Albert PERMANYER, *Sedimentologia i diagènesi dels esculls miocènics de la conca del Penedès* (1990)
- 93 Josep M. MATA, *Els minerals de Catalunya* (1990)
- 94 Carme JUNQUÉ, *Desorganització diferencial del català i el castellà en afàsics bilingües* (1990)
- 95 Jordi CASAL, *Contribució a l'estudi de la leucosi bovina. Mètodes de diagnòstic i prevalença a Catalunya* (1990)
- 96 Josep M. MONTANER, *La modernització de l'utillatge mental de l'arquitectura a Catalunya: 1714-1859* (1990)
- 97 F. Xavier de las HERAS, *Geoquímica orgànica de conques lacustres fòssils* (1991)
- 98 Cèsar BLANCHÉ, *Revisió biosistemàtica del gènere Delphinium L. a la península Ibèrica i a les illes Balears* (1991)
- 99 Empar CARRILLO i Josep M. NINOT, *Flora i vegetació de les valls d'Espot i de Boí* (1992), 2 v.
- 100 Josep AMAT i Enric CASASSAS [cur.], *Trenta-dos aspectes de ciència i tecnologia* (1995)
- 101 Enric BALLESTEROS, *Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució* (1992)
- 102 Joaquim SALES, *Composts organometàl·lics d'elements de transició amb grups policlorofenil. Influència dels efectes estèrics i electrònics en llur estabilitat* (1992)
- 103 Assumpció MALGOSA, *La població talaïòtica de Mallorca: Les restes humanes de l'illot des Porros (s. VI-II aC)* (1992)
- 104 Josep CHABÀS, *L'astronomia de Jacob ben David Bonjorn* (1992)
- 105 Xavier FONT, *Estudis geobotànics sobre els prats xeròfils de l'estatge montà dels Pirineus* (1993)
- 106 Agustí REVENTÓS, *Geometria axiomàtica* (1993)
- 107 Josep PLA, *Axiomes alternatius de la teoria de conjunts i llur influència en matemàtiques* (1993)
- 108 Christian PAPIÓ, *Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies* (1994)
- 109 Teresa FRANQUESA, *El paisatge vegetal de la península del cap de Creus* (1995)
- 110 Boris P. SOBOLEV [ed.], *Multicomponent crystals based on heavy metal fluorides for radiation detectors* (1994)

- 111 Ferran SAGARRA, *Barcelona, ciutat de transició (1848-1868): El projecte urbà a través dels treballs de l'arquitecte Miquel Garriga i Roca* (1996)
- 112 David JOU, *Matèria i materialisme* (1997)
- 113 Mireia GIRALT, *Líquens epífits i contaminació atmosfèrica a la plana i les serralades litorals tarragonines* (1996)
- 114 Oriol de BOLÒS, *La vegetació de les illes Balears: Comunitats de plantes* (1996)
- 115 Romà TAULER, *Anàlisi de mescles mitjançant resolució multivariant de corbes* (1997)
- 116 Josep YLLA, *Història natural del lepidòpter Graellsia isabelae (Graells, 1849)* (1997)
- 117 Carles CASTELL, *Ecofisiologia de dues espècies rebrotadores mediterrànies: l'arboç (Arbutus unedo) i l'alzina (Quercus ilex)* (1997)
- 118 Eulàlia PLANAS, *Incendis d'hidrocarburs: Efectes sobre equips de procés* (1998)
- 119/1 Lluís CORTADA, *Estructures territorials, urbanisme i arquitectura poliorcètics a la Catalunya preindustrial*, vol. 1, *De l'antiguitat al segle XVII* (1998)
- 119/2 Lluís CORTADA, *Estructures territorials, urbanisme i arquitectura poliorcètics a la Catalunya preindustrial*, vol. 2, *Segles XVIII i XIX* (1998)
- 120 Maria BOSCH, *Biologia de la reproducció de la tribu Delphinieae a la Mediterrània occidental* (1999)
- 121 Carles FERNÁNDEZ, *Morfoestructura i paleobiologia dels ortofragminíds de la Mesogeia (Discocyclinidae i Orbitoclypeidae, Foraminifera)* (1999)
- 122 Joan SIMON i Josep VICENS, *Estudis biosistemàtics en Euphorbia L. a la Mediterrània occidental* (1999)
- 123 Estanislau ROCA, *Montjuïc, la muntanya de la ciutat* (2a ed., 2000; la 1a ed. [1994] no fou publicada per l'IEC)
- 124 Boris P. SOBOLEV, *The rare earth trifluorides*, part 1, *The high temperature chemistry of the rare earth trifluorides* (2000)
- 125 Carles MARTÍN-CLOSAS, *Els caròfits del Juràssic superior i el Cretaci inferior de la península Ibèrica = Upper Jurassic and lower Cretaceous charophytes from the Iberian Peninsula* (2000)
- 126 Sergi BONET, M[ailo] BRIZ, E[lisabet] PINART, S[ílvia] SANCHE, N[úria] GARCIA-GIL i E[lana] BADIA, *Morfologia espermàtica en porcí = Morfología espermática en porcino = Morphology of boar spermatozoa* (2000)
- 127 Montserrat BOQUERAS, *Líquens epífits i fongs liquenícoles del sud de Catalunya: Flora i comunitats* (2000)
- 128 Lluís MERCADER, Domènec LLORIS i Jaume RUCABADO, *Tots els peixos del mar català: Diagnosi i claus d'identificació* (2001; 2a ed., actual., 2003)
- 129 Anna M. ROMANÍ, *Biofilms fluvials: Metabolisme heterotròfic i autotròfic en rius mediterranis* (2001)
- 130 Lluís ROVIRA, Pau SENRA i David JOU, *Estudis bibliomètrics sobre la recerca en física a Catalunya* (2001)
- 131 *El delta de l'Ebre: Estudi multidisciplinari* (2001)
- 132 Boris P. SOBOLEV, *The rare earth trifluorides*, part 2, *Introductions to materials science of multicomponent metal fluoride crystals* (2001)
- 133 Jacint CORBELLA i Edelmira DOMÈNECH, *Científics del Priorat* (2002)
- 134 *Una mostra de la biologia i la patologia cel·lulars del sistema nerviós a Catalunya: Cent cinquantè aniversari del naixement del Santiago Ramón y Cajal* (2003)
- 135 Carles BAS, Francesc MAYNOU, Francesc SARDÀ i Jordi LLEONART, *Variacions demogràfiques a les poblacions d'espècies demersals explotades: Els darrers quaranta anys a Blanes i Barcelona* (2003)

- 136 Emil G. RACOVITZA, *Assaig sobre els problemes bioespeleològics* (2004)
- 137 Àngels LONGÁN, *Els líquens epífits com a indicadors de l'estat de conservació del bosc mediterrani* (2006)
- 138 Josep GESTI, *El poblament vegetal dels Aiguamolls de l'Empordà* (2006)
- 139 M. Carme CASAS, *Estudi tipològic, ecològic i funcional de les pastures de la plana de Vic* (2008)

ARXIU DE LES SECCIONS DE CIÈNCIES. SÈRIE LÀMINES

Títols publicats

- Lluís CANTALLOPS i Xavier ROMANÍ, *La part alta del centre històric de Tarragona: Un aixecament de plànols de les construccions civils (1981-82, 1986-88)* (1990)

