

**BIOGEOQUÍMICA
DE LES AIGÜES DE PLUJA I DE DRENATGE
EN ALGUNS ECOSISTEMES FORESTALS
DEL MONTSENY**



FERRAN RODÀ

Departament d'Ecologia
Facultat de Ciències
Universitat Autònoma de Barcelona

març 1983

5.2 Quantitats de precipitació durant aquest estudi

Les precipitacions de cada període de recollida es poden veure a l'apèndix nº 1, i a la figura 5.2 per a la fageda i l'avetosa. Les quantitats de precipitació agrupades per períodes aproximadament mensuals són a la taula 5.2 per als 3 boscos, i a la figura 5.1 per a l'alzinar.

Les precipitacions foren molt irregulars durant el present estudi (figs. 5.1 i 5.2). Els mesos més plujosos foren el gener i l'octubre del 1979, i el febrer del 1980. El gener del 1979 va ser el tercer mes més plujós en 40 anys de registre al Turó de l'Home (fig. 3.4 b), amb 419 mm en aquesta estació. Els períodes més secs foren les tardors del 1978 i 1979 (llevat dels octubres), i l'estiu del 1980. Entre febrer i juliol del 1979 hi hagué un llarg període moderadament sec (fig. 5.1).

Els totals de precipitació per períodes anuals són a la taula 5.4. La mitjana de 2 anys (16-12-78 a 14-12-80) al Turó de l'Home fou de 1061 mm/any, quantitat gairebé idèntica a la seva mitjana de llarg termini (1058 mm/any).

L'any 1980 fou relativament poc plujós, recollint-se al Turó de l'Home un 87% de la precipitació anual mitjana. Si excloem el mes de gener, també l'any 1979 fou poc plujós. Això fa que la precipitació mitjana al Turó de l'Home durant els 2 anys del 1-2-79 al 31-1-81 sigui només de 874 mm/any, xifra sensiblement inferior tant a la mitjana com a la mediana de llarg termini (apartat 3.1.3.2).

És a dir, el període de 2 anys (desembre 1978 - desembre 1980) per al qual donarem les concentracions mitjanes i els fluxos de nutrients a l'alzinar fou normal pel que fa al total de precipitacions recollides. Això resultà però de la combinació d'uns pocs mesos molt plujosos amb molts mesos de precipitacions escasses (fig. 5.2).

A l'alzinar muntanyenc de La Castanya, la precipitació mitjana mesurada durant els 2 anys citats en primer lloc (16-12-78 a 14-12-80) fou de 863 mm/any (taula 5.4).

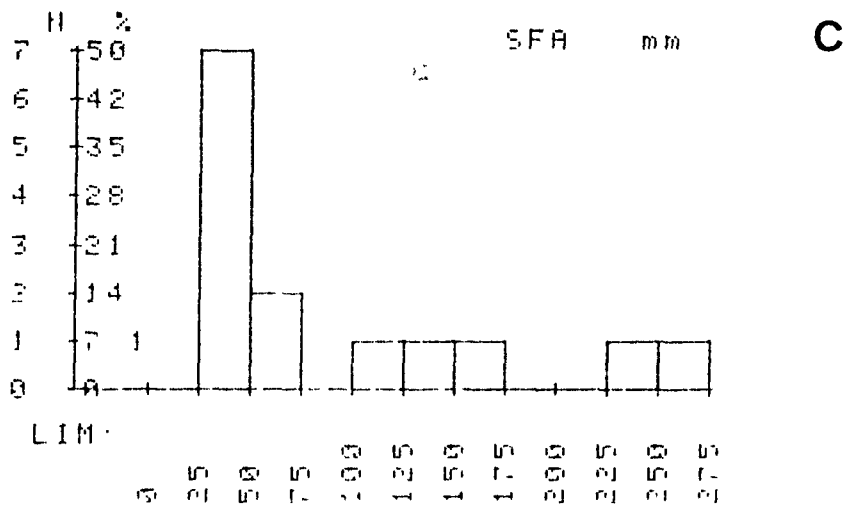
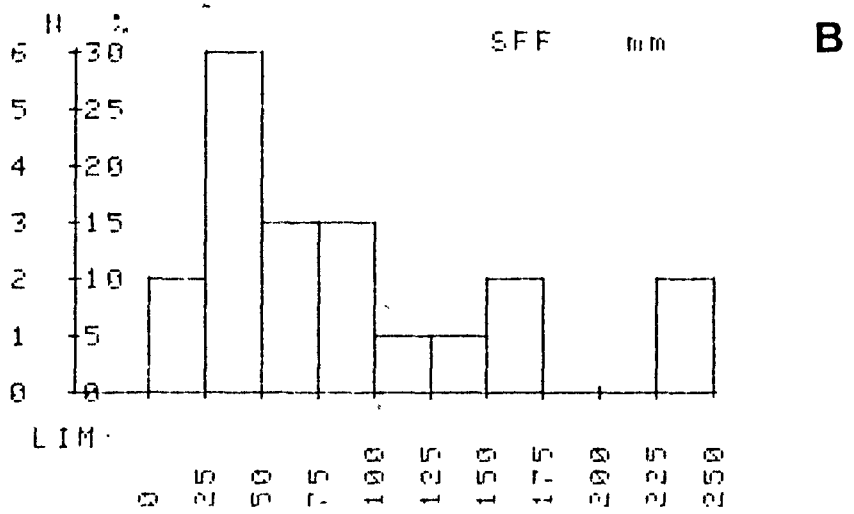
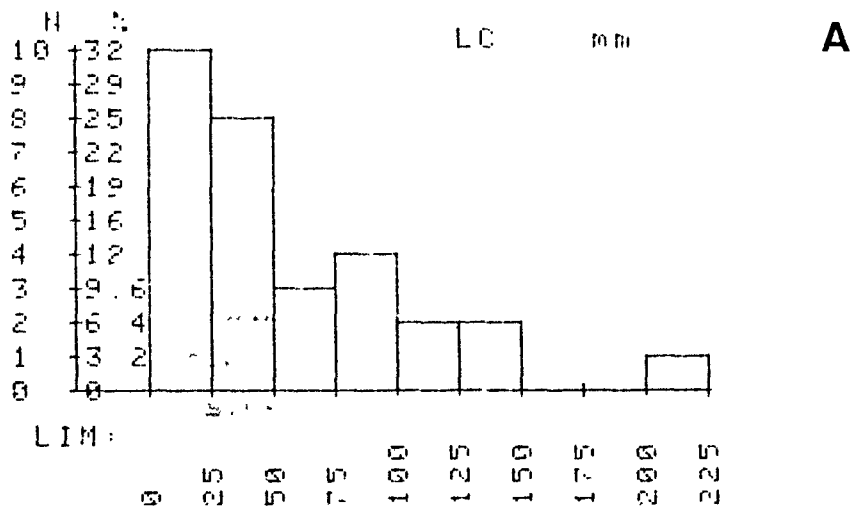


Figura 5.3 Histogrames de les precipitacions mensuals mesurades en les tres parcel·les experimentals del Montseny durant tot l'estudi.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

A la figura 5.3 es poden veure els histogrames de les precipitacions aproximadament mensuals, durant tot l'estudi a cadascún dels boscos. Hem inclòs el petit nombre de valors estimats (apartat 4.3.2), per tal de caracteritzar millor les distribucions. Els histogrames estan basats en diferents intervals totals de temps a cada lloc. Malgrat això, podem ressaltar que a l'alzinar la moda és a la classe de 0-25 mm/mes, mentre que a la fageda i a l'avetosa és a la de 25-50 mm/mes (fig. 5.3). Aquesta darrera observació ens indica, comparant amb el registre del Turó de l'Home, que durant el període d'estudi de la vall de Santa Fe la freqüència relativa dels mesos poc plujosos va ser major que la mitjana de llarg termini, perquè la classe modal en 40 anys al Turó de l'Home és la de 50-75 mm/mes (apartat 3.1.3.2) i, com veurem més endavant, les precipitacions mesurades a Santa Fe són semblants o quelcom superiors a les del Turó de l'Home.

Durant 1 any comú de mesures als 3 boscos, les precipitacions totals a la fageda de Santa Fe foren semblants a les de l'avetosa de Passavets, una mica majors que les del Turó de l'Home, i molt majors que les de l'alzinar de La Castanya (taula 5.4). Al següent apartat aprofundirem aquestes comparacions.

5.3 Pluviometria comparada de les localitats estudiades

Hem comparat la precipitació mesurada a les 3 parcel·les estudiades i a les 3 estacions meteorològiques properes: Turó de l'Home (1707 m s.n.m.), can Ramis (1135 m), i poble de Montseny (522 m). Només la primera d'aquestes 3 estacions està a càrrec d'un meteoròleg.

Com les 6 sèries de dades no són molt sincròniques, hem realitzat la comparació per a diferents parells de localitats, utilitzant períodes comuns de dades per a les dues localitats comparades. Amb les mesures diàries de les 3 estacions meteorològiques hem trobat primer les precipitacions corresponents a cada estació durant els períodes de recollida dels diferents boscos. Les comparacions es basen en el conjunt de períodes de mínima durada per als quals hom disposa de la precipitació als dos llocs comparats.

La homogeneïtat de les sèries pluviomètriques comparades s'ha examinat representant gràficament les precipitacions acumulades a un lloc respecte les de l'altre.

La taula 5.5 resumeix els resultats obtinguts per als diferents parells de localitats, en termes de:

- (1) el quocient entre les precipitacions totals mesurades als dos llocs durant el període de la comparació.
- (2) la regressió (generalment lineal) entre les precipitacions a un i altre lloc.
- (3) la prova de significació de les diferències entre les observacions aparellades. Hem utilitzat el test de rangs i signes de Wilcoxon (p.ex. Sachs 1978, p. 264), que és l'equivalent no paramètric del test t aparellat. El test de Wilcoxon té l'avantatge sobre aquest darrer de no requerir que les dades es distribueixin normalment.

A continuació, descrivim en detall aquelles comparacions que creiem de major interès. Les conclusions de les comparacions es poden veure a l'apartat 5.3.9.

Taula 5.5 Pluviometria comparada al Montseny

Es comparen les quantitats de precipitació mesurades a les 3 parcel·les experimentals i a 3 estacions meteorològiques properes, per parells de localitats. La columna $\Sigma Y/\Sigma X$ conté els quocients entre els totals recollits al lloc Y i al lloc X, durant el període comparat. El nombre de períodes de recollida (n) i el total de dies són els emprats a les regressions. En cada cas, s'han exclòs els períodes amb precipitació nul·la a ambdós llocs.

LLOCS ¹	Y	X	SIGNIFICACIÓ ²	$\Sigma Y/\Sigma X$	TOTAL DIES	n	R E G R E S S I Ó	r ²	S _{y.x}
LC - MO	sí			1.445	496	37	LC = 3.9 + 0.873 MO + 0.00759 MO ²	0.902	--
LC - MO (<80 mm)	sí			1.248	424	33	LC = 4.8 + 0.998 MO	0.895	6.3
LC - TH	sí			0.872	882	61	LC = 1.8 + 0.826 TH	0.863	16.0
SFF - CR	no			0.955	374	15	SFF = 1.3 + 0.936 CR	0.969	8.2
SFF - TH	sí			1.135	584	25	SFF = -0.9 + 1.151 TH	0.896	16.9
SFA - SFF	no			0.946	364	14	SFA = 3.9 + 0.894 SFF	0.921	13.0
SFA - TH	no			1.060	364	14	SFA = -3.0 + 1.104 TH	0.904	14.3
LC - SFF	sí			0.688	584	25	---	---	--

¹ LC = alzinar de La Castanya; MO = poble de Montseny; TH = Turó de l'Home; SFF = fageda de Santa Fe; CR = ca'n Ramis (Santa Fe); SFA = avetosa de Passavets.

² segons el test de Wilcoxon per a observacions aparellades: sí = precipitacions significativament (p < 0.05) diferents a les dues localitats comparades

5.3.1 Alzinar de La Castanya (LC) i poble de Montseny (MO)

Aquesta comparació ens interessa per la proximitat de MO a LC, i per l'existència d'una sèrie antiga de 24 anys de dades pluviomètriques a MO (Llobet 1947; taula 3.5). Per altra banda, les posicions topogràfiques de les dues localitats (fig. 3.1) ens pot permetre examinar la diferència de pluviositat que es produeix quan els vents plujosos que remonten la vall de la Tordera són forçats a enlairar-se al trobar el massís de La Calma a LC.

No disposem de les dades de MO durant 1980. La comparació es basa en 41 períodes continus entre el 24-6-78 i el 31-12-79 (556 dies). En 4 d'aquests períodes la precipitació fou zero a tots dos llocs. Les precipitacions acumulades no revelen cap heterogeneïtat.

En 34 dels 37 períodes en que hi hagué precipitació, la precipitació mesurada va ser major a LC que a MO. La diferència entre les observacions aparellades és altament significativa, tant per al conjunt de les dades com per a les precipitacions inferiors a 80 mm (test de Wilcoxon, $p < 0.001$ en ambdós casos).

Quan representem les precipitacions a MO respecte a les de LC (fig. 5.4 a) veiem un núvol de punts lineal i amb correlació elevada per sota dels 80 mm. Per sobre d'aquesta xifra, les precipitacions augmenten molt més ràpidament a LC que a MO, amb pèrdua de la linealitat i augment de la dispersió (fig. 5.4 a). A la taula 5.5 donem per tant 2 regressions: una parabòlica per a totes les dades, i l'altra lineal per a les precipitacions inferiors a 80 mm per període (generalment quinzenals).

El fet que les precipitacions superiors a 80 mm siguin molt majors a LC que a MO podria deure's a que:

- (1) aquestes precipitacions es subestimessin greument a MO (si comparem amb les altres estacions, la discrepància és a MO i no a LC).

ó (2) durant les pluges de llevant que donaren lloc a aquestes precipitacions abundoses es produís un gran augment orogràfic de les precipitacions a LC respecte a MO, degut al massís de La Calma (fig. 3.1). De ser així, en aquestes ocasions hi hauria un fort gradient horitzontal de les precipitacions, entre MO i LC.

Les precipitacions totals recollides a LC i a MO durant el període de comparació van ser, respectivament, 1425.5 i 984.0 mm. Això representa un 44.5% més de precipitació a LC. Prescindint dels 4 períodes amb precipitació superior a 80 mm a LC, els totals disminueixen a 795.4 (LC), i 637.4 mm (MO), o sigui un 24.8% més a LC que a MO.

Els percentatges anteriors deuen sobreestimar la relació LC/MO de llarg termini, perquè inclús el segon (24.8%), aplicat a una mitjana de 850 mm/any a MO (apartat 3.1.3.2), prediu 1061 mm/any a LC, xifra clarament excessiva.

Sembla clar que les dades pluviomètriques recents de MO són baixes, sigui per la ubicació del pluviòmetre, per errors de mesura, o per un fenomen real. Així, la relació entre les mitjanes de llarg termini de MO i de TH és 0.803, mentre que durant 5 anys recents (1975-1979) va ser només de 0.683 (apartat 3.1.3.2).

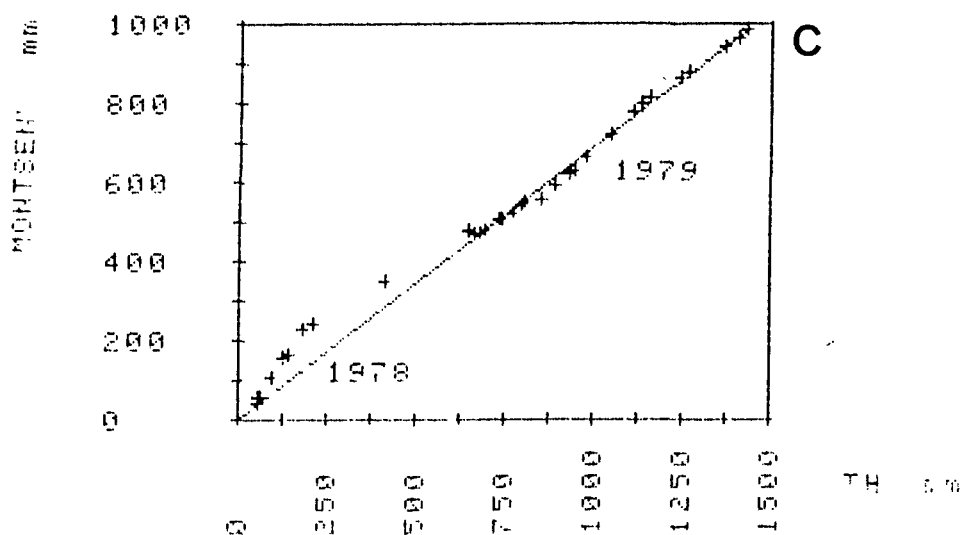
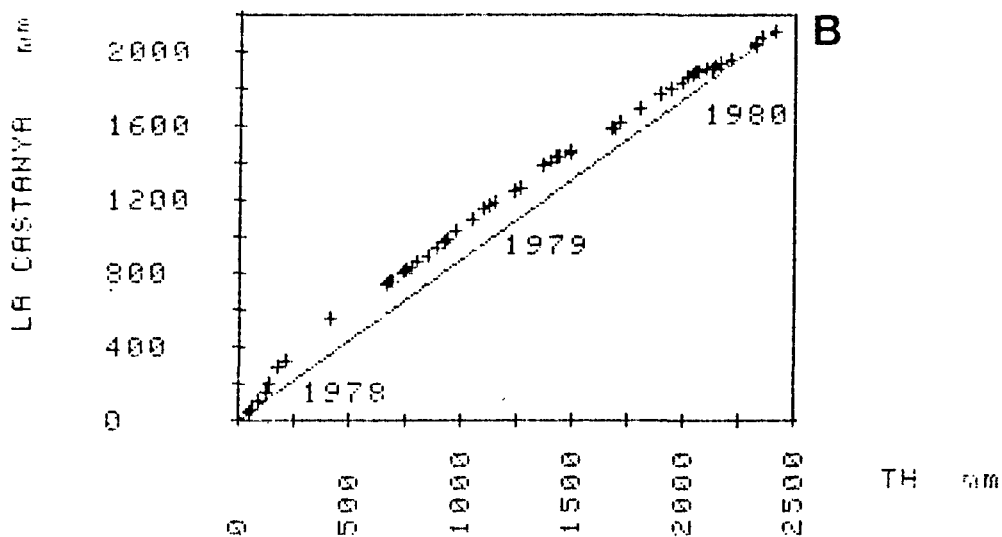
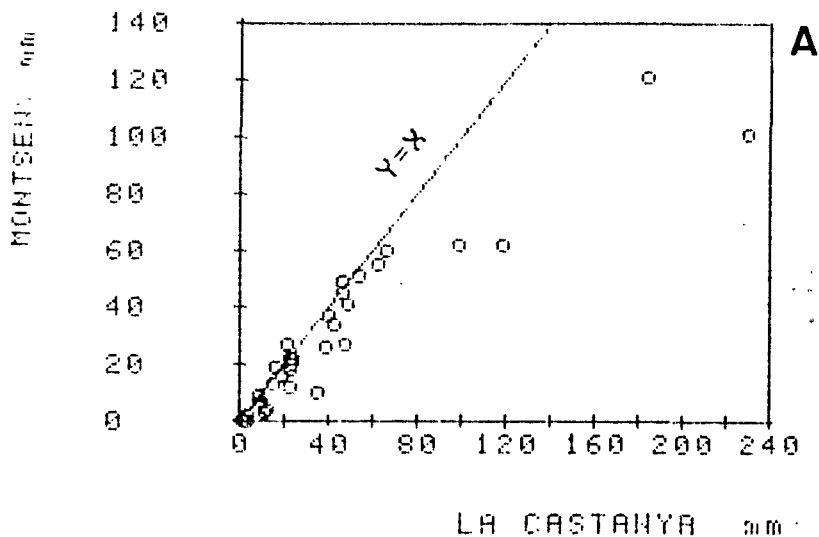


Figura 5.4 (A) Precipitacions mesurades a La Castanya (LC) i al poble de Montseny (MO), entre 24-6-78 i 31-12-79. (B) Precipitacions acumulades a LC i al Turó de l'Home (TH), entre 24-6-78 i 3-2-81. (C) Precipitacions acumulades a MO i a TH, entre 24-6-78 i 31-12-79. En tots tres gràfics, les dades són per períodes de recollida a LC.

5.3.2 Alzinar de La Castanya (LC) i Turó de l'Home (TH)

Disposem de les precipitacions als dos llocs durant 66 períodes, entre el 24-6-78 i el 3-2-81 (956 dies).

En 40 dels 61 períodes en que hi hagué precipitació en un dels dos llocs, les precipitacions mesurades foren majors a TH que a LC. Les diferències entre les observacions aparellades són significatives (test de Wilcoxon, $p < 0.05$).

Els totals recollits durant el període de comparació van ser 2108.0 mm a LC, i 2417.7 mm a TH. Això dóna una relació LC/TH de 0.872, i una mitjana reduïda (amb TH 1941-1980) de 923 mm/any a LC.

En 2 anys complets (16-12-78 a 14-12-80), les mitjanes de les precipitacions anuals van ser 862.6 mm a LC, i 1061.5 mm a TH (taula 5.4). La relació LC/TH que resulta és de 0.813, i la mitjana reduïda (amb TH 1941-1980) és de 860 mm/any a LC.

Les 2 mitjanes reduïdes donades per a LC (que difereixen entre sí només en un 7%) ens semblen estimacions raonables de la precipitació anual mitjana a LC.

La relació entre les precipitacions mesurades a LC i a TH varià però considerablement i sistemàticament durant aquest estudi. Per als 5 semestres disponibles, el quocient LC/TH donà, cronològicament: 1.55, 0.91, 0.90, 0.74, i 0.63. Aquesta variació queda reflexada a les precipitacions acumulades (fig. 5.4 b). Un gràfic de les precipitacions acumulades a MO i a TH (fig. 5.4 c) té la mateixa forma que el de LC i TH. Això fa pensar que les desviacions de les precipitacions acumulades respecte a la linealitat (fig. 5.4 b-c) reflexen o bé fenòmens reals o bé canvis en les mesures a TH. Les precipitacions mesurades a TH durant el segon semestre del 1978 foren molt baixes, tant comparades amb les de LC com amb les de MO. A la figura 5.4 b, el trencament més acusat de pendent es produeix al desembre 1978 (precipitació acumulada a TH = 181 mm). El pluviòmetre de TH estigué extremadament tort durant alguns mesos de l'estiu del 1978. No sabem en quin grau això subestimaria les

precipitacions a TH durant aquesta època. És clar que el "dèficit" aparent de precipitacions a TH durant el primer semestre d'aquest estudi podria deure's també a que les pluges de l'estiu del 1978 (principalment tempestuoses) fossin més abundants a la vall central del Montseny (MO i LC) que al cim del massís (TH).

El núvol de punts de les precipitacions de cada període de recollida a LC i a TH és lineal en tota la gamma de precipitacions mesurades. La regressió entre LC i TH (taula 5.5) seria poc útil per a predir les precipitacions de períodes individuals, perquè l'error estàndar de l'estimació és relativament gran (16.0 mm).

5.3.3 Can Ramis (CR, Santa Fe) i Turó de l'Home (TH)

L'interés de conèixer les precipitacions a Santa Fe es deu a que: (1) és una de les localitats més significatives del Montseny; (2) la seva precipitació pot ser representativa d'una extensió considerable de fagedes del sector oriental del Montseny; i (3) 2 de les nostres parcel·les experimentals estan a la vall de Santa Fe.

No existeix però un registre llarg, complet, i fiable de les precipitacions a Santa Fe. Les xifres que han donat els diferents autors estan basades en dades insuficients, i depenen molt de l'opinió de cadascú sobre la variació altitudinal de la pluviositat al Montseny. Per exemple, si s'accepta que la precipitació anual és màxima al cim de la muntanya, la pluviositat mitjana a Santa Fe seria d'uns 1000 mm/any, perquè la vegetació indica que la pluviositat no pot ser gaire inferior a aquesta xifra, i perquè la mitjana a TH és de 1058 mm/any. Pel contrari, si es considera que el màxim pluviomètric es dona per sota del cim, o que les precipitacions es subestimen molt més al cim que als altres llocs, aleshores es podrien aplicar a Santa Fe valors de 1100-1200 mm/any. Com el faig és un arbre que transpira gran quantitat d'aigua a l'època vegetativa, i com aquesta espècie es troba al Montseny prop d'un dels seus límits meridionals de distribució, una diferència de, per exemple, 100 mm/any en la pluviositat

mitjana podria ser ecològicament molt significativa.

Les precipitacions mitjanes mesurades durant 6 anys a Santa Fe van ser de 1214 mm/any (Llobet 1947; taula 3.5). Llobet (1947, p.37-39) diu d'aquestes dades que "no es té la seguretat de que siguin d'absoluta confiança", i que els 6 anys eren incomplets; no especifica, però, el grau d'incompletesa ni si féu o no alguna correcció al respecte.

El sr. Domènech, de la central elèctrica de Gualba, ens facilità amablement les precipitacions diàries de can Ramis (Santa Fe) durant 1972-1980. Aquest pluviòmetre està a una altitud de 1135 m s.n.m, situat a 1.7-1.8 m del terra, sense apantallar, en un marge entre camps exposat al vent. No és un pluviòmetre estàndar, però vol imitar-ne un. Les lectures es fan, nominalment, dos cops al dia: a 8 i a 18 h.

Desgraciadament, cap dels anys entre 1972 i 1980 està complet, i no hem pogut calcular doncs una mitjana anual. La comparació de les dades diàries de can Ramis (CR) i del Turó de l'Home (TH; 1707 m) revela que, amb alguna excepció, les dades de CR són consistents amb les de TH pel que fa a les dates de les precipitacions i a l'ordre de magnitud de les mateixes. No ens sembla que valgui la pena comparar estadísticament les dades diàries de les 2 estacions, perquè part de les diferències poden deure's a diferències en l'hora real de lectura.

La comparació amb els valors mensuals de TH permet extreure de les precipitacions a CR durant 1972-1980 58 períodes complets (56 mesos de calendari, i 2 quinzenes). Hem mirat primer si aquesta sèrie de dades es podria considerar representativa del registre a llarg termini. Precindint ara de les 2 quinzenes, hem comparat la distribució de les 56 precipitacions mensuals a CR i a TH (per separat) amb la distribució de les precipitacions mensuals a TH durant 1941-1980 (apartat 3.1.3.2). Un test de Kolmogorov-Smirnov no dóna significatiu ($p > 0.2$) en cap de les dues proves. Per tant, els 56 mesos seleccionats a CR i a TH podien haver sigut una mostra aleatòria dels totals mensuals de TH a llarg termini.

Hem examinat a continuació l'homogeneïtat de les dues sèries de 58 períodes, representant els totals acumulats a CR respecte als de TH (fig. 5.5). Es veu clarament en aquest gràfic que hi ha un trencament del pendent a mitja sèrie, que correspon aproximadament a maig del 1977. L'existència d'aquesta heterogeneïtat debilita qualsevol conclusió que es tregui de la comparació. Per exemple, en els totals dels 58 períodes, les precipitacions mesurades foren un 2.0% majors a CR que a TH; fins a maig 1977, els totals a CR van ser només del 90.9% dels de TH; després d'aquesta data, els totals de CR van ser un 18.8% majors que els de TH.

Ara bé, com les nostres dades de la pluviositat a la fageda de Santa Fe durant 1979-1980 indiquen també una major precipitació a Santa Fe que a TH (apartat 5.3.5), creiem que el més probable és que la relació real entre CR i TH sigui la representada per les dades posteriors al maig del 1977. La causa del canvi de relació amb anterioritat a aquesta data ens és desconeguda.

Per als 28 períodes (27 mesos i 1 quinzena) posteriors al maig 1977, els totals recollits foren 2682.5 mm a CR, i 2258.0 mm a TH. Utilitzant les observacions aparellades, les precipitacions mesurades són significativament majors a CR que a TH (test de Wilcoxon, $p < 0.01$). La regressió lineal entre les precipitacions (bàsicament mensuals) als dos llocs és (CR i TH en mm):

$$(1) \quad CR = 6.9 + 1.103 TH$$

amb $n = 28$ $r^2 = 0.937$ $S_a = 6.4$ $S_b = 0.056$

En conclusió, hi ha una heterogeneïtat important entre les 2 estacions durant el període comparat (fig. 5.5). Si s'accepta que la relació vàlida és la indicada per les dades posteriors al maig del 1977, les precipitacions mesurades a Santa Fe (CR) són significativament majors que les del Turó de l'Home. La millor estimació del superàvit anual a CR bé donada per la relació entre els totals recollits després d'aquesta data: 18.8%. Aplicant aquest percentatge a la precipitació mitjana anual a TH s'obtenen 1257 mm/any a Santa Fe. Una estimació molt semblant s'obté aplicant la regressió (1) a les mitjanes mensuals de TH. Aquesta

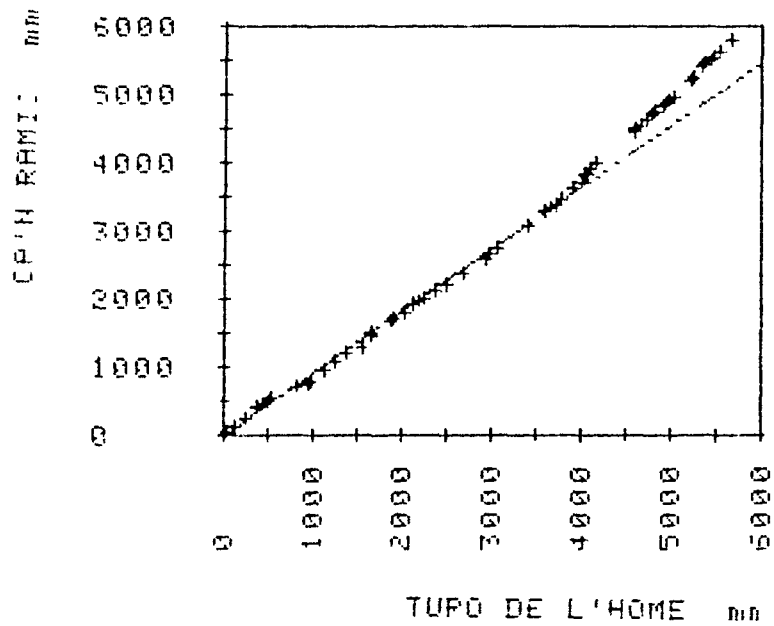


Figura 5.5 Precipitacions acumulades a ca'n Ramis (CR, Santa Fe) i al Turó de l'Home (TH) en 56 mesos i 2 quinzenes de dades completes entre 1972 i 1980.

S'ha dibuixat la recta corresponent a la relació entre les precipitacions acumulades fins maig 1977. Notis el canvi de pendent a partir d'aquesta data.

mitjana per a Santa Fe és molt semblant a la mesurada durant 6 anys: 1214 mm/any (Llobet 1947; taula 3.5).

Malgrat la pobresa de les dades disponibles, sembla possible que la mitjana anual de les precipitacions mesurades a Santa Fe sigui propera als 1200 mm. Aquesta és una xifra molt elevada dintre de la regió on es troba el Montseny i, junt amb les boires estivals, explicaria que les fagedes de la vall de Santa Fe, a diferència de les d'altres indrets del Montseny, no manifestin aparentment símptomes greus de manca d'aigua durant els eixuts estivals. Els estudis fets sobre la transpiració i l'economia hídrica de les fulles del faig a la parcel·la experimental de la fageda de Santa Fe indiquen també que les condicions hídriques actuals no són desfavorables per al faig en aquest sector del Montseny (Savé et al. 1981).

5.3.4 Parcel·la de la fageda de Santa Fe (SFF) i can Ramis (CR, Santa Fe)

Aquesta és l'única comparació que podem fer entre els resultats obtinguts amb els nostres pluviòmetres totalitzadors i les dades d'un pluviòmetre aproximadament estàndar, que està situat en un lloc proper (700 m) i a una altitud i posició topogràfica molt semblants a una de les parcel·les (SFF).

Les dades que tenim de CR no són completes. Hem prescindit també de 3 períodes de recollida en els quals els pluviòmetres de SFF no funcionaren correctament. Queden 15 períodes discontinus, que totalitzen 374 dies, amb les precipitacions mesurades als dos llocs. Les precipitacions acumulades no revelen cap heterogeneïtat.

En 9 dels 15 períodes les precipitacions mesurades foren majors a CR que a SFF. Les diferències entre les observacions aparellades no són estadísticament significatives (test de Wilcoxon, $p = 0.18$). La recta de regressió entre els dos llocs (taula 5.5) no difereix significativament de la recta $y = x$, té un coeficient de correlació molt alt ($r = 0.984$), i el seu error estàndar de l'estimació és relativament baix (8.2 mm). Els totals recollits durant el període de comparació van ser

un 4.7% més alts a CR que a SFF (994.0 i 949.7 mm, respectivament).

En conclusió, no hi ha diferència significativa entre les precipitacions mesurades en els nostres pluviòmetres totalitzadors i en un pluviòmetre aproximadament estàndar proper, i la diferència entre els totals recollits és lleugera. Aquesta darrera diferència (c. 5%) podria deure's a la variabilitat horitzontal de la precipitació, a errors de mostratge o de mesura en una o altra de les localitats comparades, o a una major subestimació en els nostres pluviòmetres.

La semblança de les dades de precipitació de SFF i de CR fa que sigui pràcticament indistint utilitzar unes o altres a l'hora de calcular fluxos d'aigua i nutrients a Santa Fe.

5.3.5 Parcel·la de la fageda de Santa Fe (SFF) i Turó de l'Home (TH)

Suposant que la semblança de les precipitacions a SFF i a CR trobada a l'apartat anterior per a un període aproximadament de l'any sigui extrapolable, la relació pluviomètrica entre SFF i TH deu ser gairebé la mateixa que ja hem vist entre Ch i TH (apartat 5.3.3).

Les precipitacions acumulades en 27 períodes de recollida entre el 3-6-79 i el 4-2-81 (incluint els 3 en que s'utilitzaren les precipitacions de CR) no revelen cap heterogeneïtat entre SFF i TH. En 16 dels 25 períodes en els que hi hagué precipitació, les precipitacions mesurades foren majors a SFF que a TH. La diferència entre les observacions aparellades ratlla la significació estadística: $p = 0.049$ (test de Wilcoxon). La regressió es pot veure a la taula 5.5.

Els totals recollits durant el període de comparació van ser un 13.5% més alts a SFF que a TH (1769.2 i 1558.1 mm, respectivament).

5.3.6 Fageda (SFF) respecte avetosa (SFA)

La comparació entre les precipitacions a les dues parcel·les de la vall de Santa Fe ens pot ajudar a conèixer la pluviometria d'aquest sector del Montseny, i a aclarir la relació entre les precipitacions a Santa Fe i al Turó de l'Home. Al mateix temps, ens interessa també comparar les precipitacions als dos boscos estudiats.

Excloent els 2 períodes en que utilitzàrem les mesures de can Ramis, disposem de 14 períodes comuns a SFF i SFA, entre el 4-8-79 i el 1-10-80 (364 dies). Les precipitacions acumulades no revelen cap heterogeneïtat.

En 7 dels 14 períodes, les precipitacions mesurades foren majors a SFF que a SFA, i la diferència entre les observacions aparellades no és per tant significativa (test de Wilcoxon, $p > 0.3$). El núvol de punts de les precipitacions de cada període als dos llocs és lineal en tota la gamma mesurada. La regressió (taula 5.5) no difereix significativament de $y=x$, i la correlació és alta. És a dir, les precipitacions són molt semblants a SFF i SFA.

Els totals recollits van ser 1050.5 mm a SFF, i 993.9 mm a SFA: un 5.7% superiors a SFF. Malgrat la no significació estadística dels tests comentats, aquests totals fan pensar que és possible que les precipitacions anuals siguin majors a SFF que a SFA. Aquesta seria una conclusió d'interès per a situar els màxims pluviomètrics al Montseny. En efecte, el fet que les precipitacions mesurades siguin majors a Santa Fe que al Turó de l'Home (apartats 5.3.3 i 5.3.5) podria molt bé no indicar altra cosa que una major subestimació de les precipitacions al Turó, deguda a la major importància del vent i de la neu al cim de la muntanya. En canvi, aquests arguments difícilment es poden aplicar al dèficit de SFA respecte de SFF, perquè els pluviòmetres de SFA estaven força arrezerats del vent, i perquè la neu fou poc importants durant el període comparat.

5.3.7 Avetosa (SFA) respecte Turó de l'Home (TH)

En els mateixos 14 períodes que utilitzàvem a l'apartat anterior, en 8 casos les precipitacions foren majors a SFA que a TH. Les precipitacions acumulades no revelen cap heterogeneïtat. Els totals recollits van ser un 6.0% majors a SFA que a TH.

5.3.8 Alzinar (LC) respecte fageda (SFF)

Els totals recollits a les 2 parcel·les durant 27 períodes entre el 3-6-79 i el 4-2-81 (613 dies) varen ser de 1769.2 mm a SFF, i 1217.4 mm a LC; o sigui, un 45.3% més de precipitació a SFF. En 20 dels 25 períodes en què hi hagué precipitació, aquesta fou major a SFF que a LC. Les diferències entre les observacions aparellades són altament significatives (test de Wilcoxon, $p < 0.001$).

Les xifres anteriors posen ben de manifest la gran diferència de pluviositat que hi ha entre la parcel·la de Santa Fe, en el sector oriental humit del Montseny i a 1165 m s.n.m, i la de La Castanya, en la vall central del massís, i a 665 m. Com a resultat, Santa Fe està dominada per fagedes, i La Castanya per alzinars.

De fet, les nostres dades indiquen que la diferència entre les precipitacions dels dos llocs són encara majors durant els períodes poc plujosos, que són els realment crítics per a la vegetació. Per exemple, a l'agost i al setembre del 1980 es recolliren a LC només un total de 28.5 mm, mentre que a SFF es mesuraren 78.0 mm. Com ja hem dit, l'any 1980 fou en conjunt més sec que la totalitat del període donat al principi d'aquest apartat. Les precipitacions recollides al 1980 van ser de 1094.1 mm a SFF, i 644.8 mm a LC. Això representa un 69.7% més de precipitació a SFF, amb una diferència absoluta de 450 mm. Sembla molt probable que diferències com aquestes, unides a les boires estivals, permetin al faig resistir els períodes eixuts que es donen al Montseny.

5.3.9 Conclusions sobre les pluviositats comparades

- (1) les precipitacions mesurades a la parcel·la de l'alzinar de La Castanya (LC) són significativament majors que les del poble de Montseny (MO). Quan hi ha pluges abundoses (més de 80 mm/quinzena), la precipitació recollida a LC és molt superior a la de MO. Això pot indicar que en aquestes ocasions o bé es produeix un fort augment orogràfic de la precipitació, degut al massís de La Calma, o bé es subestimen molt les precipitacions a MO. En els anys recents (1975-1979) s'ha recollit a MO només el 68% de la precipitació del Turó de l'Home (TH), mentre que el percentatge de les respectives mitjanes de llarg termini és del 80%. No sabem si això es deu a un fenomen real o a deficiències en les mesures actuals de MO.
- (2) les precipitacions mesurades a LC són significativament menors que les de TH. En 2 anys, es recolliren a LC el 81% de les precipitacions de TH. Segons això, la pluviositat anual mitjana de LC, reduïda amb les dades de TH durant 1941-1980, és de 860 mm.
- (3) les dades disponibles de Can Ramis (CR, Santa Fe) indiquen una heterogeneïtat amb les de TH, la qual es produí al voltant del maig del 1977. Acceptant que la relació vàlida entre les dues estacions sigui l'observada amb posterioritat a aquesta data (com semblen indicar-ho les nostres mesures a SFF), les precipitacions a CR són significativament majors que les de TH, i els totals recollits a CR són un 19% superiors als de TH. Amb aquestes premisses, la pluviositat mitjana de Santa Fe seria d'uns 1260 mm/any. Aquesta xifra és semblant a les mesures recopilades per Llobet (1947), i ens sembla consistent amb el caràcter ufanós de les fagedes de la vall de Santa Fe.
- (4) Les precipitacions mesurades a la parcel·la de la fageda de Santa Fe (SFF) amb els nostres pluviòmetres totalitzadors no difereixen significativament de les de CR, mesurades amb un pluviòmetre aproximadament estàndar.
- (5) Les precipitacions mesurades a SFF foren un 14% superiors a les de TH. La diferència entre ambdues localitats ratlla la

significació estadística.

- (6) les precipitacions de SFF no foren significativament diferents de les de la parcel·la de l'avetosa de Passavets (SFA). Els totals recollits van ser un 6% més alts a SFF.
- (7) les precipitacions de SFA no foren significativament diferents de les de TH. Els totals foren un 6% majors a SFA.
- (8) En aquest estudi, les precipitacions totals mesurades foren majors a la fageda (1165 m s.n.m) que a l'avetosa (1355 m), i majors a l'avetosa que al Turó de l'Home (1707 m). Malgrat que el període considerat és inferior a 2 anys, i que les observacions aparellades d'estacions veïnes no arriben a diferir significativament, aquests resultats, junt amb la conclusió (3), recolzarien la hipòtesi de que les precipitacions mesurades disminueixen amb l'altitud en aquest sector del Montseny. Això es pot deure a una disminució de les precipitacions reals amb l'altitud, o a una major subestimació de les precipitacions al cim de la muntanya, o a una combinació de les dues raons.
- (9) la precipitació a SFF fou significativament major que la de LC. Els totals recollits foren un 45% més grans a la fageda que a l'alzinar, mentre que en l'any sec (1980) foren un 70% més grans. Aquestes diferències, unides a les boires estivals, justificarien el contrast de vegetació entre la vall de Santa Fe, dominada per fagedes, i la vall de La Castanya, dominada per alzinars.
- (10) les precipitacions de les diferents localitats estigueren generalment molt correlacionades entre elles. No obstant, els errors estàndar de les regressions foren sovint bastant elevats, tractant-se d'estacions properes. Segurament això reflexa la irregularitat de la distribució de les precipitacions en un terreny muntanyós.

5.4 La quantitat de trascol

La quantitat de trascol de cada període de recollida es pot veure a l'apèndix nº 2, i a la figura 5.2 per a la fageda i l'avetosa. Les quantitats de trascol, agrupades per períodes aproximadament mensuals són a la taula 5.3 per als 3 boscos, i a la figura 5.1 per a l'alzinar. Els totals de trascol per períodes anuals són a la taula 5.4.

5.4.1 Variabilitat espacial del trascol

Els coeficients de variació de la quantitat de trascol variaren molt en els diferents períodes de recollida. Aquest és un fet ben conegut en els estudis de trascol (p.ex. Kimmins 1973), i que dificulta el disseny de xarxes de mostrejatge. Els intervals observats en els coeficients de variació durant el present treball són (%): LC 2-63, SFF 4-36, i SFA 15-41. Les mitjanes no ponderades dels coeficients de variació durant tots els períodes de recollida foren: LC 20.1%, SFF 15.5%, i SFA 28.1%. És a dir, la menor variabilitat espacial de la quantitat de trascol correspongué a la fageda, i la major a l'avetosa, amb l'alzinar en posició intermitja.

A l'alzinar, la distribució dels coeficients de variació és esbiaixada a la dreta (fig. 5.6a); un 45% de les observacions donaren coeficients de variació entre el 6% i el 18%, i un 73% de les observacions donaren entre el 6% i el 30%. La gran variabilitat temporal de la variabilitat espacial de la quantitat de trascol a l'alzinar es pot apreciar a la figura 5.6b. En aquest gràfic sembla haver-hi durant el darrer any i mig de l'estudi una tendència a donar coeficients de variació màxims a l'estiu i mínims a l'hivern, però durant el primer any es manifestà la tendència contrària. En conjunt doncs, no emergeix una variació estacional ben definida.

Els coeficients de variació del trascol acostumen a disminuir a l'augmentar les precipitacions (Helvey i Pàtric 1965, Kimmins 1973). Això indicaria la menor importància, o la distribució

més homogènia de les rutes preferents de degoteig quan les capçades estan ben saturades d'aigua. La relació entre els coeficients de variació del trascol i els volums de precipitació a l'alzinar segueix aquesta pauta (fig. 5.6c): el núvol de punts té la forma hiperbòlica esperada, però la dispersió és molt gran i l'asímtota horitzontal queda poc definida dintre de l'interval de 105-25%.

A la fageda, el trascol fou molt més variable durant el període de foliació (juny-octubre: $\overline{CV} = 20.4\%$, $S_{cv} = 7.9$, $n = 13$) que durant el període hivernal (novembre-abril: $\overline{CV} = 7.3\%$, $S_{cv} = 2.8$, $n = 7$). En el mes de sortida de la fulla (maig) es trobà un coeficient de variació intermig (12.5%).

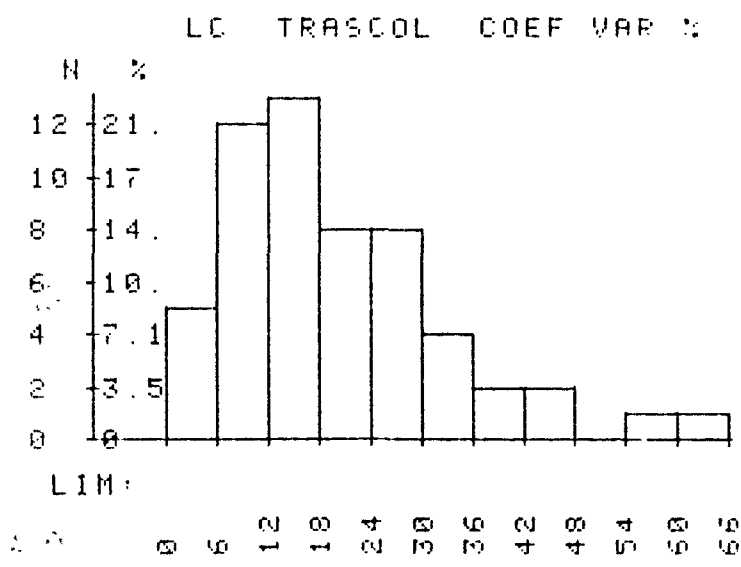
A l'avetosa, la variabilitat del trascol fou sempre major que la de la fageda (excepte en 1 cas: agost 1979), inclús quan aquesta tenia fulles.

5.4.2 Errors de mostratge en la quantitat de trascol

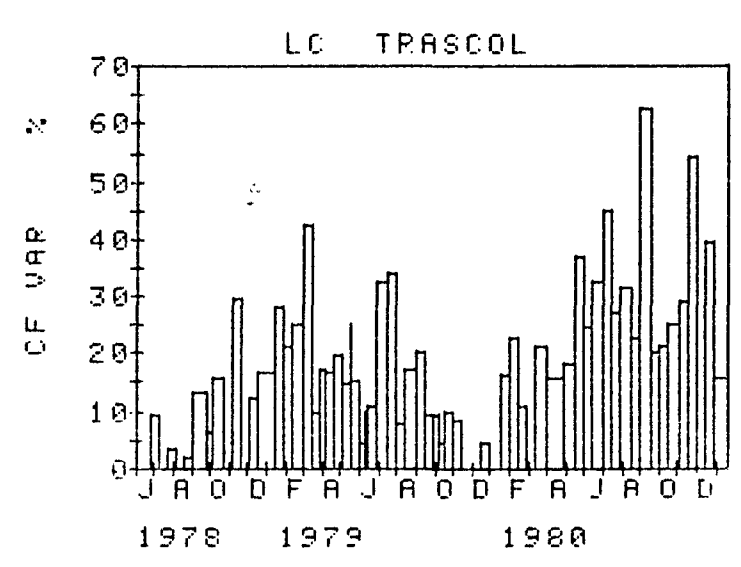
Recordem breument que el coeficient de variació és una propietat de la població, i que l'error estàndar ho és del mostratge. La relació entre coeficient de variació i error estàndar varià en aquest estudi d'un bosc a un altre, i al llarg del treball, en funció de les variacions en el nombre de pluviòmetres (apartat 4.1.4).

La mitjana dels percentatges de l'error estàndar de la quantitat de trascol respecte del trascol mig de cada període (taula 5.6) és bastant acceptable a LC (8.6%) i a SFF (7.6%); a SFA és més alta (14.0%). Donada la correlació negativa que hi ha entre precipitació i variabilitat del trascol (5.4.1), quan es pondera per volum les anteriors mitjanes passen a ser de 7.5% a LC, 7.7% a SFF, i 13.1% a SFA.

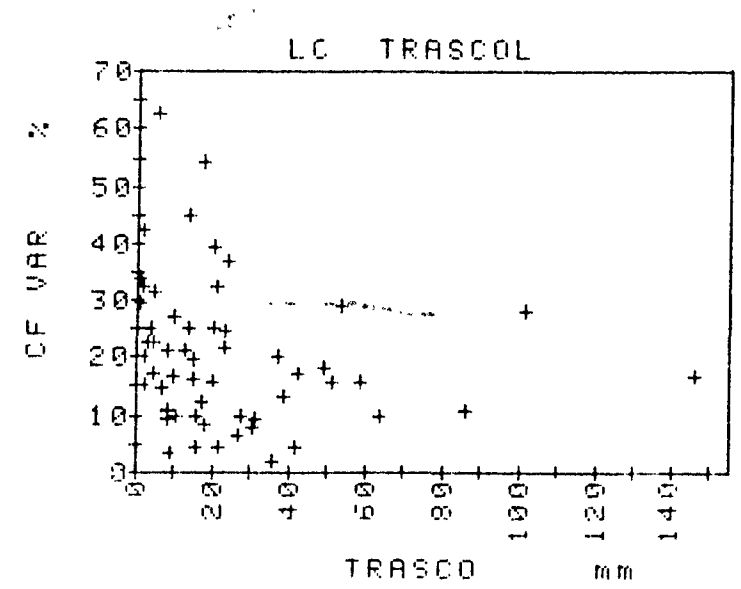
Per a uns coeficients de variació de l'ordre del 20%, com els trobats a 5.4.1, calen teòricament 4 pluviòmetres per a obtenir un error estàndar del 10% de la mitjana, i 16 pluviòmetres per a un 5%. En aquest estudi s'utilitzaren 4-8 pluviòmetres de trascol a cada bosc (apartat 4.1.4).



A



B



C

Figura 5.6 Coeficients de variació de la quantitat de trascal mesurada a l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.
 (A) histograma
 (B) variació al llarg del temps
 (C) relació amb la quantitat de precipitació

Taula 5.6 Variabilitat de mostratge en la quantitat de trascol en aquest estudi

Es donen les mitjanes de les mitjanes, dels errors estàndar, i dels percentatges dels errors estàndar respecte la mitjana obtinguts a cada bosc en n períodes, amb 4-8 pluviòmetres per lloc i període. Les xifres aquí tabulades no tenen sentit estadístic sinó només descriptiu. La durada mitjana dels períodes és diferent a cada bosc.

BOSC	n	\bar{x} mm	S_x mm	$\frac{S_x}{\bar{x}}$ %
Alzinar (LC)	56	24.75	1.86	8.56
Fageda (SFF)	22	50.36	3.88	7.57
Avetosa (SFA)	14	58.71	7.68	14.03

Taula 5.7 Relació entre les quantitats de precipitació i de trascol a tres boscos del Montseny

Es donen les regressions lineals entre la quantitat de precipitació (PR) i la de trascol (TR) mesurades durant n períodes aproximadament quinzenals o mensuals a tres boscos del Montseny. La regressió és $TR = a + b \cdot PR$. TR i PR en mm.

BOSC	DADES	n	r^2	a	b	S_a	S_b	$S_{y \cdot x}$
				mm		mm		mm
Alzinar	totes*	57	0.968	2.27	0.594	0.70	0.015	3.82
Alzinar	<80 mm	53	0.960	0.071	0.694	0.64	0.020	2.87
Alzinar	<30 mm	37	0.935	-1.19	0.805	0.58	0.036	1.84
Fageda	totes*	22	0.966	-0.61	0.797	2.53	0.034	6.26
Fageda	anòm. excl.†	20	0.984	-1.39	0.802	1.59	0.024	1.59
Avetosa	totes*	14	0.955	-5.04	0.898	4.68	0.056	9.04

* excepte els valors estimats.

† exclosos dos punts anòmals: juny 1979 i abril 1980.

S_a = error estàndar del terme independent; S_b = error estàndar del coeficient de regressió; $S_{y \cdot x}$ = error estàndar de la regressió.

5.4.3 Relació entre trascol i precipitació

En tots 3 boscos, el trascol mesurat va ser sempre inferior a la precipitació. Això vol dir que mai els possibles guanys per intercepció de les boires compensaren a la suma de les pèrdues per intercepció i de l'escolament cortical. Això es complí fins i tot a l'avetosa que, entre els boscos estudiats, és el que té (probablement) major freqüència de boires i menor escolament cortical, junt amb una gran capacitat d'intercepció deguda a la longitud de les capçades i a la forma acicular de les fulles.

En contrast, els boscos de grans coníferes del cinturó litoral de boires a la costa oest de Nord-amèrica obtenen considerables aports d'aigua per intercepció de les boires (Azevedo i Morgan 1974). Als boscos de Abies balsamea de les White Mountains (New Hampshire, USA), el trascol anual supera a la precipitació en un 10-26% (Olson et al. 1981), degut a la intercepció de les boires. Els boscos de A. balsamea estudiats per aquests autors passen un 30-50% de tot el temps immersos en núvols, i els vents són forts, resultant unes condicions ideals per als aports per intercepció. La duració de les boires a les avetoses del Montseny és desconeguda, però ha de ser molt inferior al percentatge anterior.

5.4.3.1 Regressions entre trascol i precipitació

La quantitat de trascol estigué molt correlacionada amb la de precipitació a tots 3 boscos (fig. 5.7, taula 5.7).

En els casos de la fageda i de l'avetosa, els núvols de punts del trascol respecte la precipitació són ben lineals (fig. 5.7). Per a la fageda donem dues regressions (taula 5.7), amb i sense 2 punts de posició una mica perifèrica.

El núvol de punts de l'alzinar és més complex. La linealitat es perd per damunt de c. 30 mm, passant a una corba molt lleugerament convexa entre 30 i 80 mm (fig. 5.7a). Els 4 punts dispo-

nibles entre 80 i 200 mm accentúen encara més aquesta convexitat. Observi's que el punt de major precipitació a la figura 5.7a és un punt de precipitació estimada que no participa en les regressions. L'hem però inclòs en aquesta figura perquè sense ell hom podria pensar que una regressió curvilíneal s'ajustaria bé a tot el núvol, quan en realitat les corbes que se'n deriven subestimen greument el trascol per a precipitacions superiors a 200 mm. La curvilínealitat en la relació entre trascol i precipitació a l'alzinar ha de ser menor que la indicada pels 4 punts entre 80 i 200 mm de la figura 5.7a.

Les diferències que comentem en la forma del núvol de LC es manifesten en els 3 coeficients de regressió lineal entre trascol i precipitació que donem per a l'alzinar a la taula 5.7: 0.81 mm/mm per a precipitacions <30 mm; 0.69 per a precipitacions <80 mm; i 0.59 per a precipitacions <200 mm. Les raons d'aquest peculiar comportament de l'alzinar les discutirem al parlar dels percentatges de trascol, en el proper apartat.

Les regressions entre trascol i precipitació són una eina clàssica en hidrologia forestal (p.ex. Helvey i Patric 1965, Leonard 1961, Zinke 1967). Quan les dades corresponen a precipitacions diàries o a precipitacions individuals, s'obté generalment un terme independent negatiu, el valor absolut del qual es considera que és una estimació de la capacitat d'emmagatzematge d'aigua de les capçades, definida com la quantitat d'aigua que queda retinguda a les capçades després de ploure, amb el vent en calma i un cop ha parat el degoteig. Moltes d'aquestes estimacions cauen entre 0.5 i 2 mm (Zinke 1967), i representen el valor mínim de les pèrdues per interceptió cada vegada que plou. Aquest valor mínim es veurà incrementat per l'evaporació des de les capçades i els troncs mentre dura la precipitació.

En les condicions descrites en el paràgraf anterior, el coeficient de regressió representa la proporció asimptòtica de trascol quan la precipitació és molt abundant, i els seus valors cauen sovint entre 0.85 i 0.92.

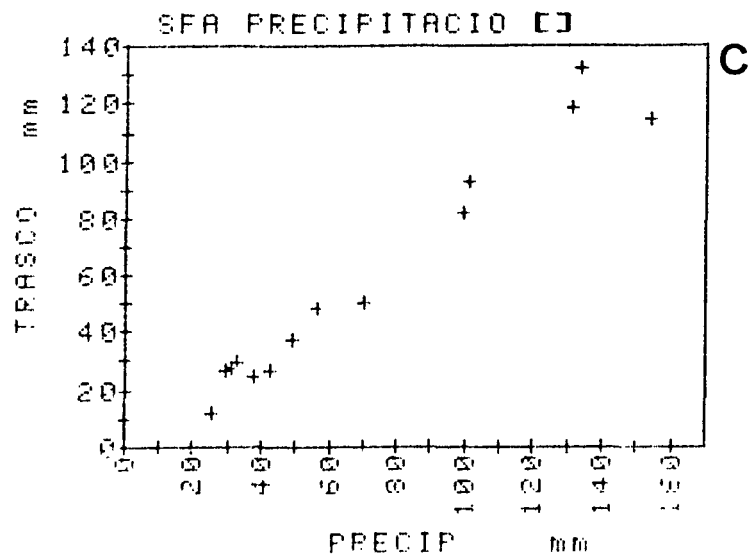
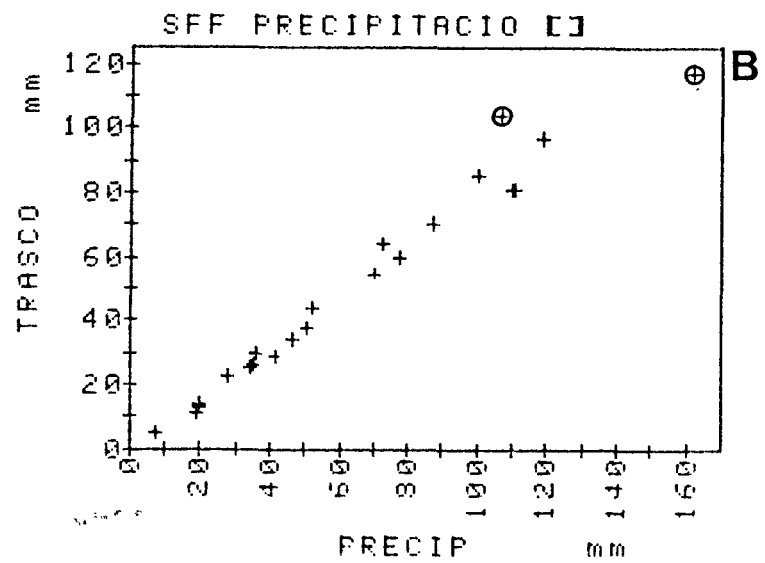
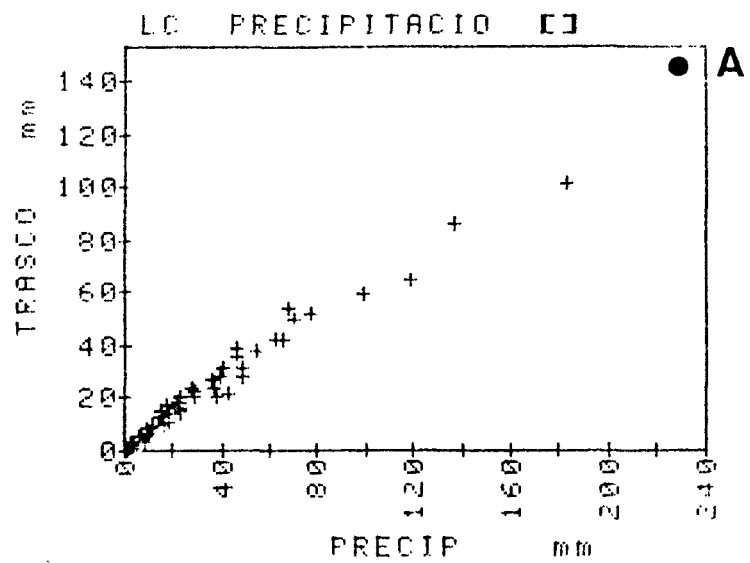


Figura 5.7 Relacions entre la quantitat de trascol i la de precipitació, per períodes de recollida.
 (A) Alzinar; ●=punt estimat, no utilitzat en les regressions.
 (B) Fageda; ⊕=punts als que fa referència la taula 5.7
 (C) Avetosa.

A l'alzinar de les muntanyes de Prades, una regressió provisional entre trascol (TR) i precipitació (PR), amb dades de pluges individuals dóna (J. Bellot, com. pers.):

$$TR = -1.53 + 0.840 PR \quad (n = 17 ; \text{ TR i PR en mm})$$

A l'alzinar de Le Rouquet, 5 anys de mesures quinzenals donaran la següent regressió (Lossaint i Rapp 1971):

$$TR = -0.42 + 0.725 PR \quad (n = 97)$$

A l'alzinar de La Castanya, la recta per a precipitacions inferiors a 30 mm és (taula 5.7):

$$TR = -1.19 + 0.805 PR \quad (n = 37)$$

A Prades, la capacitat d'emmagatzematge a les capçades és doncs de 1.5 mm. A La Castanya, i malgrat treballar amb períodes de 15 dies, l'estimació obtingua és també raonable: 1.2 mm. Com s'indica a la taula 5.7, convé recordar però que l'error estàndar d'aquesta estimació és de 0.6 mm.

Per a la fageda hem obtingut també valors raonables de la capacitat d'emmagatzematge: 0.6-1.4 mm (taula 5.7). Helvey i Patric (1965) trobaren que la relació entre trascol i precipitació per als caducifolis de l'est dels USA no variava gaire segons l'espècie forestal, i combinaren les regressions publicades de diferents boscos en una sola "ecuació generalitzada" per a cada època fenològica. Amb dades diàries, obtingueren:

$$\text{fase vegetativa:} \quad TR = -0.79 + 0.901 PR$$

$$\text{fase hivernal} \quad : \quad TR = -0.38 + 0.914 PR$$

La capacitat d'emmagatzematge, segons les anteriors ecuacions es redueix a la meitat quan els arbres perden la fulla, però els coeficients de regressió són molt semblants a les dues èpoques. A la fageda de Santa Fe, hem obtingut un coeficient de regressió de 0.80 (taula 5.7) que, probablement, representi un valor baix degut a l'ús de dades quinzenals i mensuals.

Per a l'avetosa, l'estimació obtinguda per a la capacitat d'emmagatzematge és de 5.0 mm (taula 5.7), amb un error estàndar de 4.7 mm. Tiedemann et al. 1980 trobaren una capacitat de 1.8 mm en un bosc de Abies grandis a l'estat de Washington (USA). El valor obtingut a SFA és clarament excessiu i es deu, a més a més de l'ús de dades mensuals, a la manca de punts amb precipitació inferior a 25 mm (fig. 5.7c), els quals conduirien la part baixa de la recta cap a una millor estimació del terme independent de la regressió.

5.4.3.2 El percentatge de trascol respecte la precipitació

Els percentatges de la quantitat de trascol respecte la precipitació (que anomenarem "percentatges de trascol") es poden veure a la taula 5.3, per períodes aproximadament mensuals.

El percentatge de trascol de cada període de recollida es representa a la figura 5.8. Les variacions són molt acusades d'un període al següent, especialment a l'alzinar on els períodes són més curts. A cap dels 3 boscos hi ha una pauta estacional definida. Els pics negatius ben marcats a l'alzinar (fig. 5.8a) corresponen a precipitacions molt escasses (fig. 5.9a).

A la fageda, no es veu cap relació entre el percentatge de trascol i les fases fenològiques del faig (fig. 5.8b). Excloent el valor excessivament alt de juny 1979 (segurament un error de mostreig), les mitjanes dels percentatges són 77.9% i 75.5% durant els mesos vegetatius (juny-octubre, n=9) i hivernals (desembre-abril, n=4), respectivament (novembre i maig es consideraren transicionals en aquest aspecte). Un test t de la diferència entre les mitjanes, amb la transformació arcsinus per a normalitzar els percentatges, no dóna significatiu.

Leonard (1961) trobà al bosc caducifoli mixt de Hubbard Brook un 82% de trascol en període foliat, i un 88% en període de repòs. D'altra banda, hem vist abans que a les equacions generalitzades de Helvey i Patric (1965), els coeficients de

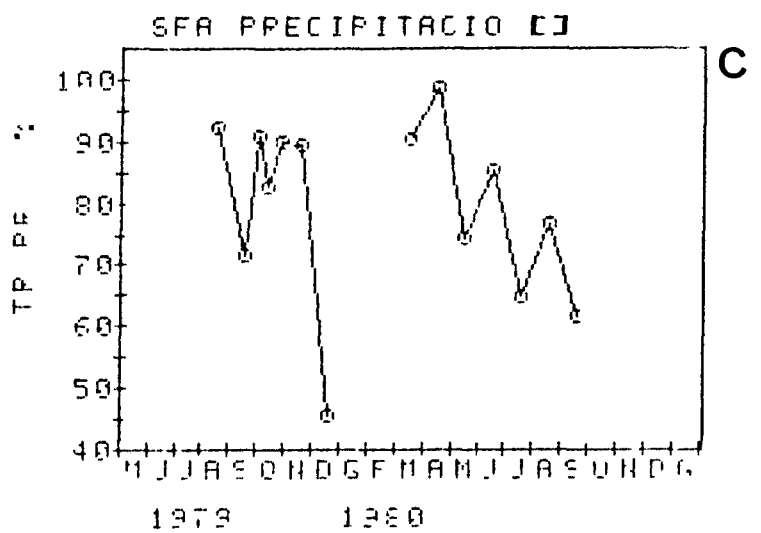
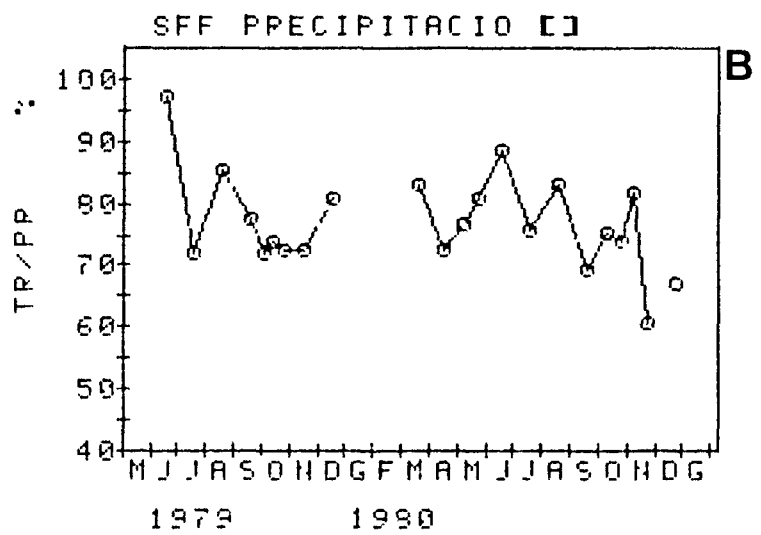
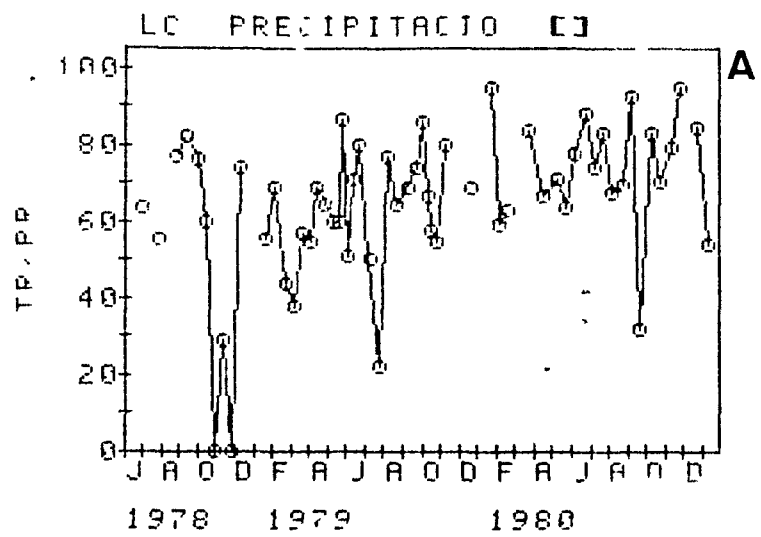


Figura 5.8 Variació del percentatge de la quantitat de trascol respecte la de precipitació, per períodes de recollida. (A) alzar, (B) fageda, (C) avetosa. Les discontinuïtats de gener 1979 i gener 1980 (A), gener-febrer 1980 i gener 1981 (B), i gener-febrer 1980 (C) corresponen a valors estimats. Les altres discontinuïtats són períodes sense precipitació.

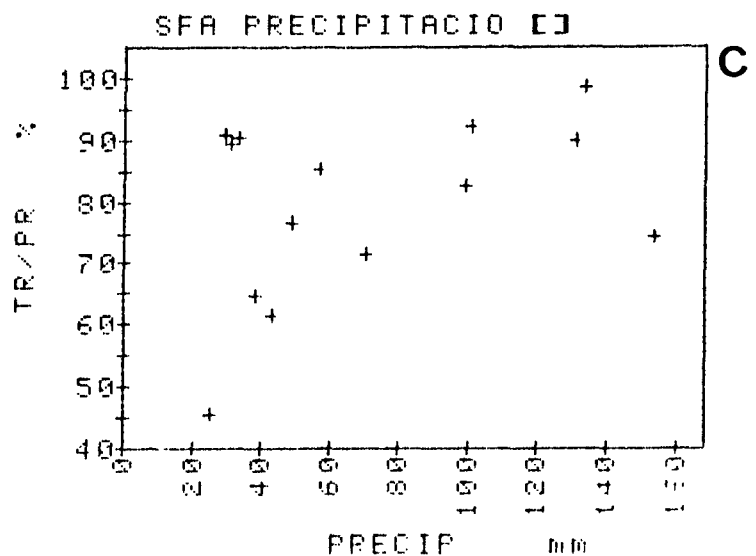
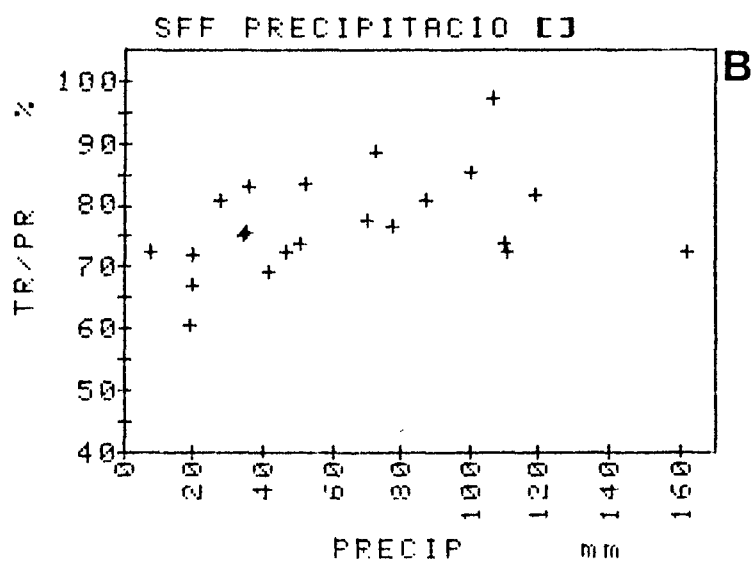
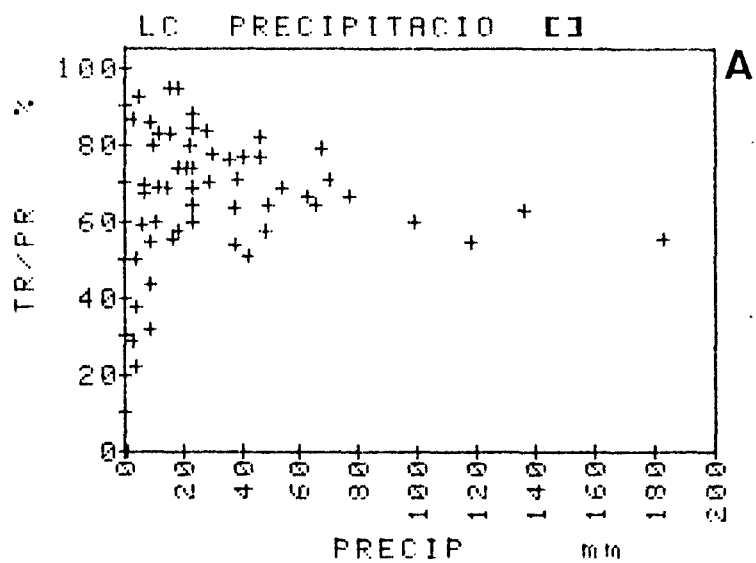


Figura 5.9 Relació entre el percentatge trascol/precipitació i la quantitat de precipitació, per períodes de recollida.
 (A) alzarar, (B) fageda, (C) avetosa.

regressió eren molt semblants en les dues èpoques, i que la diferència en els termes independents era també moderada. Henderson et al. estudiaren 3 boscos caducifolis i 1 pineda a Oak Ridge (Tennessee, USA). Els seus percentatges de trascol durant els períodes vegetatiu i hivernal foren, respectivament: Quercus-Carya 84.5% i 86.9%, Quercus prinus 83.8% i 85.4%, Liriodendron tulipifera 85.2% i 86.3%, i Pinus spp. 84.7% i 85.7%. És a dir, en els 3 boscos caducifolis el percentatge de trascol hivernal fou només una mica més gran que en l'època vegetativa, i aquesta diferència també es donà en el bosc perennifoli.

Quan els arbres caducifolis perden la fulla a la tardor, les pèrdues per intercepció tendeixen a disminuir, però l'escolament cortical tendeix a augmentar. Aquests dos canvis actúen en sentit contrari sobre el percentatge de trascol, i poden compensar-se mutuament. D'altra banda, les intensitats de la pluja acostumen a ser majors a l'estiu que a l'hivern, i això afavoreix que el percentatge de trascol durant el període vegetatiu sigui alt. Aquestes raons explicarien el fet, sorprenent en principi, que sovint el percentatge de trascol no varii d'una manera clara segons les fases fenològiques dels caducifolis.

En 7 dels 12 mesos comuns a SFF i SFA (excloent els valors estimats), el percentatge de trascol va ser major a la fageda que a l'avetosa, no apreciand-se diferències consistents entre els dos boscos (taula 5.3).

La relació entre el percentatge de trascol i la quantitat de precipitació es pot veure a la figura 5.9. Si prescindim d'alguns punts perifèrics, el percentatge de trascol a l'avetosa augmenta molt ràpidament amb la precipitació (fig. 5.9c), mentre que a la fageda ho fa més moderadament. La forma de les corbes que es sugereixen en aquests gràfics reflexa les característiques hidrològiques de les diferents espècies forestals. Així, l'augment ràpid del percentatge a SFA indica que a l'avet les pèrdues per intercepció són importants, especialment quan les precipitacions són poc abundants, però que l'escolament cortical és petit; a SFF, l'augment més lent es deu a que en el faig les

pèrdues per intercepció són moderades però l'escolament cortical és important. La corba amb forta convexitat de SFA és semblant a la dibuixada per Ovington (1954) per a una plantació de Abies grandis a Anglaterra.

A l'alzinar, el percentatge de trascol presenta una relació complexa amb la quantitat de precipitació (fig. 5.9a). L'envoltant inferior del núvol de punts representa la resposta normal (p.ex. Leonard 1961), asimptòtica i fortament convexa, però amb l'asíptota excessivament baixa: està a c. 60%, en lloc de a 80-90% que és el més freqüent. Hi ha 3-6 punts de precipitació escassa (<20 mm) i de percentatge de trascol elevat (c. 85%; fig. 5.9a) que podrien ser degut a errors de mostratge o a precipitacions curtes d'alta intensitat o a pedregades, que donarien un gran percentatge de trascol.

La raó per la qual els períodes amb precipitació superior a 80 mm tenen percentatges baixos (c.60%) de trascol a l'alzinar podria estar en que, amb el nombre moderat (4-8) de pluviòmetres que utilitzàrem, es subestimès greument el trascol de les precipitacions abundoses, degut potser a la importància de les rutes preferents de degoteig que depositarien una quantitat desproporcionada d'aigua en una superfície total molt limitada. Amb posterioritat al treball de camp del present treball, s'examinà aquesta hipòtesi utilitzant un reticle de 34 pluviòmetres de tascó dintre de la parcel·la experimental, i el comportament obtingut fou el mateix: percentatges de trascol del 50-60% amb precipitacions abundoses (C. Pascual, dades inèdites). Sembla, per tant, que l'explicació d'aquest percentatge tan baix ha d'estar en un gran increment de l'escolament cortical quan les pluges són molt abundants. El faig requereix només 1 ó 2 mm de pluja per a iniciar l'escolament cortical (Patterson 1975); a més a més, en els caducifolis estudiats, l'escolament cortical arriba relativament aviat a una asíptota (Leonard 1961), que en el faig podria ser del 10-15% (Kittredge 1948, citat per Benecke 1976). En canvi, a l'alzina no es produeix escolament cortical significatiu fins que la precipitació és d'uns 12 mm (Lossaint i Rapp 1971), almenys si les escorces són rugoses com als arbres dominants de LC. És possible que el percentatge d'escolament cortical a l'alzinar de

LC augmenti molt un cop les escorces estan saturades d'aigua (potser després de 20-30 mm de pluja), i que això, unit a la bona capacitat d'intercepció de l'alzina, produeixi els baixos percentatges de trascol observats a precipitacions abundants.

5.4.4 Totals anuals de trascol

Els totals i els percentatges anuals de trascol es poden veure a la taula 5.4.

A l'alzinar de La Castanya, la mitjana de 2 anys complets dona 566 mm de trascol, que representen un 65.6% de la precipitació. A l'alzinar de Le Rouquet (Montpellier) s'obtingué un percentatge molt semblant amb 5 anys de dades: 65.1% (Lossaint i Rapp 1971). Aquests percentatges de trascol són baixos dintre del conjunt dels boscos temperats (Zinke 1967), i es deuen a que les pèrdues per intercepció són molt altes als alzinars. Així, a Rouquet hi ha un 4.2% d'escolament cortical anual, i un 30.7% de pèrdues per intercepció (Lossaint i Rapp 1971). La parcel·la de La Castanya té els arbres més rectes i de tronc més regular que els de Rouquet, i això afavoriria un major escolament cortical. De totes maneres, les pèrdues per intercepció al nostre alzinar no serien inferiors al 20-25% de la precipitació anual. És a dir uns 170-215 mm/any s'evaporen directament des de les capçades sense arribar mai al terra (donada la morfologia de les fulles d'alzina, podem considerar despreciable l'absorció foliar d'aigua exterior). Les pèrdues per intercepció constitueixen doncs un capítol molt important de l'evapotranspiració total d'aquest ecosistema.

A la fageda de Santa Fe, la mitjana durant tot l'estudi dona un 80.3% de trascol. A la fageda de Solling, les mitjanes de 11 anys (1969-1979; calculades a partir de les dades de Matzner et al. 1982) són: trascol 77.6%, escolament cortical 13.7%, i pèrdues per intercepció 8.7%. Els percentatges anuals de trascol que hem trobat per a les fagedes europees varien entre el 59% i el 80%, essent els valors més freqüents els de

67-78% (Denaeyer 1969, Lemée 1974, Nihlgård 1970, Rasmussen et al. 1982). Els percentatge de trascol trobat a la fageda de Santa Fe està en l'extrem superior dels valors bibliogràfics. Com les observacions de camp i les mesures preliminars indiquen que l'escolament cortical és important a la parcel·la de SFF (cosa lògica perquè els arbres són molt regulars, amb les branques molt ascendents, i l'escorça llisa), això voldria dir que les pèrdues per intercepció són menors en aquesta fageda que a la major part de les fagedes europees. En clima mediterrani, la intensitat mitjana de les precipitacions deu ser bastant més gran a la de Europa central, disminuint les pèrdues per intercepció. D'altra banda, l'alçada dels arbres és bastant menor a SFF que a la major part de les fagedes europees (18-20 m v. 25-35 m), el qual reduiria també les pèrdues per intercepció.

Partint d'un trascol anual del 80%, i suposant que l'escolament cortical a la fageda de Santa Fe representi un 10-14% de les precipitacions, quedaria un 6-10% de pèrdues per intercepció. Aplicant aquest percentatge als 1200 mm/any de pluviositat mitjana estimada a Santa Fe (apartats 5.3.3 i 5.3.5), obtenim 72-120 mm anuals de pèrdues per intercepció, xifra molt més reduïda que la de l'alzinar de La Castanya. El faig és una espècie arbòria que, donada la seva estructura de capçada, experimenta unes pèrdues per intercepció sovint només moderades, com hem vist amb les dades de Solling i com sembla passar també al Montseny. Alguns autors (p. ex. Rasmussen et al. 1982, a Dinamarca) donen pèrdues per intercepció elevades (29% en el treball citat) a les fagedes que estudien. El faig pot tenir una intercepció considerable si les pluges tenen lloc principalment de forma intermitent i a baixa intensitat. En el cas del Montseny, però, les petites pèrdues per intercepció que hem estimat seria un altre factor favorable a l'economia hídrica del faig en aquest massís, ultra els comentats a l'apartat 5.3.9.

A l'avetosa, durant l any vàrem obtenir un 84.0% de trascol. En aquest bosc l'escolament cortical és pràcticament nul, i la diferència entre precipitació i trascol correspon íntegrament a pèrdues per intercepció. Malgrat això, considerem que, probablement, el 84% és una sobreestimació del trascol anual. La variació espacial del trascol fou major a l'avetosa que als altres dos boscos i, per tant, el percentatge resultant és també més incert.

6. QUIMISME I FLUXOS DE NUTRIENTS
EN LA DEPOSICIO GLOBAL

✓ ——— ✓ ———

.

.

-

.

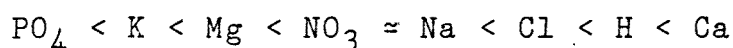
-

6.1 Variabilitat del mostratge

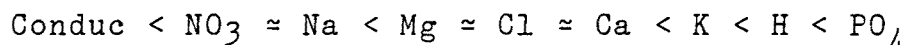
En la taula 6.1 es donen les variabilitats obtingudes en aquelles ocasions en que s'utilitzà la mitjana de les concentracions dels 2 col·lectors del mateix bosc analitzats separatament. Aquestes variabilitats són el conjunt de: (1) variabilitat espacial de la deposició humida, (2) variabilitat espacial de la deposició seca, (3) inestabilitat química de la mostra en el camp, i (4) errors analítics.

Les variabilitats obtingudes foren semblants en els tres boscos (taula 6.1). Per al conjunt dels 3 llocs, les variabilitats mitjanes augmentaren en aquest ordre (taula 6.1):

1- Variabilitat absoluta (error estàndar):



2- Variabilitat relativa (error estàndar/mitjana):



La mitjana dels percentatges de l'error estàndar respecte la mitjana de cada període va ser inferior al 9% per a totes les variables, excepte H i PO_4 (taula 6.1). En el cas del PO_4 , l'error relatiu és gran (26%) però l'error absolut és molt petit (0.27 $\mu\text{eq/L}$) i proper al límit de detecció (0.2 $\mu\text{eq/L}$). En el cas del H, la mitjana dels errors estàndar és de 1.60 $\mu\text{eq/L}$ que, a un pH de 4.7, equival a 0.03 - 0.04 unitats de pH.

Aquestes variabilitats es consideren satisfactòries per a les finalitats del present estudi. Es a dir, excloent valors anòmals, 2 col·lectors per anàlisi donen una estimació raonablement precisa de les concentracions iòniques en la deposició global del Montseny.

6.2 Concentracions mitjanes

6.2.1 Aspectes generals

La composició mitjana ponderada per volum de la deposició

global soluble es dóna a la taula 6.2 per a l'alzinar (LC), a la taula 6.3 per a la fageda (SFF), i a la taula 6.4 per a l'avetosa (SFA). Per a comparar les tres localitats durant un mateix període, a la taula 6.3 afegim la composició mitjana a LC durant el període d'estudi de SFF i a la taula 6.4 incluïm les dades de SFF i LC durant l'any donat per a SFA. A la taula 6.5 es comparen els resultats de LC amb els d'altres llocs d'Europa i de Nord-amèrica.

Les característiques que ens semblen importants de la composició mitjana de la deposició global al Montseny són:

- (1) la semblança general entre els 3 boscos. Aixó ens fa pensar que els resultats poden tenir validesa per a tot o gran part del Montseny, i probablement per a una regió més ampla. Una implicació d'aquesta similitud entre les concentracions mitjanes és que els aports en la deposició global dependran molt de la pluviositat anual.
- (2) la deposició global al Montseny és àcida: els pHs mitjans són de 4.6 - 4.8. L'acidesa és màxima a SFF i mínima a LC.
- (3) entre els ions analitzats, el Ca domina amplement sobre els altres, en termes d'equivalents, a tots 3 llocs.
- (4) de la resta de ions analitzats, Cl, H, Na, i NO₃ són relativament abundants. El Mg es força menys abundant que els 4 anteriors, el K es escàs i el PO₄ escassíssim.
- (5) les concentracions de Na i Cl són moderades, tenint en compte que el mar està a només 21-27 km. Es possible que la influència marítima derivada de la proximitat del mar quedi mitigada per l'orografia i pels vents dominants de l'oest.
- (6) les concentracions mitjanes de Na i Cl són notablement majors a SFF que a SFA i a LC. Considerem aixó com una prova de que la influència marítima és major a SFF.
- (7) les concentracions de NO₃ no són baixes, i indiquen una atmosfera contaminada; són però inferiors a les que s'obtenen en les regions de precipitacions molt àcides d'Europa i de l'est dels USA (Taula 6.5).
- (8) en conjunt, la composició mitjana de la deposició global del Montseny no destaca especialment en cap de les variables analitzades respecte d'altres llocs d'Europa, siguin mediterranis o no (taula 6.5).

Taula 6.1 Precisió en els resultats del quimisme de la deposició global

Es donen les mitjanes de (1) les mitjanes, (2) els errors estàndar, i (3) els percentatges dels errors estàndar respecte de la mitjana, obtingudes durant n períodes de recollida en els que s'analitzaren separatament els 2 col·lectors de deposició global de cada parcel·la. Les xifres tabulades no tenen sentit estadístic sinó només descriptiu. Conductivitat en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C. Concentracions en $\mu\text{eq}/\text{L}$.

LLOC	n	COND	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
Alzinar	n	20	23	23	20	21	23	19	11	7
	(1)	21.5	17.6	28.7	3.1	80.9	14.3	17.7	27.4	1.3
	(2)	0.6	1.5	1.2	0.3	4.6	0.8	0.9	1.3	0.3
	(3)	3.0	16.0	6.2	8.3	5.6	6.6	4.4	7.2	24.4
Fageda	n	12	12	9	7	9	8	8	9	6
	(1)	20.5	15.3	25.6	3.9	62.8	12.3	20.1	30.9	0.9
	(2)	0.8	1.2	0.9	0.4	5.5	0.7	1.2	1.1	0.3
	(3)	4.3	14.0	3.9	8.2	7.9	5.5	6.9	4.5	25.5
Avetosa	n	9	9	5	5	5	5	5	5	1
	(1)	20.9	25.1	9.2	4.0	57.2	9.5	18.3	13.8	0.9
	(2)	1.1	2.4	0.3	0.4	4.3	0.6	1.0	1.1	0.4
	(3)	4.9	14.1	3.4	11.2	7.2	6.0	5.6	7.6	41.8
Tots els boscos	n	41	44	37	32	35	36	32	25	14
	(1)	21.1	18.5	25.3	3.4	72.8	13.2	18.4	25.9	1.1
	(2)	0.7	1.6	1.0	0.3	4.8	0.7	1.0	1.2	0.3
	(3)	3.8	15.1	5.3	8.7	6.4	6.3	5.2	6.3	26.1

Taula 6.2 Alzinar: composició mitjana de la deposició global

Es dona la composició mitjana ponderada per volum de la deposició global soluble a l'alzinar muntanyenc de La Castanya (Montseny, Barcelona), per a dos períodes anuals i per al conjunt dels dos. Conductivitat referida a 20 °C. Els pHs es transformaren a concentracions d'hidrogenions, aquestes es ponderaren per volum, i el resultat es reconvertí a pH.

PERÍODE	Nº ANYS	PRECIP	CONDUC	pH	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
		mm any ⁻¹	µS cm ⁻¹						µeq L ⁻¹			
16-12-78 / 31-12-79	1	1058	20.1	5.11	7.8	24.7	3.3	67.0	13.8	19.0	24.0*	0.63†
1-1-80 / 29-12-80	1	647	22.1	4.56	27.2	21.1	4.0	50.9	10.3	18.6	25.5	0.73
16-12-78 / 29-12-80	2	857	21.1	4.82	15.1	23.4	3.6	61.1	12.5	18.8	27.7*	0.68†

* dades només des del 9-6-79. La concentració de Cl que donem per als 2 anys sensers és el resultat de multiplicar la concentració mitjana de Na per el quocient de les mitjanes ponderades de Cl i de Na obtingudes durant els 19 mesos en que s'analitzà el Cl. La mitjana ponderada de Cl mesurada durant aquests 19 mesos fou de 24.9 µeq/L.

† dades només des del 9-6-79.

Taula 6.3 Fageda: composició mitjana de la deposició global

Es dona la composició mitjana ponderada per volum de la deposició global soluble a la fageda de Santa Fe (SFF; Montseny, Barcelona), durant tot el període d'estudi d'aquest bosc (20 mesos). Per a comparació, es donen les dades de l'alzinar de La Castanya (LC) durant el mateix període. Les dades de LC durant 2 anys complets són a la taula 6.2. Conductivitat referida a 20 °C. Els pHs es transformaren a concentracions d'hidrogenions, aquestes es ponderaren per volum, i el resultat es reconvertí a pH.

LLOC	PERÍODE	Nº ANYS	PRECIP	CONDUC	pH	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
			mm any ⁻¹	µS cm ⁻¹						µeq L ⁻¹			
SFF	3-6-79 / 4-2-81	1.7	1070	21.6	4.61	24.6	25.6	3.1	51.8	12.0	18.9	30.6	0.54
LC	1-6-79 / 3-2-81	1.7	724	20.4	4.73	18.5	20.3	3.9	61.4	11.9	20.9	24.1	0.73
Relació SFF/LC	---	---	1.48	1.06	---	1.33	1.26	0.80	0.85	1.01	0.90	1.27	0.75

Taula 6.4 Avetosa: composició mitjana de la deposició global

Es dona la composició mitjana ponderada per volum de la deposició global soluble a l'avetosa de Passavets (SFA; Montseny, Barcelona), durant 1 any (4-8-79 a 1-8-80). Per a comparació, es donen també les dades de l'alzinar de La Castanya (LC) i de la fageda de Santa Fe (SFF) durant el mateix període. Les dades de LC i de SFF durant períodes més llargs són a les taules 6.2 i 6.3, respectivament. Conductivitat referida a 20 °C. Els pHs es transformaren a concentracions d'hidrogenions, aquestes es ponderaren per volum, i el resultat es reconvertí a pH.

LLOC	Nº ANYS	PRECIP	CONDUC	pH	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
		mm any ⁻¹	µS cm ⁻¹									
SFA	1	1193	20.6	4.62	24.2	18.0	2.6	46.8	9.5	18.4	22.7	0.23
SFF	1	1256	23.5	4.53	29.6	29.1	2.5	52.2	13.1	19.2	34.7	0.38
LC	1	896	20.5	4.69	20.7	20.6	3.3	53.5	10.8	19.5	24.4	0.57
Relació SFA/SFF		0.95	0.88	--	0.82	0.62	1.03	0.90	0.73	0.96	0.65	0.62

6.2.2 Comparació entre SFF i SFA

SFF i SFA són dues localitats molt properes, que difereixen principalment per l'orientació i l'altitud (figs. 3.11 i 3.12). El desnivell entre elles es d'uns 180 m . La precipitació anual és semblant als dos llocs (apartat 5.3.6) . La hipòtesi nul·la és que no hi ha diferència en la composició mitjana de la deposició global d'ambdós llocs.

Hem agrupat les concentracions per períodes mensuals, i hem fet un test de Wilcoxon amb les observacions aparellades, per a cada variable. No es troben diferències significatives en els casos de K, Ca, Mg, i NO_3 ($p > 0.06$ per a tots ells).

En 12 dels 14 mesos disponibles, les concentracions de Na varen ser majors a SFF que a SFA, i la diferència és significativa ($p < 0.03$) . La diferència en les concentracions de Na fou especialment accentuada en dos períodes amb temporals de llevant (febrer i abril 1980), que donaren precipitacions abundoses i concentracions altes de Na. Aquests dos mesos són els principals responsables de la notable diferència que hi ha entre les mitjanes ponderades de Na (i de Cl) als dos boscos (taula 6.4) . La diferència entre les observacions aparellades segueix però essent significativa si prescindim d'aquests 2 mesos.

El cas del Cl és semblant al del Na, però hi ha 4 mesos en que la concentració de Cl va ser major a SFA que a SFF, i aixó fa que la diferència tingui una significació estadística dubtosa ($p = 0.06$) .

El pH és significativament més baix a SFF que a SFA ($p < 0.05$). La mitjana ponderada del pH a SFF i SFA durant un any comú és de 4.53 i 4.62 respectivament (taula 6.4) . Aixó vol dir que la concentració mitjana d'hidrogenions é un 22% més alta a SFF.

No hem fet la comparació per al PO_4 perquè la seva concentració fou sovint indetectable. Les diferències entre les

concentracions mitjanes de PO_4 als dos llocs són grans en termes relatius, però molt petites en termes absoluts (taula 6.4).

Hi hagué dos mesos (novembre i desembre 1979) en què les concentracions de Ca, i en menor grau d'altres ions, foren notablement més altes a SFA que a SFF. La precipitació va ser de neu els dos mesos. Creiem que aquestes diferències són fruit d'errors metodològics en el mostratge de les nevades, perquè els col·lectors d'embut són molt poc adequats per a recollir-les, especialment si duen caputxó, com era el cas.

6.2.3 Comparació entre LC i SFF

La comparació entre les mitjanes ponderades a LC i SFF és molt il·lustrativa. Les concentracions dels 4 ions d'origen continental (K, Ca, NO_3 , PO_4) varen ser, durant el període comé, més altes a LC que a SFF, mentre que els dos ions d'origen marí (Na i Cl) ho foren a SFF (taula 6.3). El Mg, d'origen mixte continental i marí, doná la mateixa concentració a les dues localitats (taula 6.3).

Aquestes diferències entre SFF i LC es posen molt de manifest amb els quocients SFF/LC. El quocient per a la quantitat de precipitació val 1.48. Aquells ions que donin quocients iguals a 0.68 (l'invers de 1.48) tindran els mateixos aportos als dos llocs; quocients menors de 0.68 impliquen aportos més grans a LC que a SFF. Els quocients trobats estan a la taula 6.3. Tots són superiors a 0.68. Els ions que tenen els quocients més petits són K i PO_4 : els dos ions en menor concentració a la deposició global al Montseny (taules 6.2 a 6.4), per als quals la capacitat d'emmagatzematge atmosfèric deu ser mínima i que per tant, presenten fluxos en la deposició global relativament independents de la quantitat de precipitació. Els quocients més alts són els de H, Na i Cl, tots 3 bastant superiors a 1. Especulativament, aixó podria atribuir-se a: (1) la importància del rainout per als 3 ions; (2) la menor capacitat de neutralització de les precipitacions àcides a SFF degut potser a taxes inferiors de washout i de deposició seca, lliga-

des a l'altitud; i (3) el major grau d'influència marítima a SFF.

Les concentracions mitjanes de H van ser un 33% més altes a SFF que a LC. Durant el període comú, els pHs mitjans respectius foren 4.61 i 4.73 (taula 6.3).

La suma de les concentracions mitjanes dels 5 cations analitzats es de 117.1 $\mu\text{eq/L}$ a SFF, i 115.9 $\mu\text{eq/L}$ a LC. La major concentració de Ca a LC es veu contrarestatada per les menors concentracions de H i Na, resultant una suma molt semblant. A manca d'amoni, que podria afegir 10-30 $\mu\text{eq/L}$ aquests totals ens indiquen quina és la concentració catiònica de la deposició global al Montseny.

6.2.4 Comparació entre LC i dades bibliogràfiques

A la taula 6.5 recollim les concentracions mitjanes de la deposició global d'algunes localitats europees i nord-americanes. En general, LC no destaca especialment en cap de les variables mesurades, sobretot respecte les dades europees. LC se situa en la part baixa de la gamma de concentracions per al K, en l'alta per al Ca, i en nivells intermitjos per al Na, Mg, NO_3 , Cl i potser PO_4 . El pH de LC és més alt que el de les regions de precipitacions molt àcides (Escandinàvia, centre d'Europa, est dels USA), però més baix que el donat com a mitjana per la URSS, que el de una localitat gal·lesa, i que el de San Francisco.

Desgraciadament, hi ha molt poques dades publicades sobre la composició de la deposició global en la regió mediterrània.

Rapp (1969) estudià la deposició global en alzinars i en altres boscos prop de Montpel·lier. Les seves dades per a una de les estacions d'alzinar (Le Rouquet) estan a la taula 6.5. Les concentracions de K, Ca, i Mg són més altes a Rouquet que a LC, i la de Na molt més alta. Rouquet està a 23 km del mar en una plana calcària, mentre que LC està a 27 km del mar

en una muntanya silicatada més plujosa que Rouquet (taula 6.5). Observi's que la diferència entre les concentracions de Ca a LC i a Rouquet no és espectacular, i que una part de la diferència podria estar associada a la menor pluviositat de Rouquet. Així vol dir que, inclús en una muntanya silicatada com el Montseny, la concentració de Ca pot ser relativament alta si hi ha fonts regionals. En el cas del Montsey, aquestes fonts podrien ser les depressions sedimentàries de l'Ebre i del Vallés, i l'àrea metropolitana barcelonina.

La concentració de Na a Rouquet és sorprenentment alta (taula 6.5) ja que no és una localitat arran de mar, i els vents dominants venen de l'interior (Rapp 1969). Per altra banda, el quocient Mg/Na a Rouquet és molt més baix que el de l'aigua del mar, cosa molt excepcional (cf. Steinhardt 1973) de la qual només en coneixem un altre cas: les dades de S. Francisco, també reproduïdes a la taula 6.5. Les altres 3 estacions estudiades per Rapp (1969) donaren resultats semblant als de Rouquet en els aspectes que comentem.

6.2.5 Els quocients iònics

En la taula 6.6. presentem alguns dels quocients iònics en les mitjanes ponderades de la deposició global del Montseny, junt amb els mateixos quocients per a l'aigua de mar. Per a la composició de l'aigua marina hem utilitzat les dades de Brewer reproduïdes per Krauskopf (1979). Altres autors donen composicions lleugerament diferents (p. ex. Goldberg 1963).

S'observa que el Na i el Cl en la deposició global del Montseny estan en proporcions semblants a les de l'aigua de mar, especialment a LC i SFF (taula 6.6). Hi ha però un petit excès de Cl sobre Na, respecte les proporcions marines, en els 3 llocs estudiats.

El Mg, i encara més el K i el Ca, es troben al Montseny en proporcions molt més grans que les atribuïbles als aportats marins (taula 6.6). Tots els quocients en els quals intervenen aquestes ions es separen amplament dels corresponents a l'aigua de mar.

Taula 6.5 Comparació bibliogràfica de la composició mitjana ponderada per volum de la deposició global soluble al Montseny i a altres llocs

Precipitació en mm/any. Concentracions en µeq/L.

AUTOR	LLOC	ANYS	PERIODE	PREC	pH	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
Aquest estudi	La Castanya (Montseny)	2	1979-80	857	4.82	23.4	3.6	61.1	12.5	18.8	27.7	0.68
Rapp 1969	Rouquet (MontPELLIER)	3	1966-68	662	--	148.5	7.7	79.1	18.6	--	--	--
Matzner et al. 1982	Solling (Alemanya)	11	1969-79	948	4.07	35.6	9.7	55.3	16.2	60.2	50.9	5.21
Granat 1972	Le Mans (França)	-	---	--	--	40	4	34	32	32	60	--
Granat 1972	Uccle (Bèlgica)	-	---	--	--	42	6	66	30	36	55	--
Granat 1978	Sjööängen (Suècia)	3	1973-75	--	4.3	15	3	13	7	31	18	--
Christophersen i Seip 1982	Birkenes (Noruega)	6	1972-78	1403	4.24	56	4	9	13	38	58	--
Cryer 1976	Plynlimon (Gal.les)	1.5	1971-73	--	4.95	96.6	3.1	--	28.0	--	115.6	--
Petrenchuk 1980	URSS (mitjana)	-	---	--	5.3	17	5	20	25	3	23	--
Likens et al. 1977	Hubbard Brook (NH, USA)	11	1963-74	1320	4.14	5.2	1.8	8.0	3.3	23.7	13.3	0.25
Swank i Henderson 1976	Coweeta (NC, USA)	3	1970-73	2130	--	7.4	2.0	11.5	4.1	8.6	9.9	0.68
McColl i Bush 1978	S. Francisco (CA, USA)	0.4	1974-75	--	5.0	53.1	9.0	25.5	5.8	3.6	31.9	1.9

Tabla 6.6 Quocients iònics a la deposició global del Montseny

Es donen alguns dels quocients iònics, en termes d'equivalents, trobats a les mitjanes ponderades per volum de la deposició global soluble en les 3 parcel·les experimentals estudiades al Montseny. Noti's que els períodes són diferents a cada bosc, però iguals als donats a les taules 6.2 a 6.4 per a les concentracions mitjanes de cada bosc. Els quocients iònics calculats per a un període comú als 3 boscos no difereixen apreciablement dels aquí donats. Hem afegit les proporcions iòniques a l'aigua de mar.

LLOC*	PERÍODE	Na/Cl	Mg/Cl	Mg/Na	Na/K	Ca/Na	Ca/Mg	Ca/NO ₃
LC	16-12-78 / 29-12-80	0.844 [†]	0.495 [†]	0.533	6.520	2.617	4.905	3.248
SFF	3-6-79 / 4-2-81	0.834	0.391	0.468	8.129	2.029	4.332	2.750
SFA	4-8-79 / 1-8-80	0.792	0.420	0.531	7.027	2.603	4.906	2.545
<hr/>								
Aigua de mar	§	0.883	0.200	0.227	48.206	0.0439	0.194	---

* LC = alzinar de La Castanya; SFF = fageda de Santa Fe; SFA = avetosa de Passavets.
[†] dades des del 9-6-79.

§ segons dades de Brewer, reproduïdes per Krauskopf (1979).

Aixó indica una influència continental considerable. Per exemple, el quocient Ca/Na és 60 vegades més gran en la deposició global que en l'aigua de mar.

Gore (1968) recull algunes dades sobre el quocient Ca/Mg a la deposició global de diferents localitats. En llocs molt oceànics, aquest quocient (en equivalents) pot valdre 0.2 - 0.4, assemblant-se, doncs, al de l'aigua de mar (0.194). Els llocs interiors poden tenir quocients entre 1 i 5, segons el grau d'influència marítima i la importància dels aportos continentals de cada ió. Només 1 dels valors citats per Gore és tan gran com els trobats al Montseny: 4.56 a Suïssa (cf. taula 6.6). Aquesta variació del quocient Ca/Mg permet d'utilitzar-lo com a índex de continentalitat. Desgraciadament, es coneix molt poc com varia el quocient Ca/Mg a la regió mediterrània. A Vesima, una localitat litoral prop de Gènova amb forta influència marítima (206 kg Na/ha/any), el quocient Ca/Mg a la deposició global és ja bastant alt: 2.1 (Riehm 1964, citat per Steinhardt 1973).

6.2.6 La contribució marina

Es poden calcular els percentatges dels diferents ions que podrien derivar-se dels aerosols de sals marines, utilitzant les concentracions de Na, Cl, ó Mg a la deposició global i les proporcions idòniques a l'aigua de mar (Cogbill i Likens 1974, Glover et al. 1980, Granat 1972a, 1978, Junge i Werby 1958, McColl i Bush 1978).

Aquest procediment es basa en dues hipòtesis: (1) la totalitat dels aportes de l'ió de referència són d'origen marí, i (2) no hi ha fraccionament entre els ions. Cap de les dues és estrictament certa, però no és probable que aixó introdueixi errors greus (Granat 1978).

L'ió de referència més adequat per al Montseny és el Na, perquè és l'únic dels 3 ions candidats que no presenta excessos respecte als altres dos (taula 6.6). Els arguments per a considerar que el Na en la deposició global del Montseny

és d'origen predominantment marí són: (1) el quocient entre les concentracions mitjanes de Na i Cl és semblant al de l'aigua de mar (taula 6.6); (2) Na i Cl estan molt fortament correlacionats, i la regressió entre ells és semblant a la esperada en el cas d'un origen marí (apartat 6.6.1); (3) no semblen haver, local o regionalment, altres fonts naturals importants de Na soluble; i (4) es considera que les emissions antropogèniques de Na són generalment baixes.

El percentatge d'origen marí per l'ió X ($\%_{\text{mar}}X$) es calcula:

$$\%_{\text{mar}}X = \frac{\{\text{Na}\}_{\text{dg}} \cdot \{X\}_{\text{mar}}}{\{\text{Na}\}_{\text{mar}} \cdot \{X\}_{\text{dg}}} \times 100$$

on $\{X\}_{\text{dg}}$ i $\{X\}_{\text{mar}}$ són les concentracions de X en la deposició global i en l'aigua de mar, respectivament (igualment pel Na).

L'expressió anterior es pot reordenar en forma que sigui directament calculable a partir dels quocients iònics:

$$\%_{\text{mar}}X = (X/\text{Na})_{\text{mar}} / (X/\text{Na})_{\text{dg}} \times 100$$

on (X/Na) representa el quocient iònic pertinent en l'aigua de mar o en la deposició global.

Un concepte que s'utilitza sovint en aquest context és el de "sals en excés", que pot aplicar-se a qualsevol ió o grup de ions, tant per a les concentracions com per als aportats. La concentració en excés de l'ió X ($X_{\text{excés}}$) es defineix com la que queda després de restar-li l'atribuïble als aerosols de sals marines;

$$\{X_{\text{excés}}\} = \{X\}_{\text{dg}} - \{\text{Na}\}_{\text{dg}} \cdot \{X\}_{\text{mar}} / \{\text{Na}\}_{\text{mar}}$$

En totes aquestes expressions, el Na pot substituir-se per un altre ió de referència, sovint el Cl, si sembla convenient.

Taula 6.7 Contribució marina a la deposició global del Montseny

Es donen els percentatges d'origen marí per a diferents ions en la deposició global soluble de 3 localitats del Montseny. A LC i a SFF, els percentatges es donen primer per als períodes de les taules 6.2 i 6.3, i després per al període comú amb SFA. Aquests percentatges estan basats en els quocients iònics mitjans a la deposició global i a l'aigua de mar, suposant que tot el Na sigui d'origen marí i que no hi hagi fraccionament entre els ions considerats.

LLOC*	PERÍODE	Nº ANYS	Na	K	Ca	Mg	Cl
LC	16-12-78 / 29-12-80	2.0	100 [†]	13.5	1.68	42.5	95.5§
SFF	3-6-79 / 4-2-81	1.7	100 [†]	16.9	2.16	48.4	94.4
SFA	4-8-79 / 1-8-80	1.0	100 [†]	14.6	1.69	42.7	89.7
SFF	2-8-79 / 1-10-80	1.0	100 [†]	24.4	2.45	50.2	95.1
LC	1-8-79 / 31-7-80	1.0	100 [†]	12.9	1.69	43.5	95.7

* LC = alzinar de La Castanya; SFF = fageda de Santa Fe;
SFA = avetosa de Passavets.

† per hipòtesi.

§ dades només des del 9-6-79.

Els resultats per a la deposició global del Montseny, basats en el Na, estan a la taula 6.7. Gairebé tot el Cl (90 - 95%) i aproximadament la meitat del Mg (42 - 48%) són d'origen marí. Pel contrari, la major part del K (83 - 86%) i pràcticament la totalitat del Ca (98%) són d'origen continental.

Els percentatges d'origen marí de cada ió són semblants als 3 boscos (taula 6.7). En el cas del K, Ca i Mg els percentatges de LC són molt semblants als de SFA, però els de SFF són una mica majors. Per al Cl, els percentatges són semblants a LC i SFF, mentre que el de SFA és una mica menor.

Els percentatges d'origen marí, units a les majors concentracions mitjanes de Na i Cl (taula 6.4) indiquen que la influència marítima és més gran a SFF que a SFA i LC. La diferència entre SFF i LC era potser esperable perquè LC, situada a la vall central del massís podria tenir major grau de continentalitat. La diferència amb SFA és més sorprenent, donada la proximitat amb SFF. És possible que SFA, en un vessant NW de forta pendent, quedi protegit dels vents marins de NE, E, i SE. La protecció topogràfica es traduiria en una menor advecció en la columna d'aire sobre SFA i, com a conseqüència, en menors aportats de sals marines per washout. Allen et al. (1968) trobaren també considerables variacions topogràfiques de la influència marina sobre la deposició global a Gran Bretanya.

En la taula 6.7 no s'han calculat els percentatges de NO_3 i PO_4 que podrien derivar-se dels aerosols de sals marins, perquè aquests ions són de proporcionalitat variable en el mar. La seva concentració respecte al Na en l'aigua de mar és però tan petita que la contribució de les sals marines a la deposició global d'aquests ions al Montseny és negligible.

Part del H i NO_3 en la deposició global podrien derivar-se de gasos biològics d'origen marí: H_2S , NH_4 , i N_2O oxidats en la troposfera o en l'estratosfera a H_2SO_4 i HNO_3 . Els mateixos processos tenen lloc a partir dels mateixos gasos d'origen biològic terrestre o antropogènic. La quantificació del cicle

planetari del N feta per Söderlund i Svensson (1976) permet dir que la contribució biològica marina als aportats de NO_3 en la deposició global deu ser insignificant. Encara que el H_2SO_4 biogènic marí sembla tenir un paper en l'acidesa de les precipitacions a l'Antàrtida (Delmas et al. 1980), en les regions de precipitacions àcides de l'hemisferi nord aquesta feble contribució queda obliterada pels aporta massius d'òxids de sofre i de nitrogen antropogènic (Overrein et al. 1981).

En conclusió, en la deposició global del Montseny, K, Ca, H, NO_3 , i PO_4 són predominantment o totalment d'origen continental, natural o antropogènic. Na i Cl semblen ser d'origen predominantment marí. El Mg és d'origen mixt, continental i marí, en proporcions semblants.

6.3 Variabilitat temporal de les concentracions

La composició química de la deposició global en cada període de recollida a cada bosc es pot veure a l'apèndix nº 1, i a les figures 6.2 a 6.10. En la figura 6.1 repetim les precipitacions mesurades, per tal de facilitar la comparació amb el quimisme.

Els aspectes més destacables de les figures 6.2 a 6.10 són:

- (1) la gran variabilitat de les concentracions
- (2) la coincidència general dels màxims i mínims accentuats en els tres boscos.
- (3) la tendència de totes les variables a donar valors més alts a l'estiu que a l'hivern. Aquesta tendència és especialment clara en els casos del pH i del Ca.
- (4) la coincidència de molts pics amb períodes de precipitació escassa.

Malgrat l'elevada irregularitat de les concentracions, cap dels paràmetres químics mesurats en la deposició global fou tan variable com la quantitat de precipitació. Els coeficients de

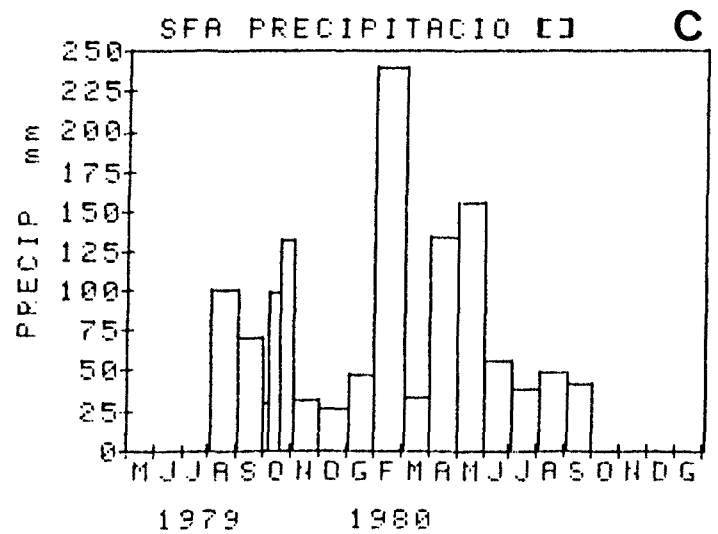
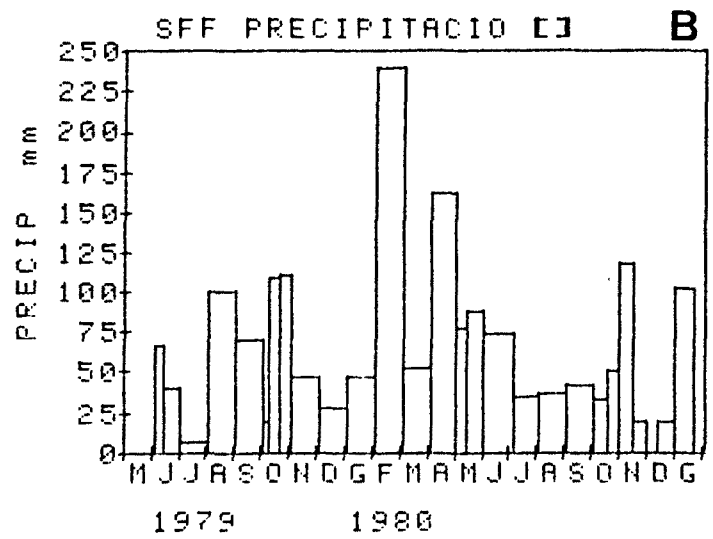
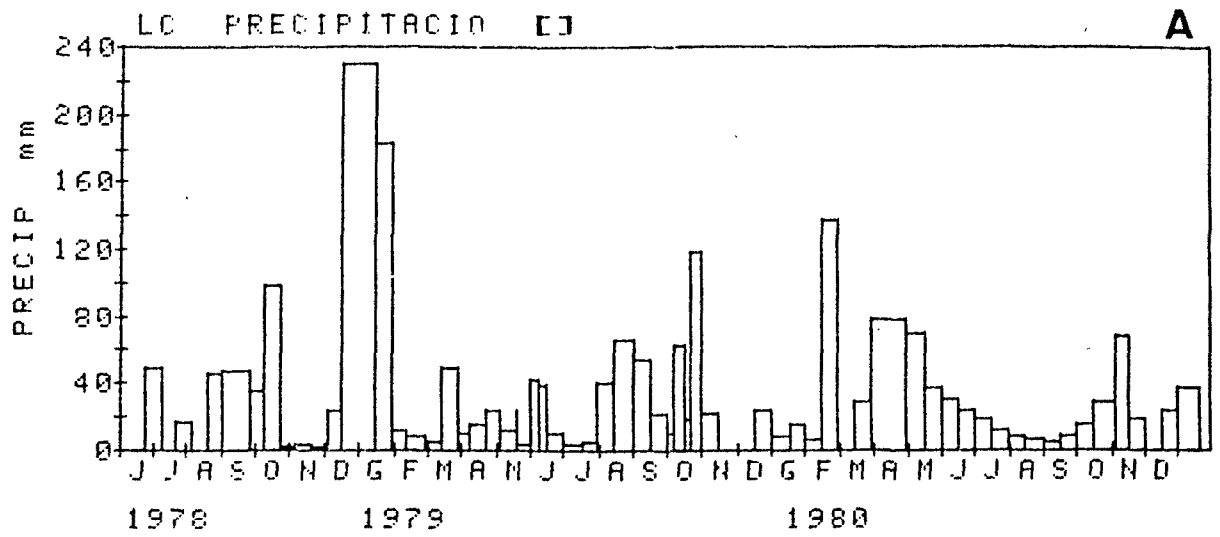


Figura 6.1 Quantitat de precipitació mesurada en els tres boscos estudiats al Montseny, per períodes de recollida. (A) alzar, (B) fageda, (C) avetosa.

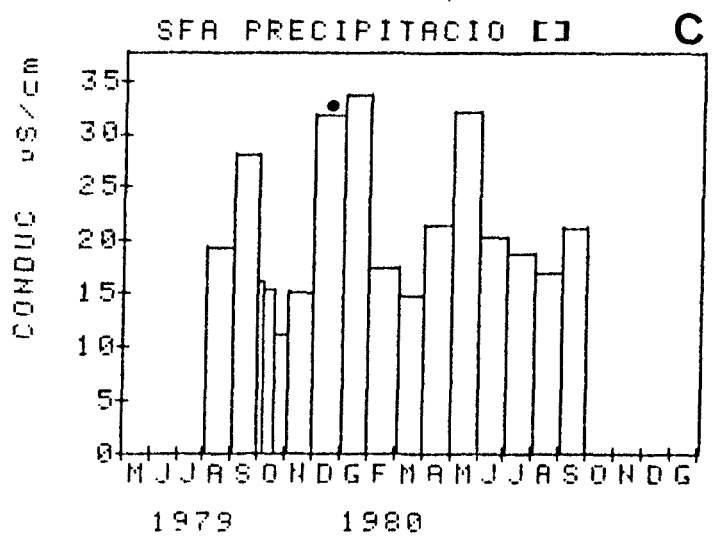
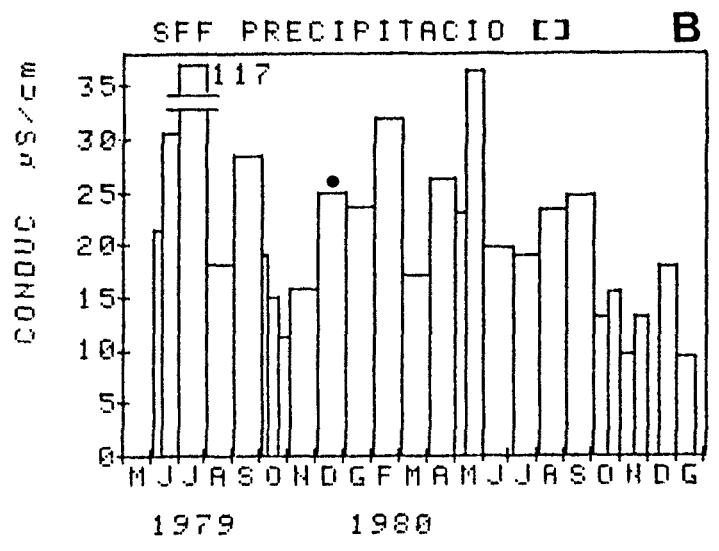
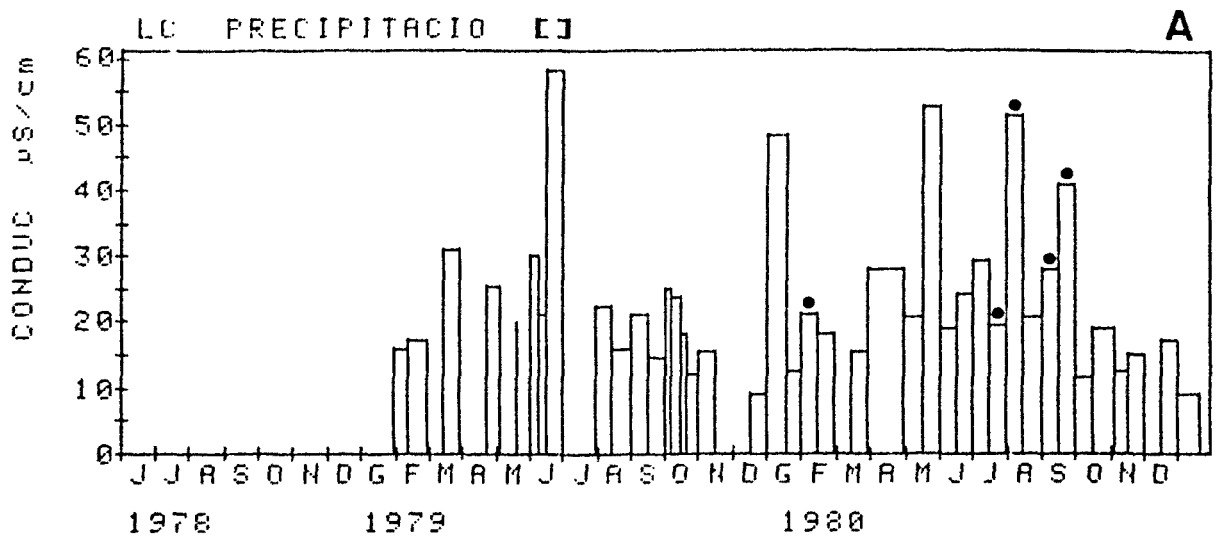


Figura 6.2 Conductivitat a 20°C de la deposició global per períodes de recollida a tres boscos del Montseny. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa. Els punts negres indiquen valors estimats a partir de les concentracions dels ions analitzats.

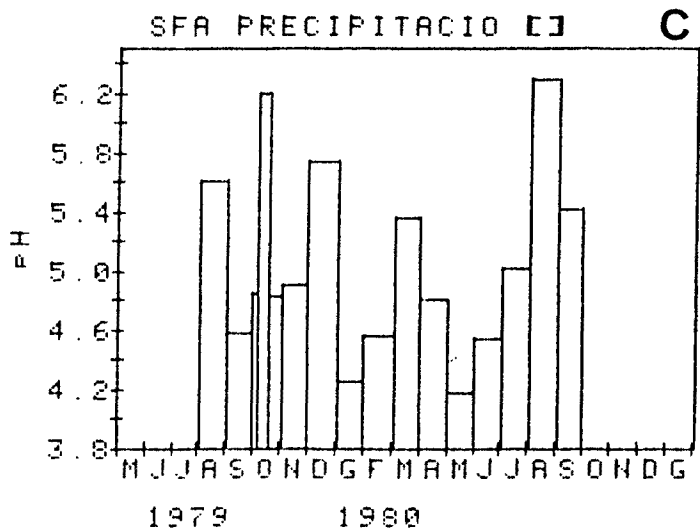
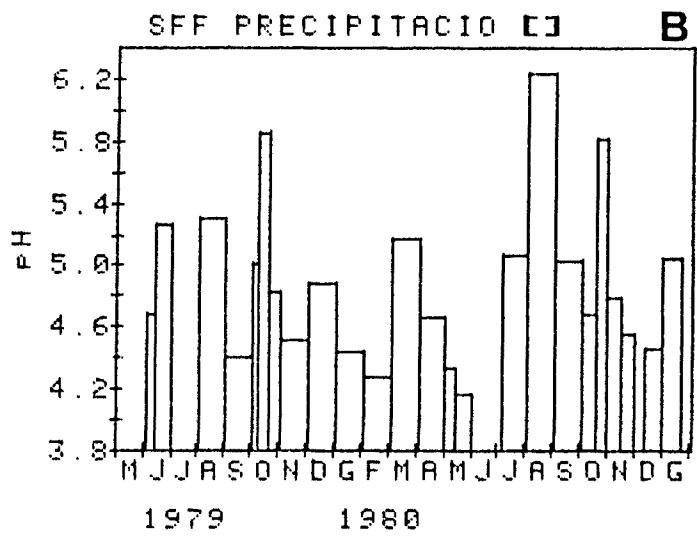
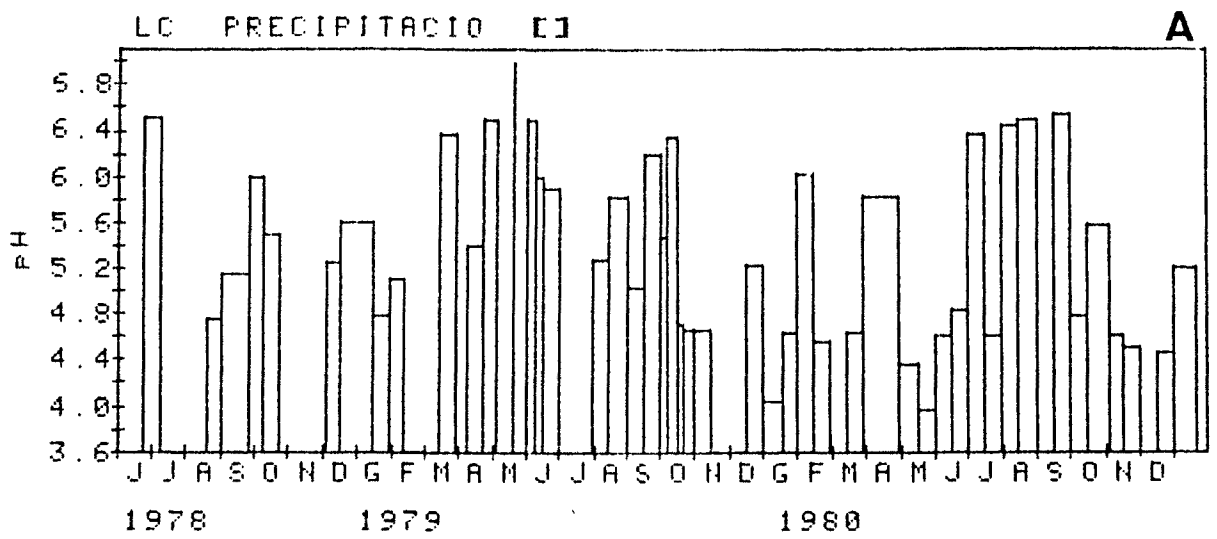


Figura 6.3 pH de la deposició global per períodes de recollida en tres boscos del Montseny. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

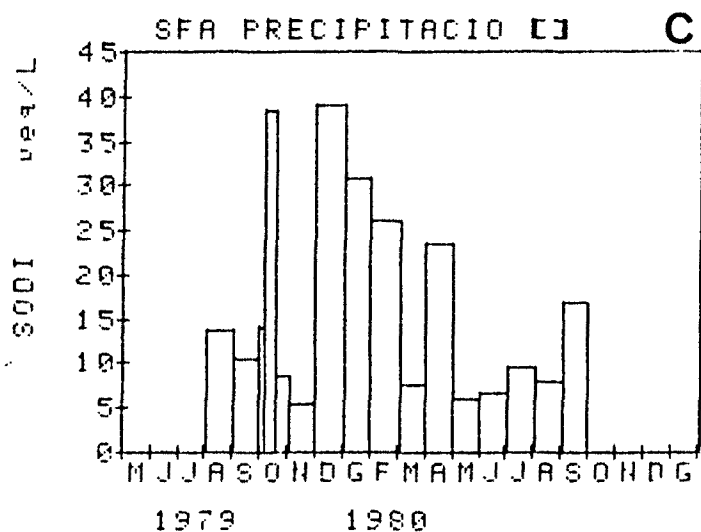
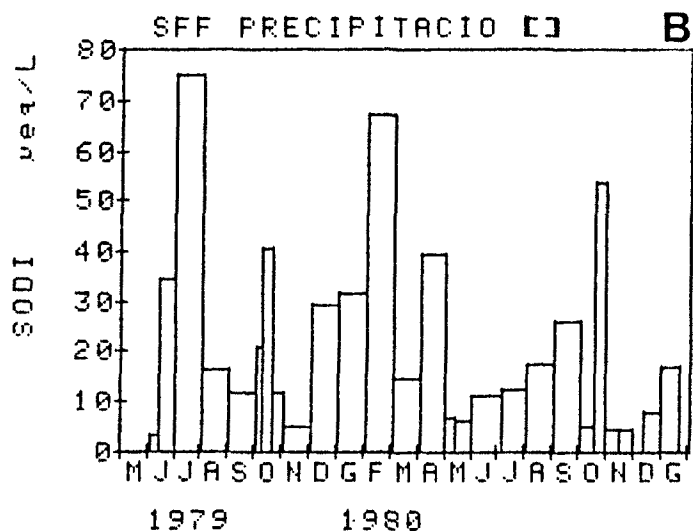
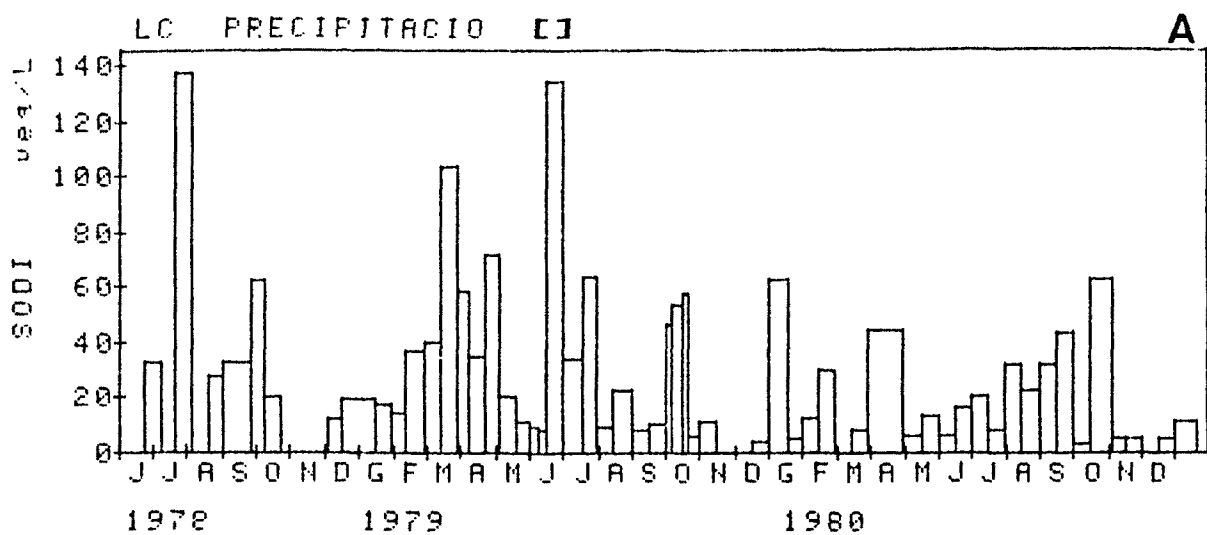


Figura 6.4 Concentracions de sodi a la deposició global soluble en tres boscos del Monyseny, per períodes de recollida.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

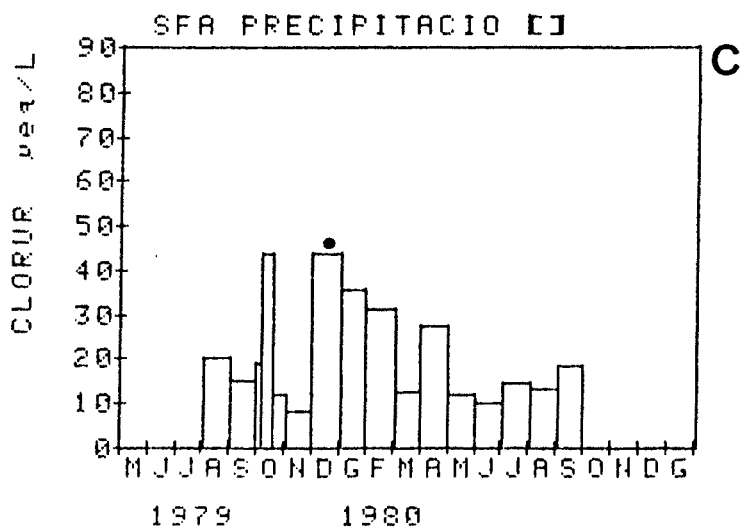
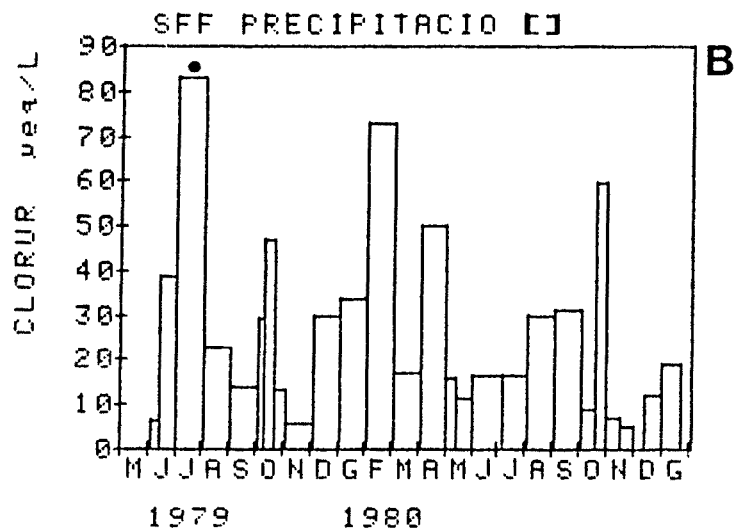
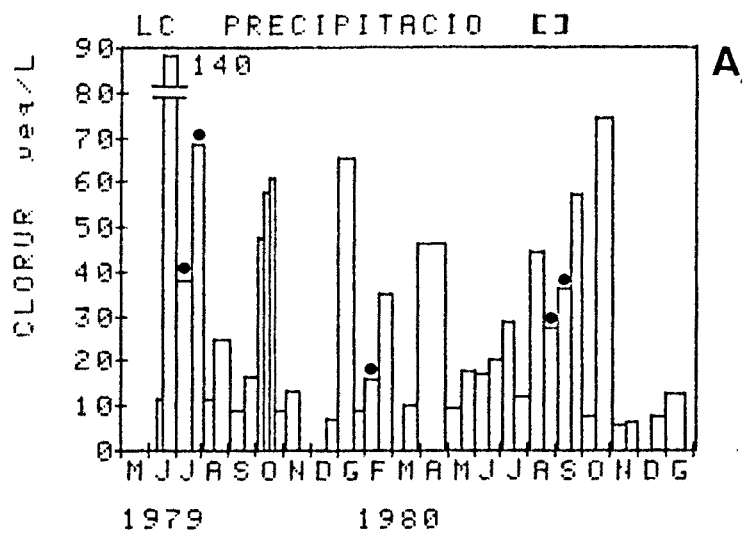


Figura 6,5 Concentracions de clorur a la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa. Els punts negres indiquen valors estimats a partir de les concentracions de sodi.

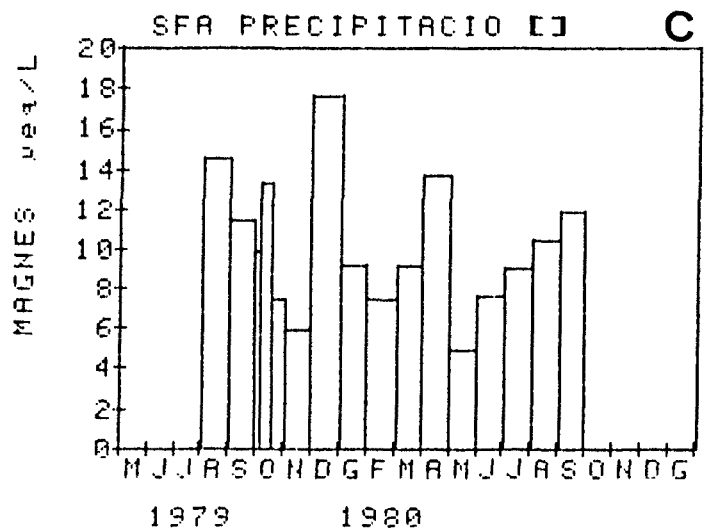
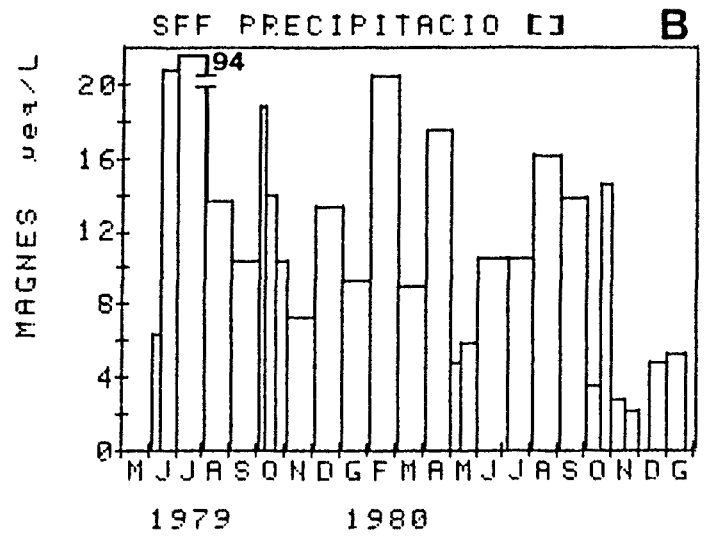
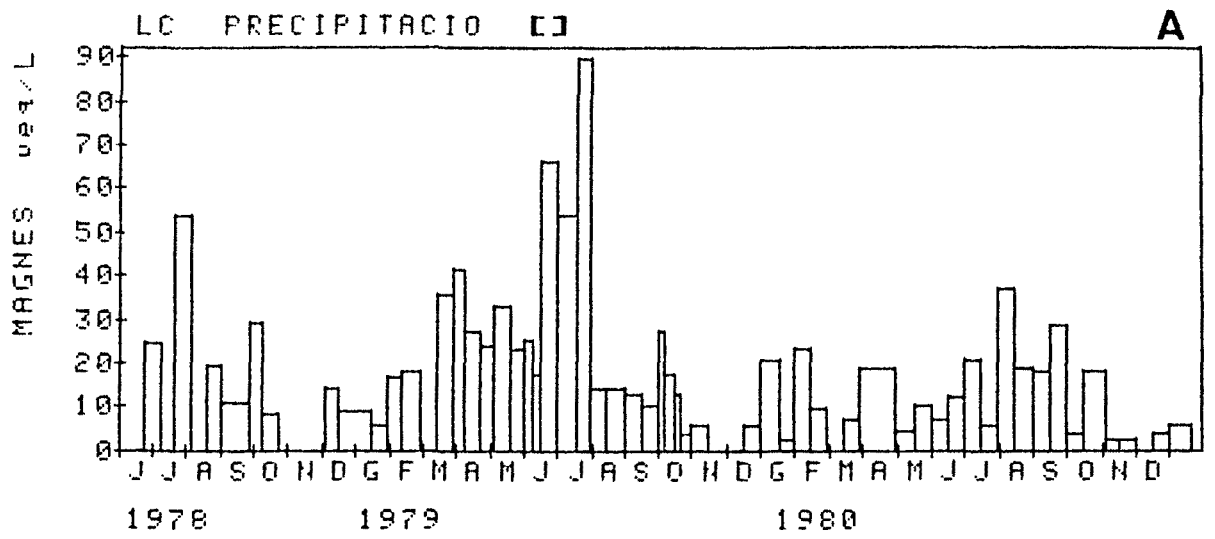


Figura 6.6 Concentracions de magnesi a la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

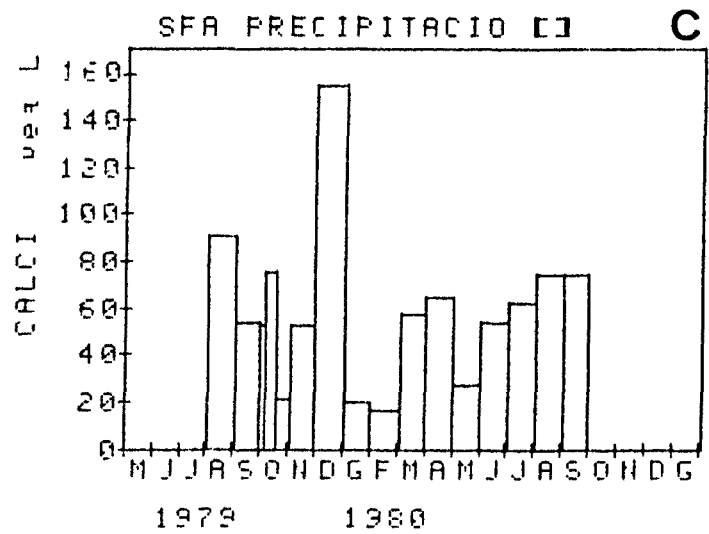
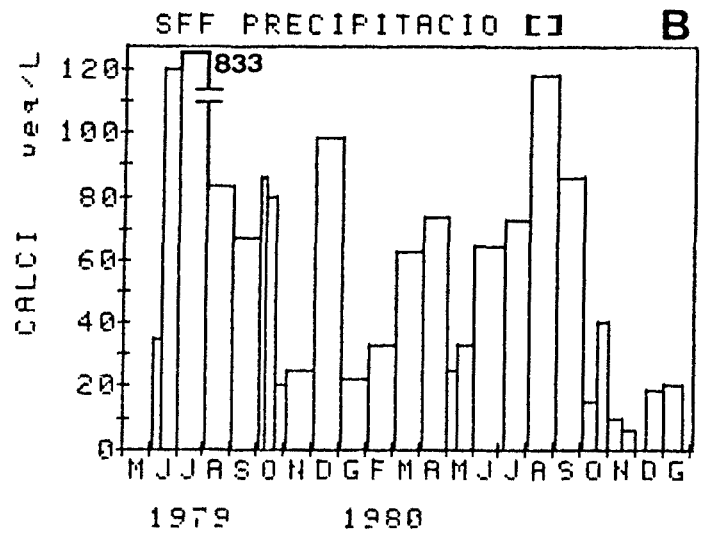
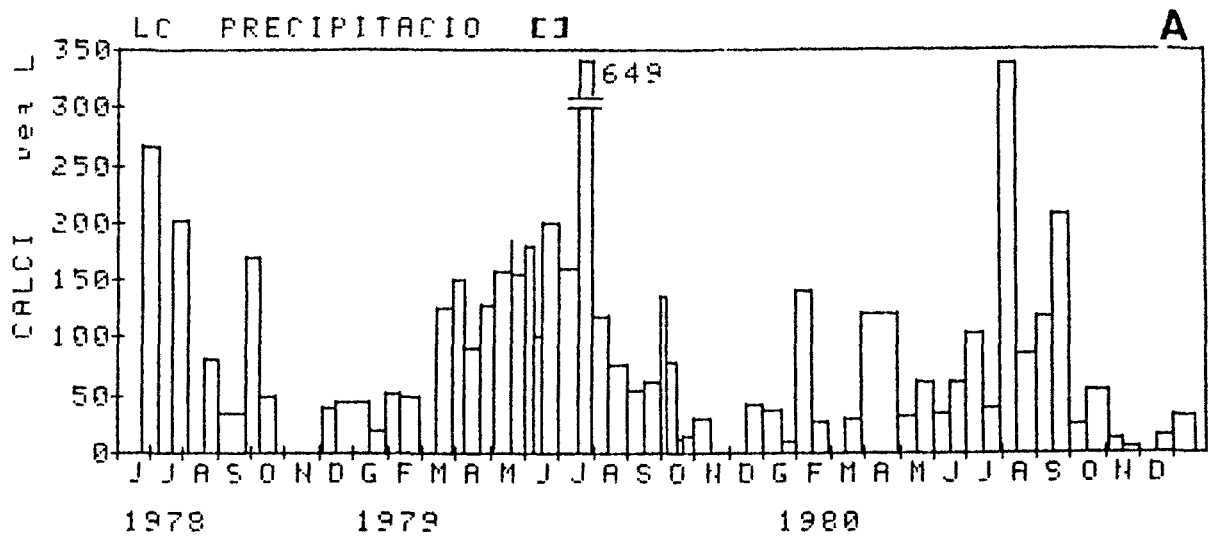


Figura 6.7 Concentracions de calci en la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. (A) alzar, (B) fageda, (C) avetosa.

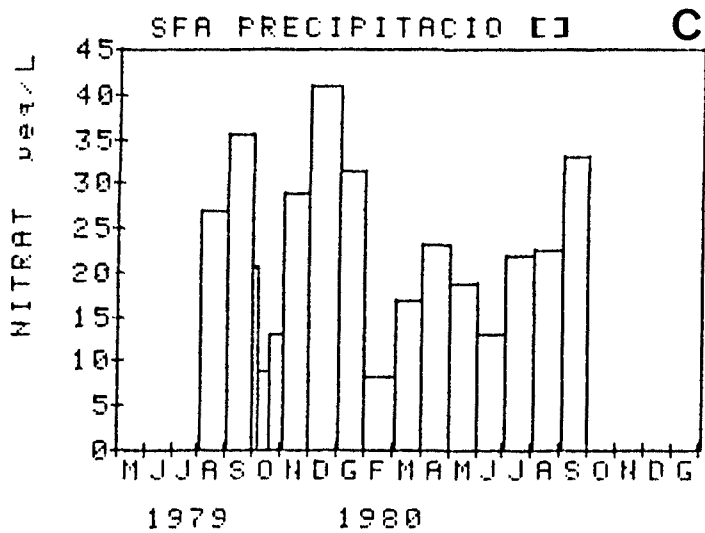
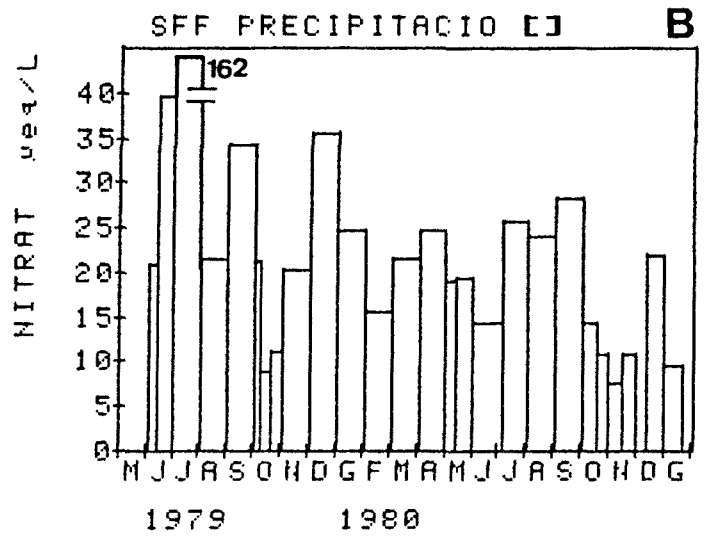
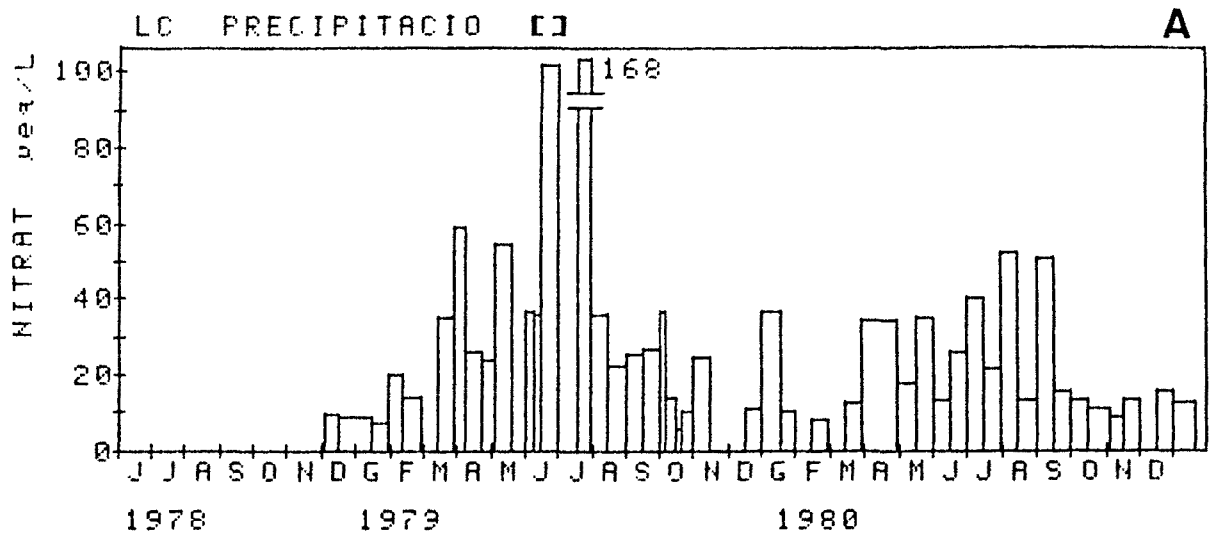


Figura 6.8 Concentracions de nitrat (més nitrit) a la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

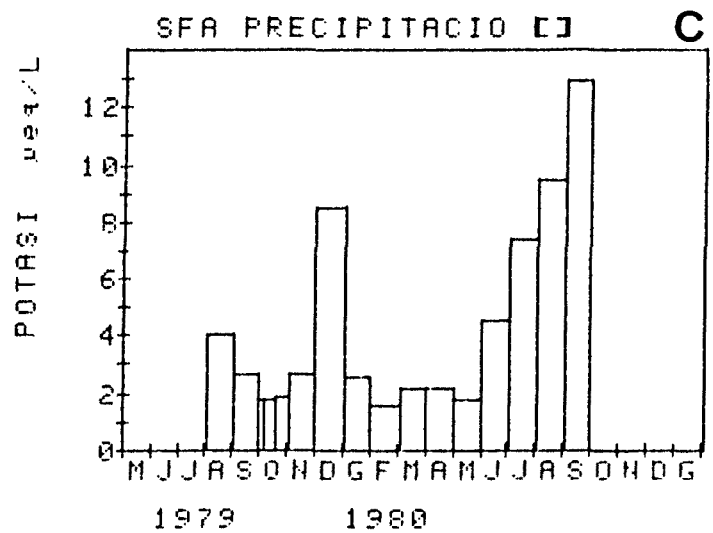
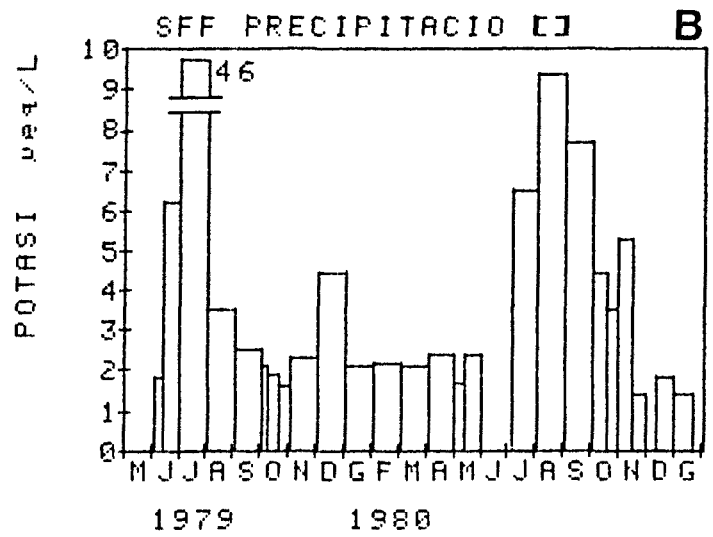
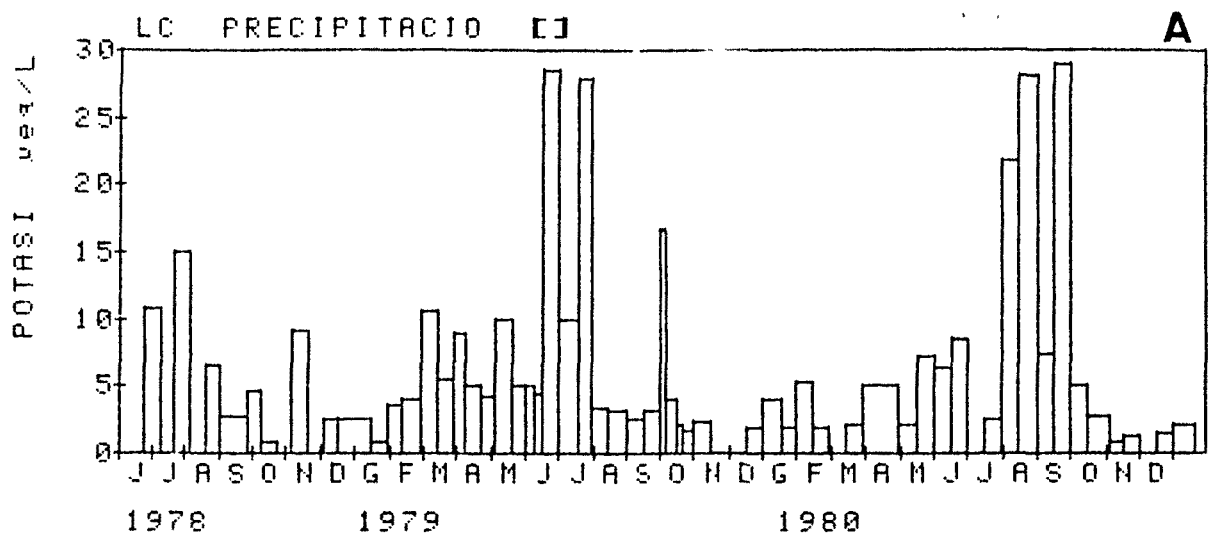


Figura 6.9 Concentracions de potassi a la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

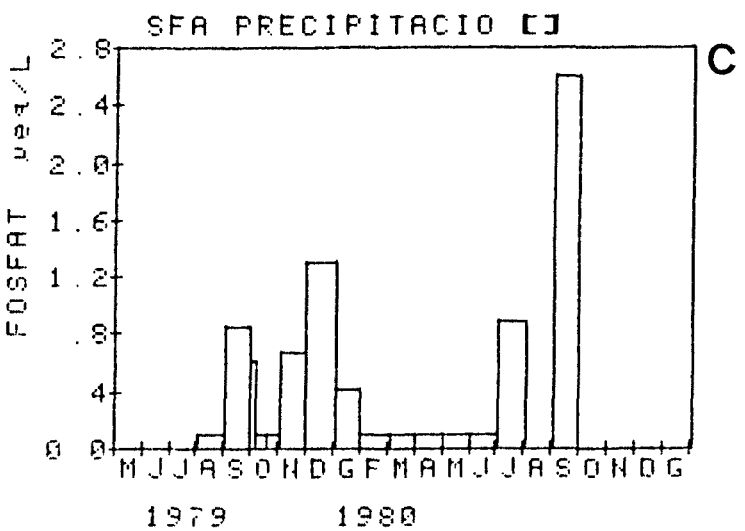
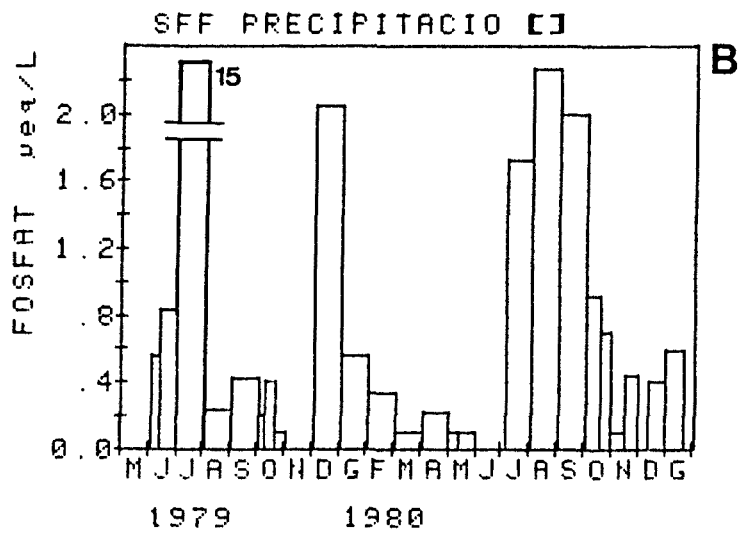
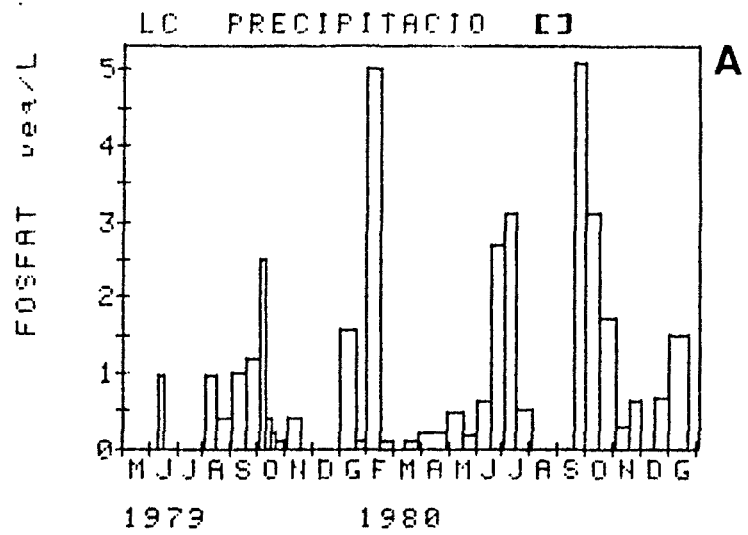


Figura 6.10 Concentracions d'ortofosfat en la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

variació temporal calculats amb tots els períodes de recollida a La Castanya són:

Precipitació	132 %
pH	15
conductivitat	52
Mg	86
Cl	94
Na	99
NO ₃	99
Ca	104
K	108
PO ₄	113

Les concentracions en la precipitació o en la deposició global són característicament molt variables en el temps (p. ex. Cryer 1976, Matzner et al. 1982).

En general, les concentracions elevades en la deposició global es poden produir per una o més de les següents causes: (1) una concentració alta de gasos i aerosols a l'atmosfera, (2) una eficàcia elevada en el rentat dels gasos i aerosols per rainout o washout, (3) una elevada deposició seca sobre el col·lector, i (4) una precipitació escassa, amb poca dilució de les substàncies aportades. Les situacions contràries donarien lloc a concentracions baixes de la major part dels ions.

Quan, com en aquest estudi, no es disposa d'informació sobre els 3 primers punts que acabem d'indicar, la interpretació de les variacions de les concentracions (i dels aportats) queda forçosament limitada. D'altra banda, com assenyalen Barret i Brodin (1955) en el seu article pioner sobre precipitacions àcides, el comportament atmosfèric és tan complex que no és d'esperar que es manifestin amb claredat relacions senzilles causa-efecte. No ha de sorprendre doncs, que les correlacions entre les concentracions en la deposició humida o global i els paràmetres meteorològics siguin sovint febles. Per exemple, Cryer (1976) no trobà correlacions lineals gaire significatives entre les correlacions setmanals de

H, Na, K, Ca, Mg, i Cl en la deposició global d'una localitat del País de Gal·les i (1) la quantitat de precipitació, (2) la duració de la precipitació, (3) el recorregut del vent, (4) la durada del període de deposició seca, i (5) 4 diferents índexs sinòptics relacionats amb l'origen de les masses d'aire i la situació meteorològica durant la setmana.

En un treball molt citat, Munn i Rodhe (1971) demostraren que existia una bona correlació entre els aportats mensuals de Cl i de SO_4 en 2 localitats sueques i els percentatges de freqüències de vents superficials que bufaven de sectors determinats. És simptomàtic, però, que per a aconseguir-ho partissin de 18 anys de dades, i que només utilitzessin les medianes de períodes de 17-28 mesos consecutius, amb la qual cosa estabilitzaren considerablement les variacions observades.

Malgrat les dificultats indicades, en els següents apartats comentarem alguns aspectes d'interés sobre les concentracions en la deposició global del Montseny. Els aportats els tractarem als apartats 6.8 i 6.9.

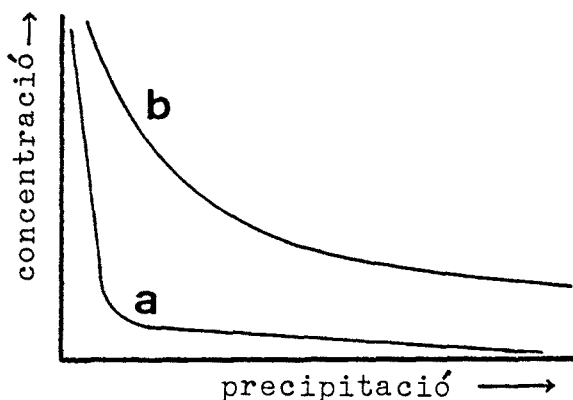
6.4 Relació entre les concentracions i la quantitat de precipitació

En les figures 6.11 a 6.13 representem la conductivitat, el pH, i les concentracions en la deposició global respecte la quantitat de precipitació a la Castanya. Totes les variables mesurades tendeixen a disminuir a l'augmentar la precipitació del període de recollida. Aixó vol dir que les diferències de pluviositat expliquen part de la variació temporal de les concentracions. La dispersió en els núvols de punts és però molt considerable (figs. 6.11 a 6.13). En particular, quan les precipitacions són inferiors a 20 mm quinzenals, les variables poden prendre qualsevol valor dintre de la gamma mesurada.

La disminució de les concentracions amb la quantitat de precipitació ha sigut descrita per nombrosos autors (Attiwill 1966, Erikson 1952, Hoffman et al. 1980a, Lemée 1974, Madgwick i Ovington 1959). Aquesta disminució s'observa tant amb dades

diàries com setmanals o mensuals, i és anàloga a la disminució que es dona sovint durant una precipitació individual (Gatz i Dingle 1971, Wolaver i Lieth 1972).

La figura següent, simplificada de Wolaver i Lieth (1972), representa la relació idealitzada entre precipitació i concentració de deposició humida:



La corba A correspondria, segons aquests autors, a una situació amb aports "normals", on l'efecte de dilució és molt fort; la branca vertical es deu a l'efecte d'un subministrament exhaurible de washout, mentre que l'horizontal és el nivell de rainout sostingut. La corba B indicaria aports elevats d'origen natural o antropogènic; en aquest cas la dilució és més suau perquè les taxes de rainout o de washout es mantenen altes. El fet que concentracions siguin més altes a precipitacions escasses es pot explicar no sols per la importància del washout inicial sinó també pel fet que les gotes de pluja estan sotmeses a evaporació mentre cauen, efecte especialment notable en els primers mil·límetres de precipitació (Gatz i Dingle 1971).

En el cas de la deposició global, cal afegir a totes les consideracions anteriors la dilució que experimenta la deposició seca sobre el col·lector.

Tots aquests plantejaments són esquemàtics en excés. Els estudis reals sobre les variacions de les concentracions durant precipitacions individuals han revelat complexitats insospitades. Sovins es presenten màxims irregulars, i les pautes de variació poden ser diferents per a cada ió i poc

repetibles d'una precipitació a una altra (Dawson 1978, Seymour et al. 1978). Entre els factors responsables d'aquestes "irregularitats" es poden citar: (1) l'advecció de noves masses d'aire per sota dels núvols, que augmentin o disminueixin la concentració atmosfèrica de substàncies arrossegables, i (2) canvis en l'eficàcia del rainout i del washout derivats de canvis en els processos de formació de la precipitació o de la intensitat d'aquesta (vegi's, p. ex. Scott et al. 1980).

Les concentracions de la deposició global a LC exhibeixen una relació hiperbòlica amb la precipitació (figs. 6.11 a 6.13). Les hipèrboles més rectangulars són les de K i Mg, seguides del PO_4 (noti's el canvi d'escala en les precipitacions per al PO_4 , fig 6.13c). Aquests 3 ions són els que es troben en menor concentració a la deposició global del Montseny (taules 6.2 a 6.4). Aixó, unit al fort efecte de dilució que manifesten, indica que l'emmagatzematge atmosfèric d'aquests ions és escàs, en els llocs estudiats. Per al K i el PO_4 havíem arribat a la mateixa conclusió a partir de la pluviositat i de les seves concentracions a LC i SFF (apartat 6.2.3).

Els vèrtexs de les hipèrboles del Ca i NO_3 s'aparten més de l'origen de coordenades (figs. 6.12b i 6.13a), revelant que els seus aports són sovint alts.

Les hipèrboles del Na i, encara més la del Cl estan mal definides (figs 6.11c i 6.13b). Aquests dos ions poden presentar-se en concentracions relativament altes tant en el rainout com en el washout de masses d'aire marítim. Al Montseny, les precipitacions més abundoses solen ser produïdes pels vents de llevant, que porten aire de mar. Aixó fa que la correlació negativa entre precipitació i concentració sigui més feble per a Na i Cl que per als altres ions (taula 6.8). De fet, a Santa Fe, degut l'efecte dels temporals de llevant, les concentracions de Na i Cl estigueren positivament correlacionades amb la precipitació durant aquest estudi (taules 6.9 i 6.10).

L'ió hidrogen és l'únic dels mesurats que està positivament correlacionat amb la precipitació als 3 llocs estudiats: el pH tendeix a disminuir a pluviositats abundoses (fig. 6.11b). La

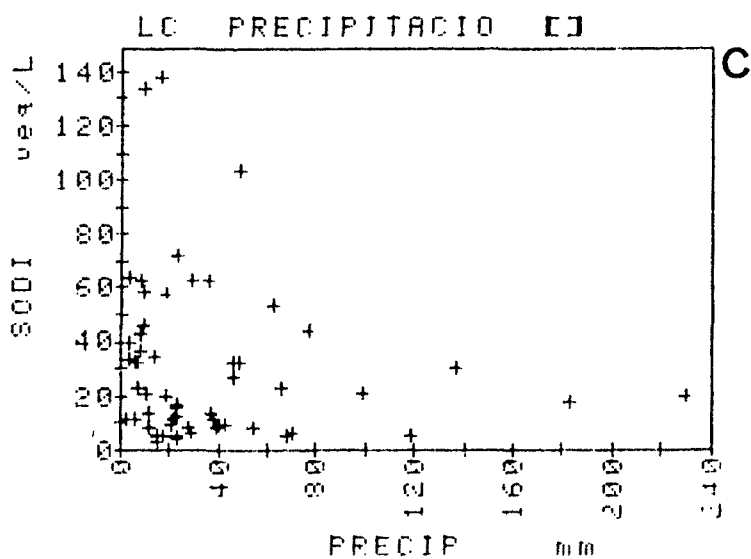
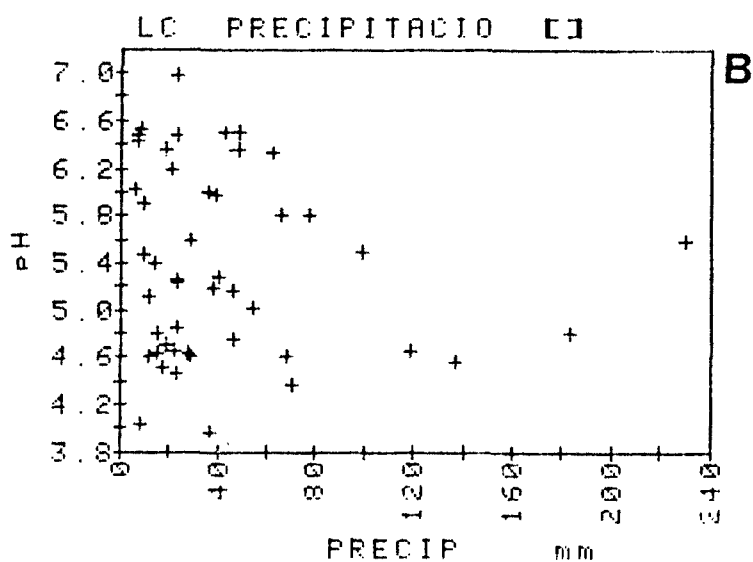
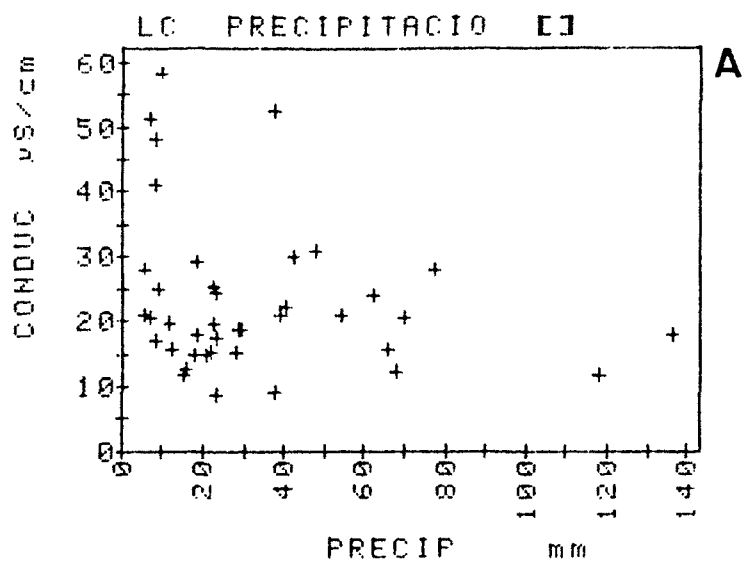


Figura 6.11 Relació entre la quantitat de precipitació i (A) conductivitat a 20°C, (B) pH, i (C) concentració de sodi, en la deposició global soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

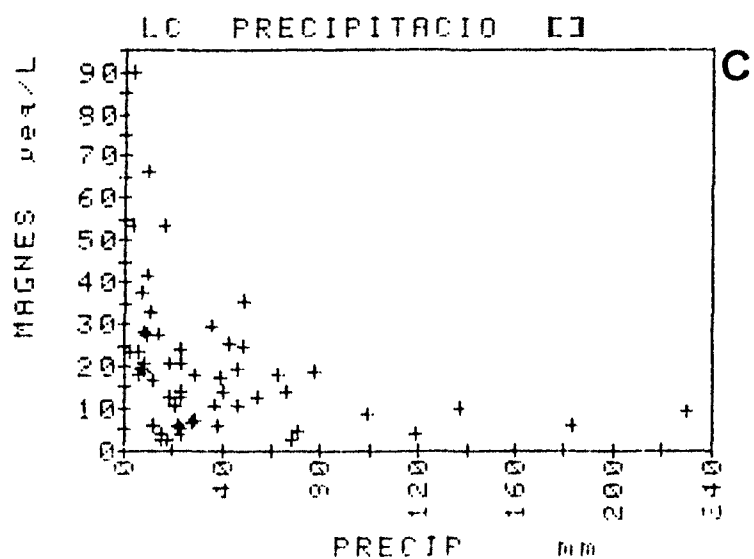
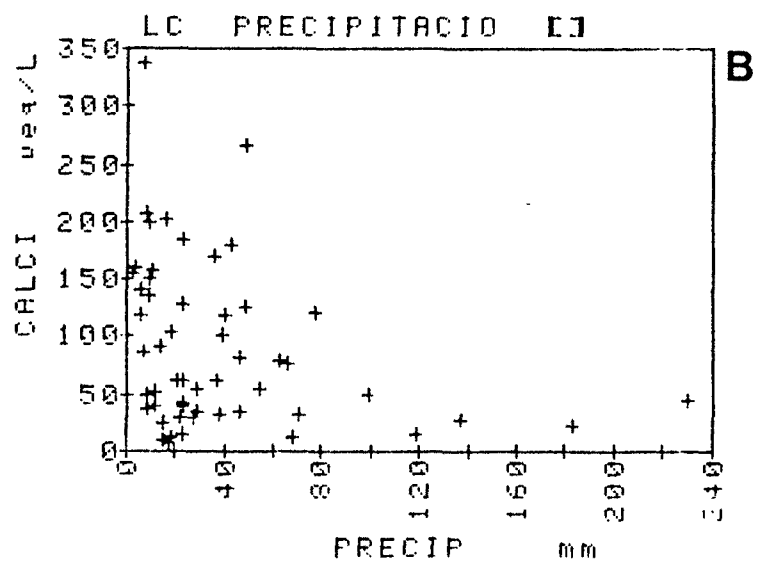
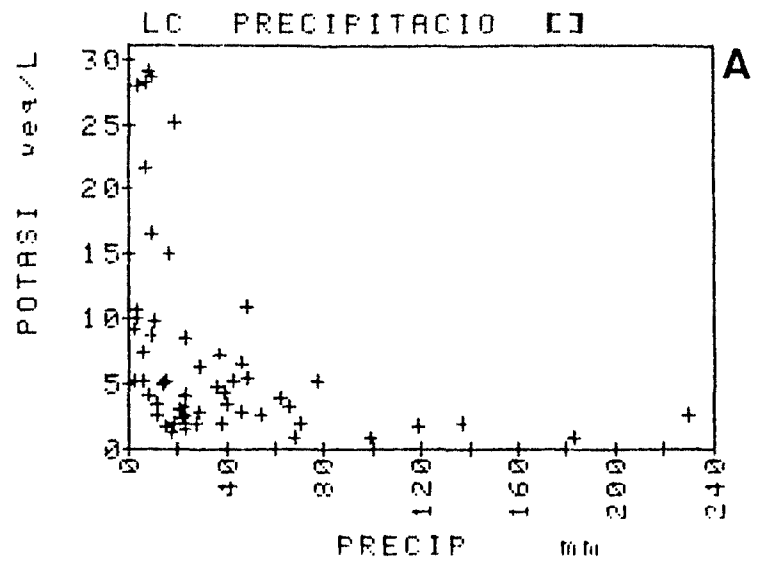


Figura 6.12 Relació entre la quantitat de precipitació i les concentracions de (A) potassi, (B) calci, i (C) magnesi, en la deposició global soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

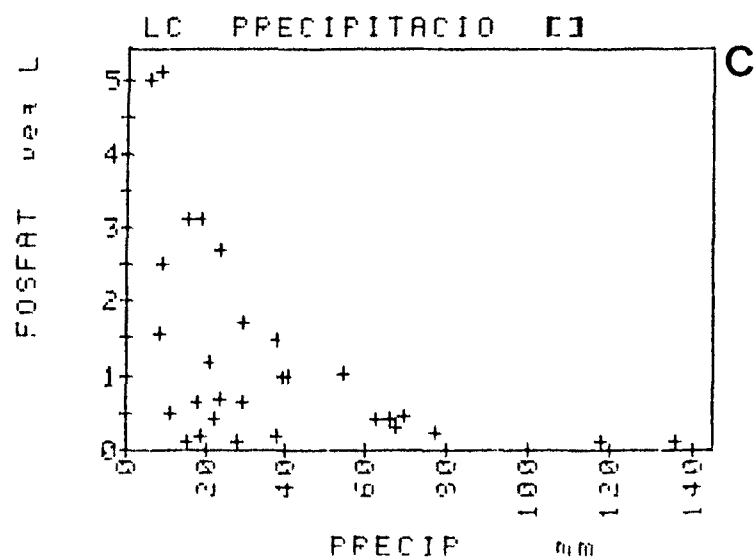
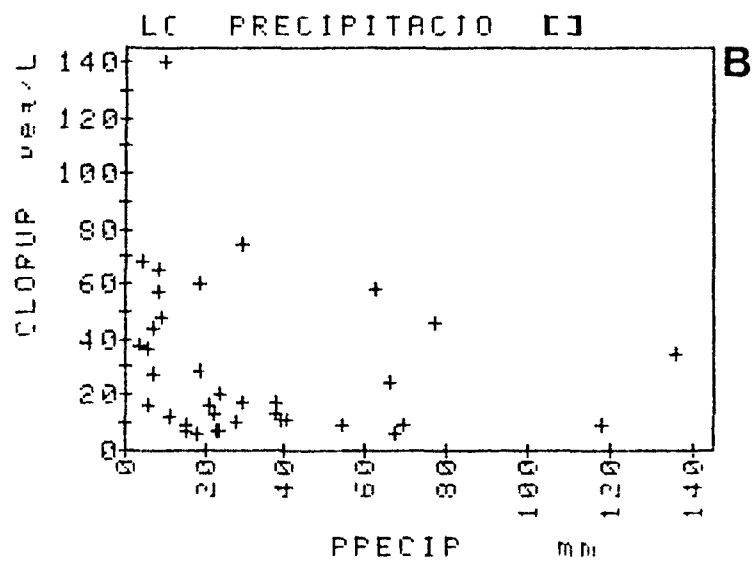
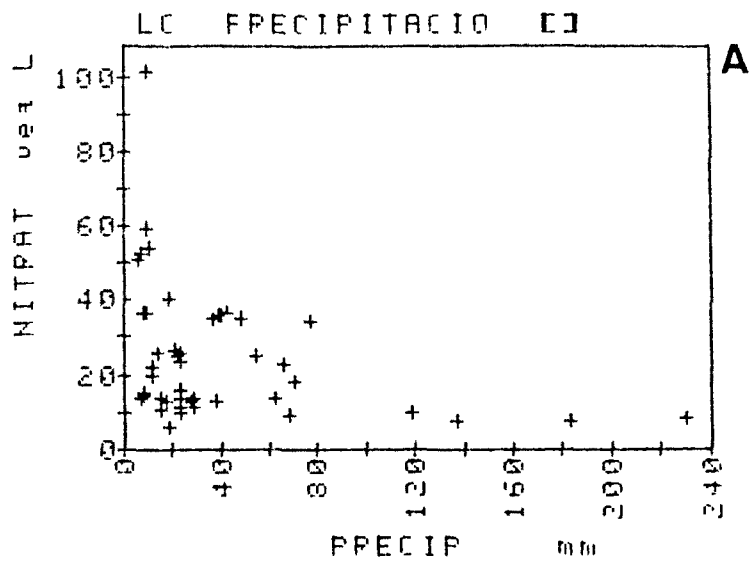


Figura 6.13 Relació entre la quantitat de precipitació i les concentracions de (A) nitrat, (B) clorur, i (C) ortofosfat, en la deposició global soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

dispersió és però molt gran. La tendència a disminuir el pH amb la quantitat de precipitació pot explicar-se per l'esgotament de substàncies neutralitzants (carbonats i d'altres) que estiguin contingudes fonamentalment en el washout i en la deposició seca. Les precipitacions abundoses estarien dominades pel rainout d'aerosols àcids (H_2SO_4 , NH_4HSO_4 , HNO_3). La hipòtesi de la neutralització per carbonats es veu recolzada per les interrelacions del pH, Ca, i Mg en la deposició global al Montseny (apartat 6.7.2). A Austin (Texas), unes poques dades sobre la variació del pH durant precipitacions individuals no àcides indiquen també una disminució del pH al llarg de la precipitació (Cooper et al. 1976), que els autors relacionen amb el rentat previ de carbonats. Contràriament, el pH de precipitacions individuals àcides a l'est humit dels USA tendeix a ser més alt quan major és la precipitació (Hoffman et al. 1980a, Letcher 1976). En aquests cas cal pensar en una menor importància de les substàncies neutralitzants i en un esgotament progressiu de les acidificants. La relació del pH amb la quantitat de precipitació sembla doncs molt dependent de: (1) la quantitat d'àcids i precursors d'àcids a l'atmosfera; (2) la litologia regional; (3) la pluviositat del lloc; i (4) la presència d'altres neutralitzants a més a més dels carbonats (p. ex. NH_3).

En relació amb això podem observar que la concentració de Ca en la deposició global del Montseny és unes 5 vegades superior a la de Hubbard Brook (Likens et al. 1977; vegi's taula 6.5).

6.5 Correlacions entre les variables químiques mesurades

Les matrius de correlació lineal entre les variables mesurades en la deposició global dels 3 boscos es poden veure a les taules 6.8 a 6.10. Alguns dels núvols de punts corresponents es representen a les figures 6.14 a 6.20.

Els aspectes més destacables de les matrius de correlació (taules 6.8 a 6.10) són:

- (1) la pauta de correlacions és semblant als 3 llocs.
- (2) gairebé totes les correlacions són positives. Això vol dir que tots els ions estan més o menys correlacionats positivament entre ells, excepte l'ió hidrogen que està més o menys negativament correlacionat amb tots els altres ions mesurats.
- (3) el nombre de correlacions positives elevades ($r > 0.6$) és major a LC que a SFF i SFA. Degut a la menor pluviositat de LC (apartat 5.3.7), i als períodes de recollida més curts en aquest bosc (taula 4.1), els períodes de precipitació escassa amb concentracions elevades de tots els ions (excepte del H) tenen més influència a LC que a Santa Fe, i fan pujar les correlacions.
- (4) la conductivitat no està especialment correlacionada amb cap ió, indicant que les variacions en les concentracions d'aquests tendeixen a compensar-se parcialment. Les correlacions entre conductivitat i concentracions són més altes a LC que a Santa Fe, en relació al que comentàvem al paràgraf anterior.
- (5) la correlació més elevada és entre Na i Cl (fig. 6.14): $r=0.99$ als 3 llocs. Cap altra correlació en aquest estudi indica una associació tant estreta entre dos ions.
- (6) el Mg té una correlació alta amb el Na i Cl (figs. 6.15 i 6.16).
- (7) Ca, Mg, i NO_3 estan bastant correlacionats entre ells (figs. 6.17 i 6.19).

- (8) els dos cations metal·lics dominants (Ca i Na) estan molt poc correlacionats entre ells (fig. 6.20a), evidenciant el seu diferent origen (apartat 6.2.6) .
- (9) els dos anions dominants entre els analitzats (Cl i NO₃) estan poc (LC, fig. 6.20c) o gens (Santa Fe) correlacionats entre ells, essent també d'origens diferents (apartat 6.2.6) .
- (10) K i PO₄ estan poc correlacionats amb els altres ions. A SFF i SFA estan bastant correlacionats entre ells; a LC no tant però segueixen formant un parell de ions més correlacionats entre ells que cap altre. Cal recordar que les concentracions de PO₄ foren sovint indetectables, i que en aquests casos s'utilitza la meitat del límit de detecció en els càlculs de les correlacions.
- (11) el pH està poc correlacionat amb els altres ions, però té correlacions moderades i positives amb el Ca i Mg (fig. 6.18) .
- (12) el pH no està correlacionat amb la concentració de NO₃.

La semblança de les pautes de correlacions en els 3 boscos permet dir que el seu significat no és merament local. A l'interpretar les matrius de correlació cal tenir present que correlacions positives entre les concentracions de 2 ions poden derivar-se de: (1) un origen biogeoquímic comú; (2) comuns mecanismes de transports atmosfèrics fins al col·lector; i (3) un efecte semblant de dilució per les precipitacions.

Segons les seves correlacions, podem dividir els 8 ions analitzats en la deposició global del Montseny en 4 grups:

- (1) Cl, Na, i Mg: representen els aerosols de sals marines.
- (2) Ca, Mg, i NO₃: d'origen continental.
- (3) K i PO₄: d'origen continental, poc relacionats amb els anteriors.
- (4) H: representa els precipitacions àcides, d'origen antropogènic.

Observi's que el Mg està a cavall dels dos primers grups, degut a la seva abundància tant en les sals marines com en la pols terrestre.

El primer grup és el més compacte i d'interpretació més senzilla. No passa el mateix amb el segon. El Ca i l'excés de Mg poden derivar de la pols terrestre, per erosió eòlica natural o accelerada per l'home al crear zones denudades. Però, al mateix temps, l'atmosfera de les ciutats és rica en Ca, i el CaSO_4 és yb dels principals constituents dels aerosols urbans. Les fàbriques de ciment són una altra font òbvia d'emissió de Ca a l'atmosfera. En els països industrialitzats gran part del NO_3 atmosfèric es considera que deriva dels òxids de N emesos com a contaminants (Overrein et al. 1981). La correlació observada entre Ca, Mg, i NO_3 a la deposició global del Montseny pot ser deguda en part a l'abundància de tots tres en l'aire contaminat de l'àrea de Barcelona. Per exemple, els carbonats de Ca i Mg presents a l'atmosfera podrien reaccionar amb el HNO_3 donant aerosols de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, a més a més dels sulfats ja mencionats.

La feble associació entre K i PO_4 no és pas més clara que l'anterior. Tots dos ions són escassos en la deposició global, i la correlació entre ells podria ser deguda a que només tendeixen a tenir concentracions no tant baixes en períodes de precipitació escassa. Una possible associació d'origen seria especulativa. El K és d'origen continental difús, i es considera que la pols terrestre és la principal font. L'origen del PO_4 a l'atmosfera és desconegut (Likens et al. 1981). Es desconeix quina és la contribució atmosfèrica deguda a l'ús de fertilitzants de K i PO_4 . Assenyalem però, que la concentració de K en la deposició global del Montseny és un ordre de magnitud major que la de PO_4 . Si l'ús de fertilitzants fos una font important dels 2 ions, hom esperaria una proporció més equilibrada entre els dos. Queda per esmentar una possibilitat interessant sobre la que hi ha poca informació: la influència dels aerosols biològics en els aportats atmosfèrics. Gosz (1980) estudià els aportats en la deposició global segons un gradient altitudinal de conques de New Mexico (USA) ocupades per diferents estatges de

Taula 6.8 Alzinar: matriu de correlació per a les concentracions a la deposició global

Es donen els coeficients de correlació lineal amb les variables sense transformar, basats en els períodes de recollida entre el 24-6-78 i el 3-2-81. S'han exclòs del càlcul de les correlacions els valors molt alts obtinguts a la 2^a quinzena del juliol 1979, excepte per a Na i Cl. El nombre d'observacions és a l'última columna.

S'han subratllat els ccoeficients significatius al nivell del 95%.

	PRECIP	CONDUC	pH	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	n
CONDUC	-0.22									39
pH	-0.12	0.21								47
Na	-0.15	<u>0.58</u>	<u>0.35</u>							56
K	<u>-0.35</u>	<u>0.62</u>	<u>0.44</u>	<u>0.45</u>						54
Ca	<u>-0.30</u>	<u>0.65</u>	<u>0.75</u>	<u>0.43</u>	<u>0.65</u>					55
Mg	<u>-0.34</u>	<u>0.74</u>	<u>0.60</u>	<u>0.75</u>	<u>0.65</u>	<u>0.77</u>				55
NO ₃	<u>-0.33</u>	<u>0.76</u>	0.28	<u>0.54</u>	<u>0.52</u>	<u>0.65</u>	<u>0.81</u>			45
Cl	-0.19	<u>0.66</u>	<u>0.39</u>	<u>0.99</u>	<u>0.65</u>	<u>0.50</u>	<u>0.87</u>	<u>0.62</u>		31
PO ₄	<u>-0.49</u>	0.27	<u>0.51</u>	0.14	<u>0.68</u>	<u>0.66</u>	<u>0.62</u>	0.23	0.30	29

Taula 6.9 Fageda: matriu de correlació per a les concentracions a la deposició global

Es donen els coeficients de correlació lineal amb les variables sense transformar, basats en els períodes de recollida entre el 3-6-79 i el 4-2-81. S'han exclòs del càlcul de les correlacions els valors molt alts obtinguts al juliol 1979, excepte per a Na i Cl. El nombre d'observacions per a cada variable és a l'última columna.

S'han subratllat els coeficients significatius al nivell del 95%.

	PRECIP	CONDUC	pH	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	n
CONDUC	0.19									25
pH	-0.19	-0.28								24
Na	<u>0.48</u>	0.33	0.28							25
K	-0.27	0.16	<u>0.52</u>	0.05						24
Ca	-0.17	<u>0.41</u>	<u>0.60</u>	0.31	<u>0.59</u>					25
Mg	0.27	<u>0.47</u>	<u>0.43</u>	<u>0.76</u>	0.31	<u>0.75</u>				25
NO ₃	-0.33	<u>0.65</u>	-0.06	0.07	0.39	<u>0.65</u>	<u>0.42</u>			25
Cl	<u>0.49</u>	0.36	0.33	<u>0.92</u>	0.09	0.37	<u>0.80</u>	0.07		25
PO ₄	<u>-0.42</u>	0.14	<u>0.43</u>	0.09	<u>0.80</u>	<u>0.54</u>	0.24	<u>0.45</u>	0.09	23

Taula 6.10 Avetosa: matriu de correlació per a les concentracions a la deposició global

Es donen els coeficients de correlació lineal amb les variables sense transformar, basats en els períodes de recollida entre el 4-8-79 i el 1-10-80. El nombre de dades és de 15 per a Cl i PO₄, i de 16 per a les altres variables.

S'han subratllat els coeficients significatius al nivell del 95%.

	PRECIP	CONDUC	pH	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl
CONDUC	-0.06								
pH	-0.31	-0.36							
Na	0.13	0.33	0.26						
K	-0.44	0.11	0.49	0.02					
Ca	-0.47	0.16	<u>0.69</u>	0.38	<u>0.55</u>				
Mg	-0.23	0.20	<u>0.60</u>	<u>0.63</u>	0.36	<u>0.83</u>			
NO ₃	<u>-0.55</u>	<u>0.59</u>	0.05	0.13	0.47	<u>0.52</u>	0.47		
Cl	0.33	0.15	0.16	<u>0.99</u>	-0.25	-0.02	0.48	-0.21	
PO ₄	-0.47	0.21	0.25	0.10	<u>0.88</u>	0.41	0.30	<u>0.64</u>	-0.16

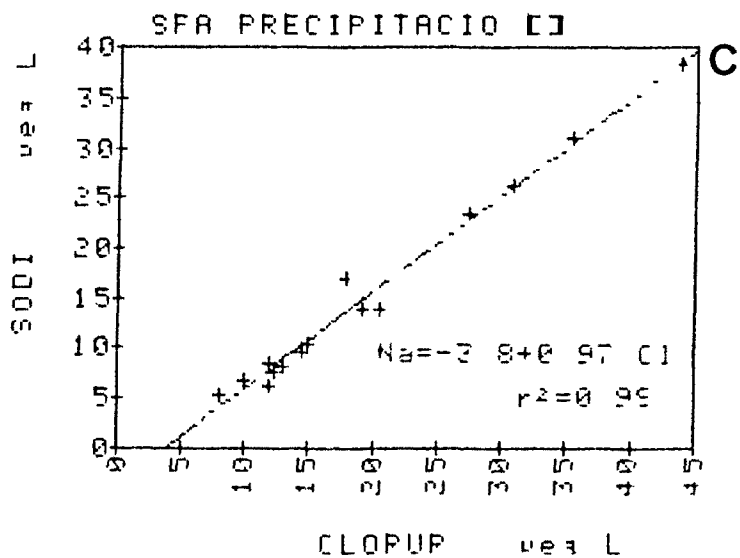
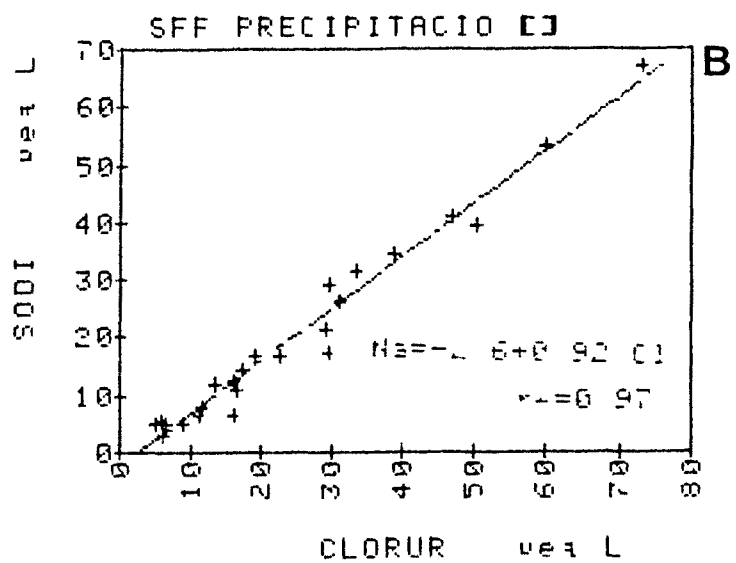
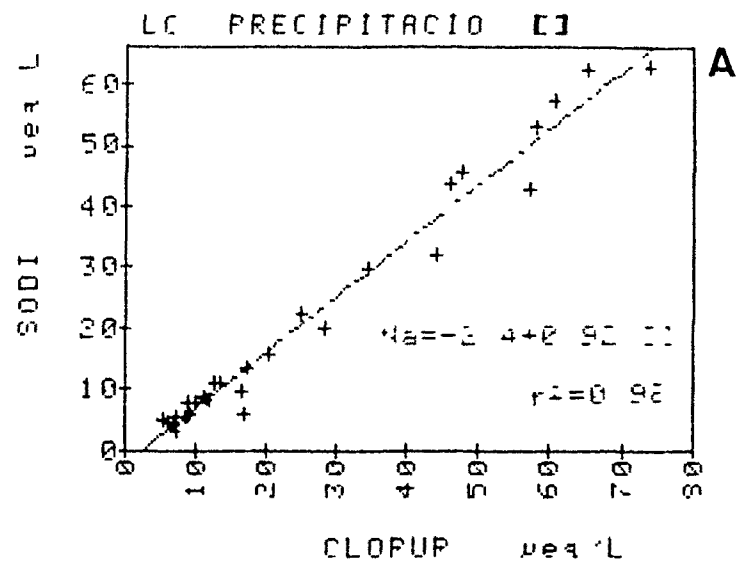


Figura 6.14 Relació entre les concentracions de sodi i de clorur a la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.
 S'han dibuixat les rectes de regressió.

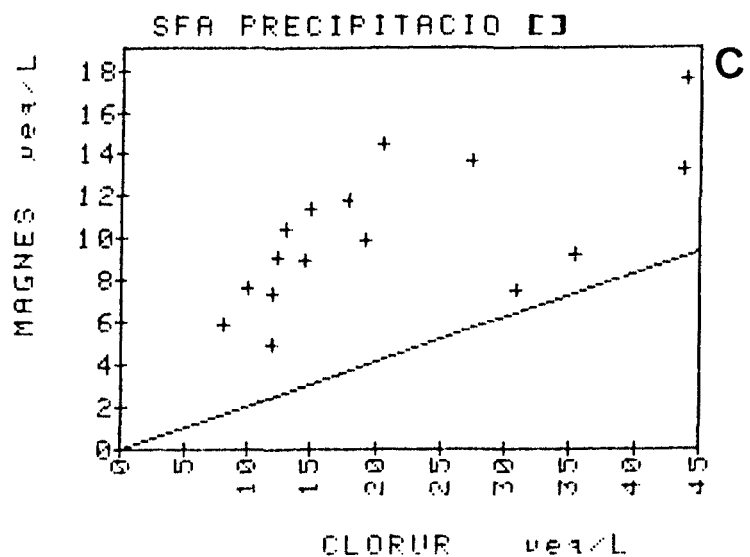
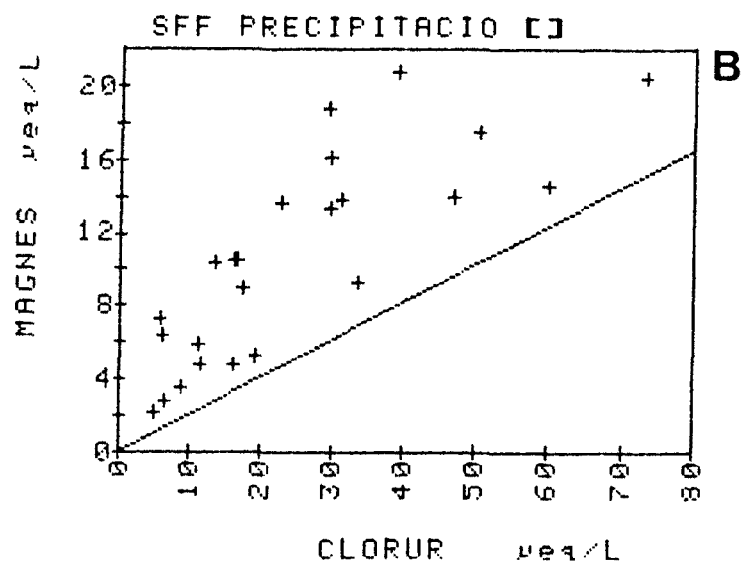
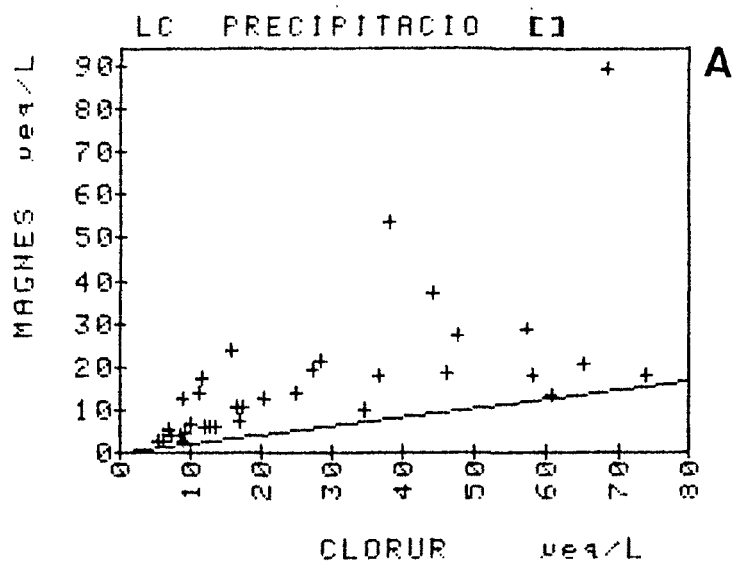


Figura 6.15 Relació entre les concentracions de magnesi i de clorur en la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. S'ha dibuixat la recta corresponent a les proporcions de l'aigua de mar.
 (A) alzarar, (B) fageda, (C) avetosa.

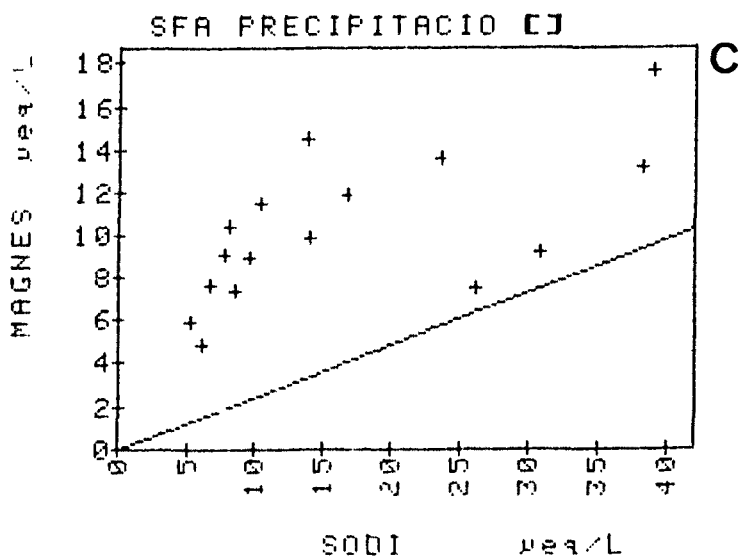
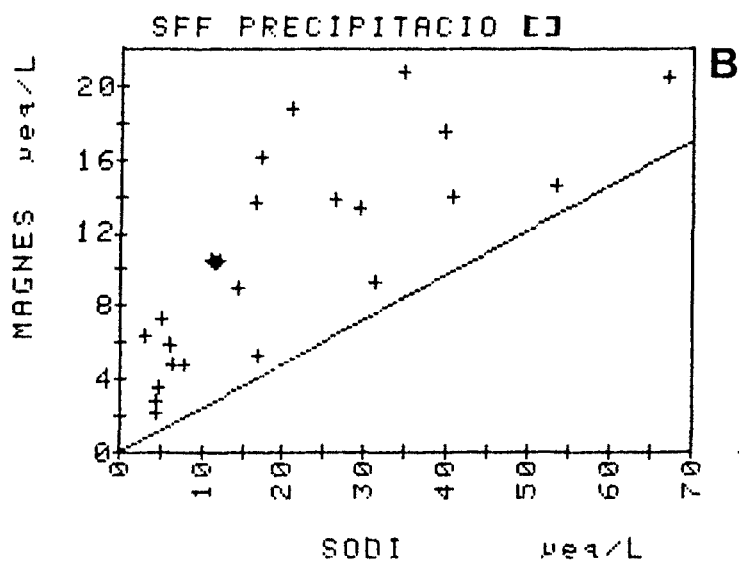
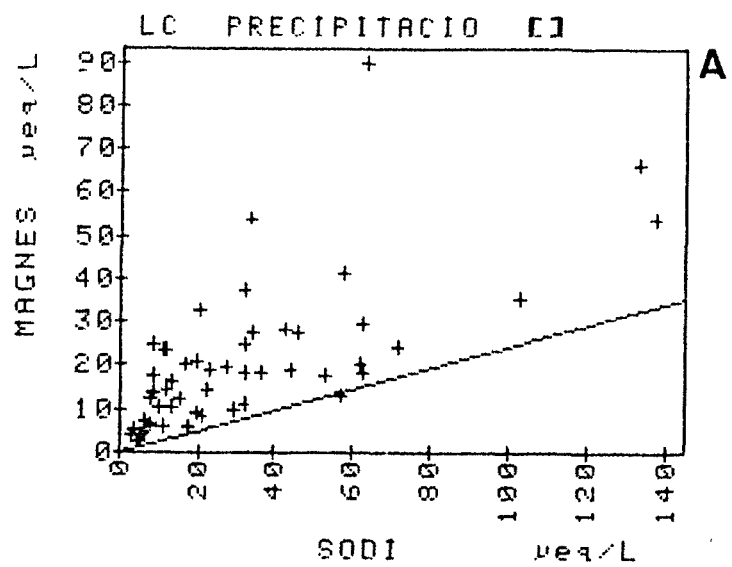


Figura 6.16 Com la figura 6.15, per magnesi i sodi.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

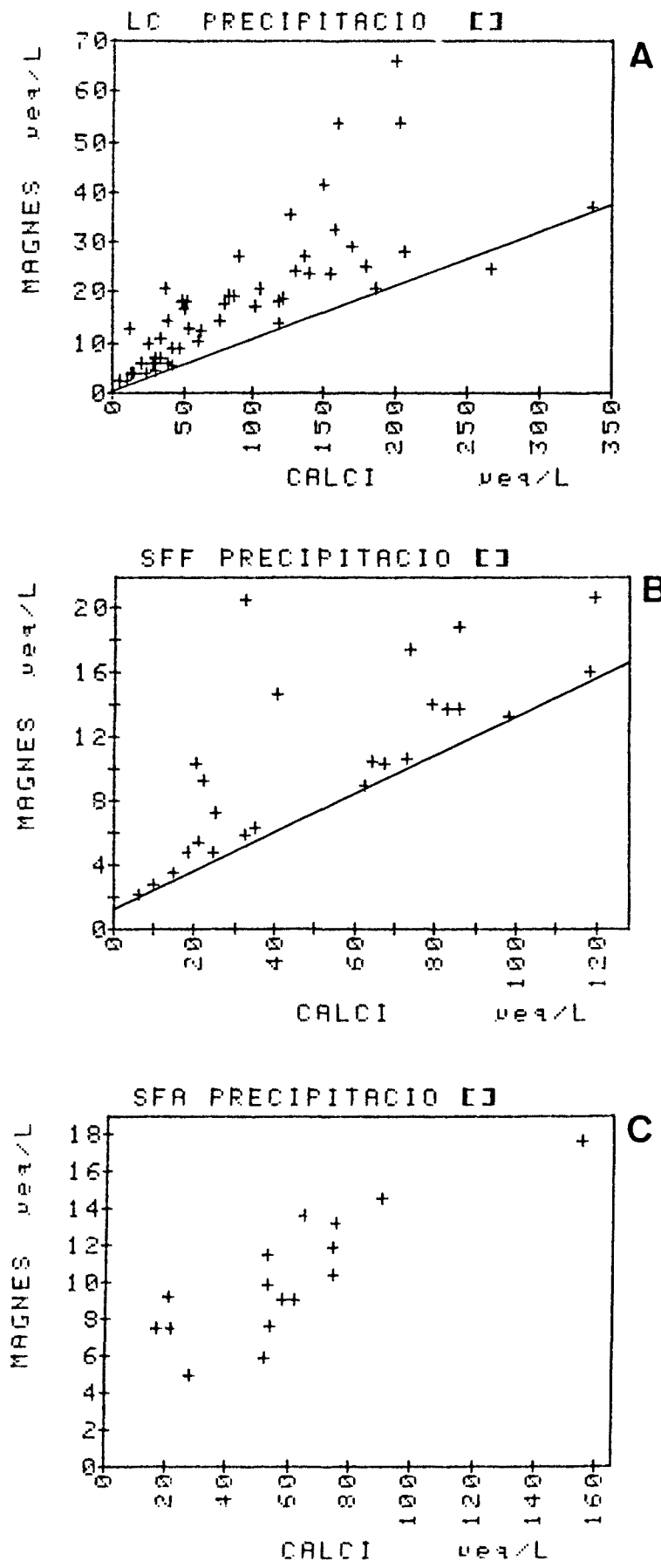


Figura 6.17 Com la figura 6.15, per magnesi i calci. En (A) i (B) s'ha dibuixat les envoltants inferiors.

(A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

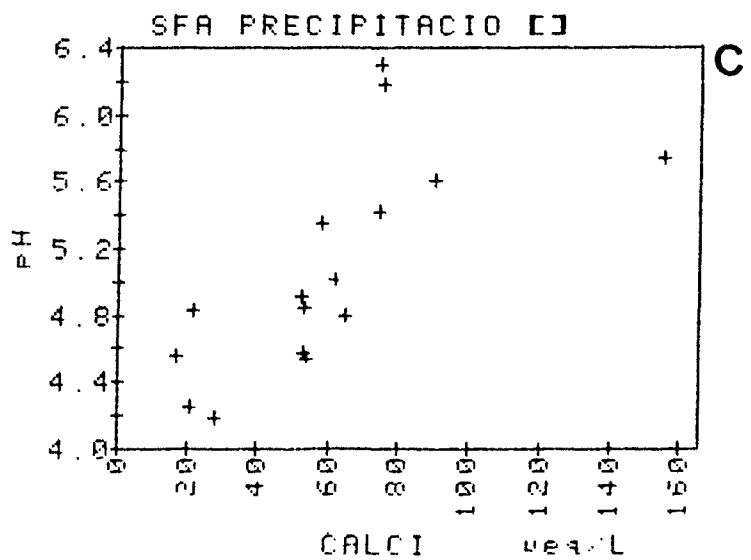
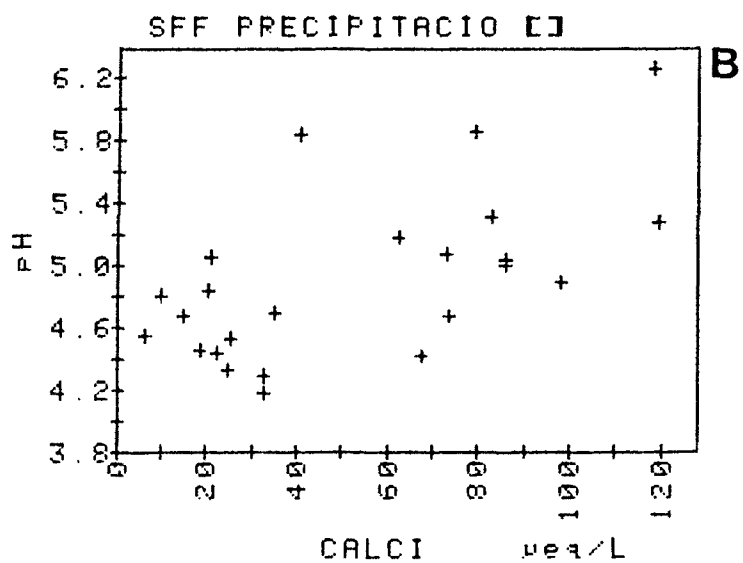
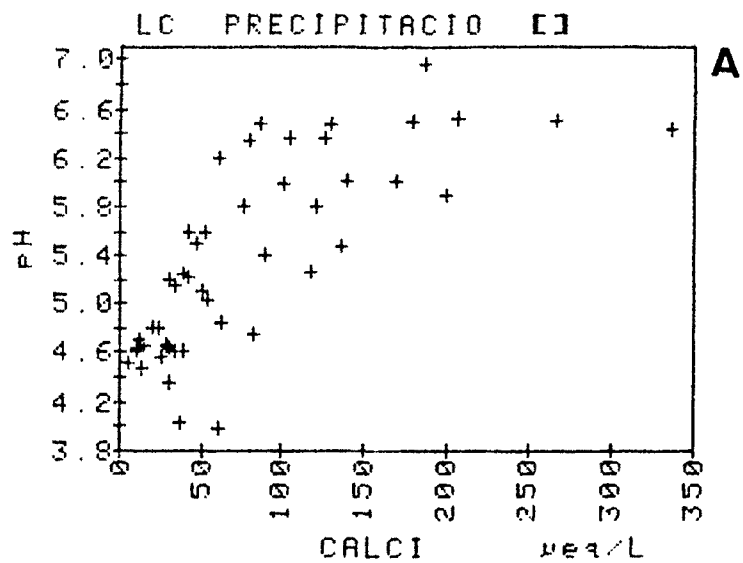


Figura 6.18 Relació entre pH i concentració de calci a la deposició global soluble en tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

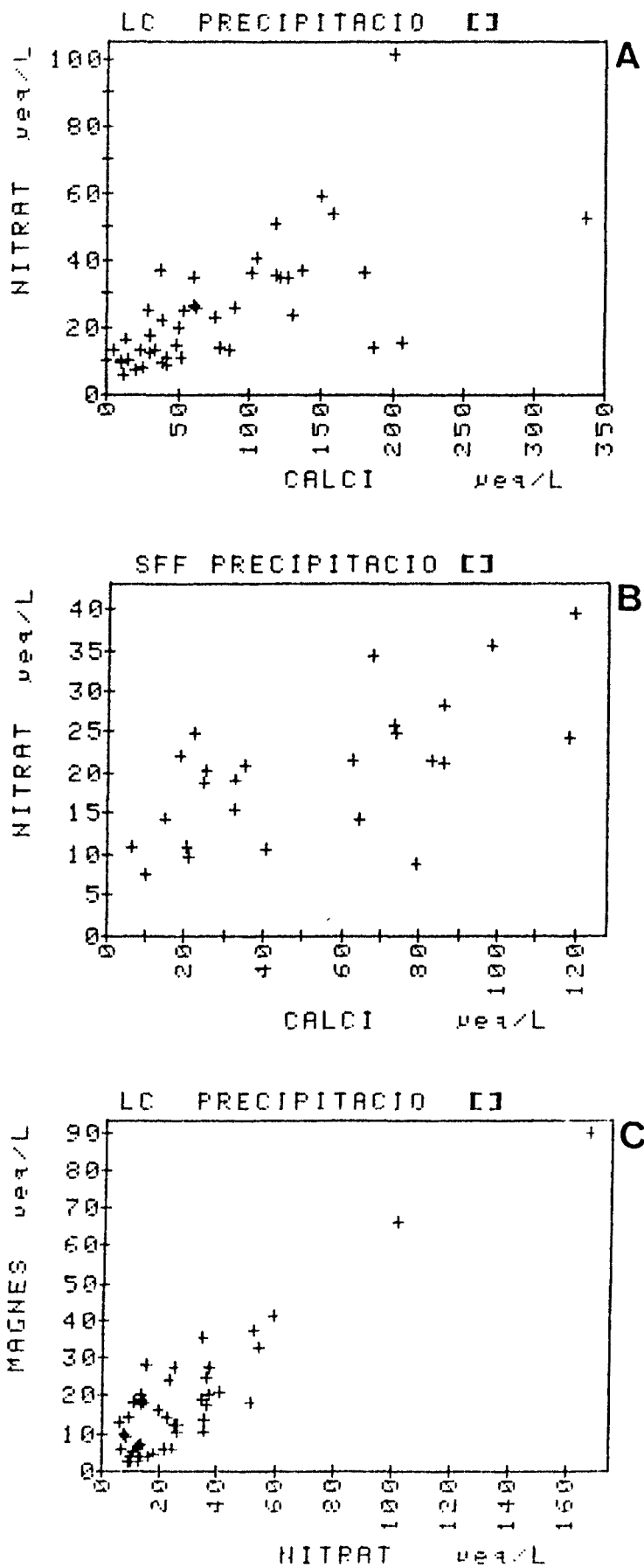


Figura 6.19 Relació entre concentracions a la deposició global soluble: (A) nitrat i calci a l'alzinar de La Castanya; (B) nitrat i calci a la fageda de Santa Fe; i (C) nitrat i magnesi a l'alzinar de La Castanya. Observis la diferent escala a (A) i (B).

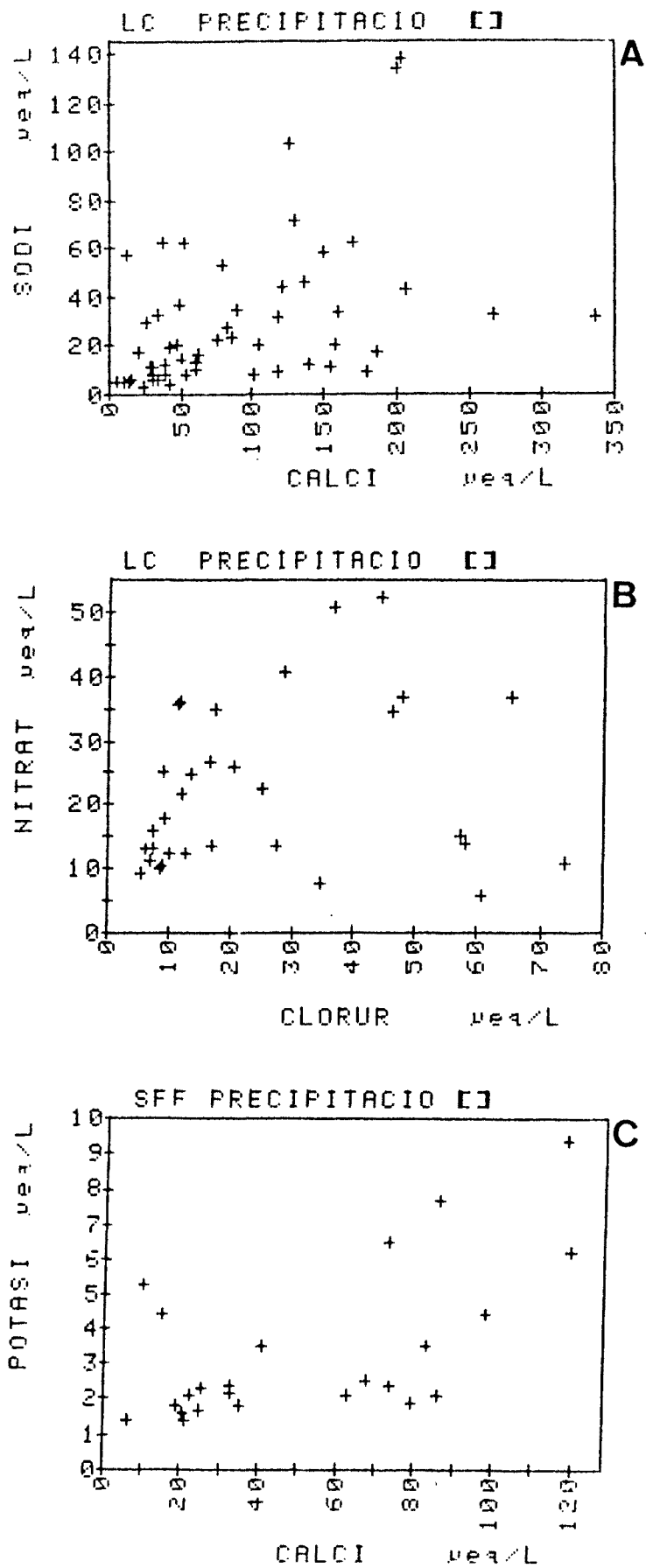


Figura 6.20 Relació entre concentracions a la deposició global soluble: (A) sodi i calci a l'alzinar de La Castanya; (B) nitrat i clorur a La Castanya; (C) potassi i calci a la fageda de Santa Fe.

vegetació. Obtingué majors concentracions i aportes de K en col·lectors al voltant de boscos de trèmol (Populus tremuloides) que en la resta de pisos de vegetació, els quals incloïen diferents coníferes, prats subalpins, i tundra alpina. Com aquest efecte no era explicable per les diferències de precipitació ni per contaminació òbvia, Gosz considerà possible que el fullatge de trèmol emetés quantitats apreciables d'aerosols amb K. Desgraciadament, aquest autor no analitzà cap forma de fòsfor. Aquest és l'únic treball que coneixem que dóna indicis raonables d'una modificació concreta de la composició química de la deposició global inorgànica soluble per part d'un bosc. Generalment, aquestes modificacions són difícils de detectar.

El paper dels arbres forestals com a emissors de gasos i d'aerosols ha sigut revisat per Smith (1981).

6.6 La relació entre els ions marins

6.6.1 La relació entre sodi i clorur

Les concentracions de Na i Cl en la deposició global del Montseny estan molt fortament correlacionades entre sí (fig. 6.14), i probablement tots dos són d'origen predominantment marí (apartat 6.2.6).

El quocient molar Na/Cl en l'aigua de mar val 0.883 (Krauskopf 1979; dades de Goldberg (1963) donen 0.852). Si tot el Na i Cl fossin d'origen marí, i no hi hagués fraccionament entre ells, la regressió esperada per a les seves concentracions a la deposició global seria:

$$\text{Na} = 0.883 \text{ Cl}$$

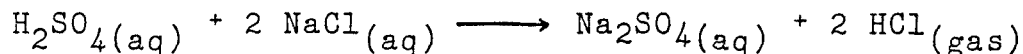
Les regressions trobades en els 3 boscos estudiats són semblants a l'esperada solta les hipòtesis anteriors (fig.6.14). No obstant, a tots 3 llocs la regressió mesurada difereix de l'esperada per tenir un terme independent negatiu, petit, però significativament diferent de zero ($p < 0.05$). El pendent de

les 3 rectes és quelcom major que 0.883, encara que només en el cas de SFA és significativament major ($p=0.04$; per a LC i SFF, $p>0.2$). Observi's que aquestes dues desviacions són de magnitud molt moderada en front de la influència marítima, i que tendeixen a contrarrestar-se mutuament.

La variació temporal del quocient Na/Cl a LC i a SFF es pot veure a les figures 6.21a i 6.22a. Mai no es produeix un gran excés de Na sobre Cl, mentre que ocasionalment es dóna la situació inversa. La major part dels períodes fluctuen al voltant de la proporció marina. Els "pics negatius", que denoten excés de Cl, tendeixen a coincidir en els dos boscos, encara que la seva magnitud pot diferir. No hi ha una variació estacional definida del quocient Na/Cl, especialment a LC. A SFF, es donaren valors una mica més alts que els marins entre novembre 1979 i febrer 1980, i valors força més baixos que els marins entre maig i agos 1980. L'estacionalitat que aixó podria indicar queda però en dubte quan es considera la resta de l'estudi (fig. 6.22a).

El quocient Na/Cl en la deposició humida i en la global és sovint semblant al de l'aigua de mar (Eriksson 1952, Junge i Werby 1958). Aquests mateixos autors trobaren però que el quocient Na/Cl en localitats litorals era sistemàticament superior al de l'aigua de mar. Junge i Werby (1958) ho atribuïren als aportats de Na continental, que podrien ser perceptibles ja en la costa. En canvi, Eriksson (1960) calculà els aportats d'excés de Na, i els cartografià per a Europa, i partint de les dades de Junge i Werby, per als Estats Units. En tots dos casos trobà que els majors aportats d'excés de Na tenien lloc a la costa i que, per tant, devien ser d'origen marí. Aixó fa necessària l'existència de fraccionament entre Na i Cl. El fraccionament es pot produir tant en la superfície del mar com en els aerosols de les sals marines. En aquesta darrera categoria, un mecanisme important de separació del clor és l'alliberament de HCl gasós induït per l'adició de H_2SO_4 atmosfèric als aerosols o a les gótuques dels núvols que contenen sals marines (Eriksson 1960). La incorporació de H_2SO_4 , resultant

de l'oxidació del SO_2 en fase líquida o gasosa, produeix pHs molt àcids que condueixen a la formació de HCl:



El HCl gasós dissolt en la gòtula pot escapar a l'atmosfera quan aquesta s'evapora, o per difusió directa si la pressió parcial de HCl en l'aire és menor que en la gòtula.

L'alliberament de HCl en núvols no precipitants ha estat estudiat per Yue i Mohnen (1976) mitjançant un model teòric. En síntesi, la producció de HCl augmenta amb: (1) la temperatura del núvol; (2) la concentració en l'aire de SO_2 i d'àcids gasosos; (3) la taxa d'oxidació del SO_2 ; i (4) el contingut líquid del núvol. L'alliberament disminueix a l'augmentar la concentració de NH_3 en l'aire. Es a dir, els factors que afavoreixen l'acidificació de les gòtules acceleren la pèrdua de KCl, mentre que els agent neutralitzants la retarden o inhibeixen. En les condicions àcides freqüents a l'hemisferi nord, els núvols que contenen NaCl són una font de HCl.

No és suficient la formació de HCl gasós ni la seva separació dels aerosols marins o de les gòtules dels núvols per a modificar el quocient Na/Cl en la precipitació. Cal, a més a més que hi hagi una separació espacial en la deposició del HCl i de les sals marines residuals. No es coneix bé el destí del HCl alliberat de les sals marines. Es clar que no pot incorporar-se a la deposició humida de la seva massa d'aire mentre persisteixin les condicions àcides. Si aquestes desapareixen, pot ser rentat en forma de gas, o d'aerosol format en l'interregne (p.ex. NH_4Cl , en presència de NH_3). Donat suficient transport turbulent, el HCl pot depositar-se en sec, com a gas o com a aerosol. El punt important per a la variació del quocient Na/Cl és el següent: si el HCl es deposita amb més facilitat que les sals marines residuals és probable que gran part depositat sobre el mar, abans que les masses d'aire marítim arribin a terra, i que sigui per tant indetectable desde el continent; si, pel contrari, es

deposítés amb més dificultat, el HCl d'origen marí podria penetrar profundament en els continents i faria baixar aquest quocient Na/Cl quan finalment es deposités, tal i com suggeriren Rossby i Egnér (1955, citats per Eriksson 1960) a Suècia.

El quocient Na/Cl en la deposició humida o en la global pot donar una idea de la intensitat del fraccionament, sempre i quan els aportats continentals de Na i Cl es puguin despreciar. Les localitats extremadament oceàniques poden ser útils. Junge i Werby (1956) trobaren només un 1.5% d'excés de Na en les illes Bermudes, a 900 km del continent. Eriksson (1960) cita un enriquiment major a les illes Shetland: 7% d'excés de Na. És possible que el fraccionament sigui major en les regions amb gran quantitat d'àcids o precursors d'àcids en l'atmosfera.

El pH de la precipitació pot afectar al quocient Na/Cl en dues maneres oposades: (1) afavorint l'alliberament de HCl, i (2) aportant HCl antropogènic (Cogbill i Likens 1974, Martin 1979). La relació entre el pH i el quocient Na/Cl al Montseny és molt laxa (fig. 6.22c). Per a pHs força àcids (<4.7) trobem valors de Na/Cl en tota la gamma, des de molt inferiors a una mica superiors al valor marí. En canvi, dels 5 punts que presenten gran excés de Cl (Na/Cl <0.6), 4 tenen un pH força àcid (<4.7). Per aquests punts, els aportats de Cl antropogènic dominarien sobre la pèrdua de HCl. Una complicació adicional en la relació que comentem és que les precipitacions marítimes i les precipitacions àcides poden correspondre a trajectòries diferents de les masses d'aire.

En la deposició global del Montseny hi ha anualment un petit excés de Cl respecte Na (taula 6.6). Aquest excés és de 5-6% a LC iSFF, i del 12% a SFA. Com que no sembla haver-hi en la regió altres fonts naturals de Cl a més a més del mar, aquest excés de Cl seria degut a la contaminació atmosfèrica. El percentatge de Cl antropogènic podria ser una subestimació si part del Na fos d'origen continental, o si el fraccionament de clor en els aerosols de les sals marines fos important. Algunes regions influïdes per zones industrials properes o llunyanes tenen grans aportats de Cl antropogènic. Per exemple, l'excés de Cl és

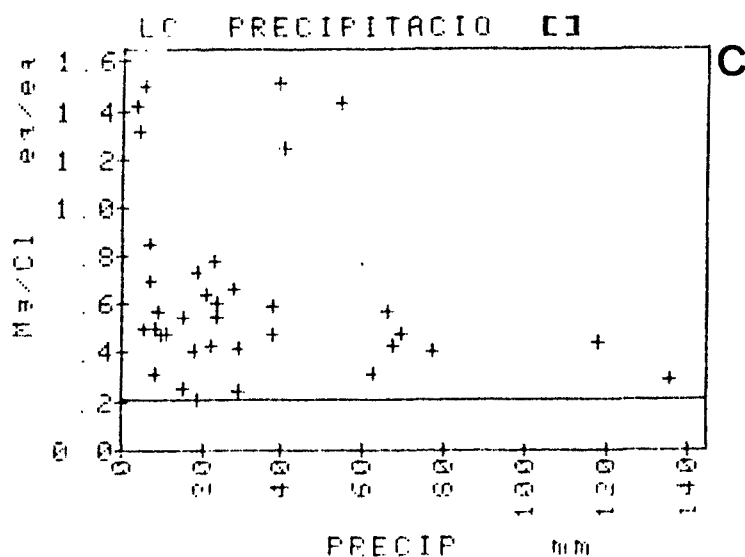
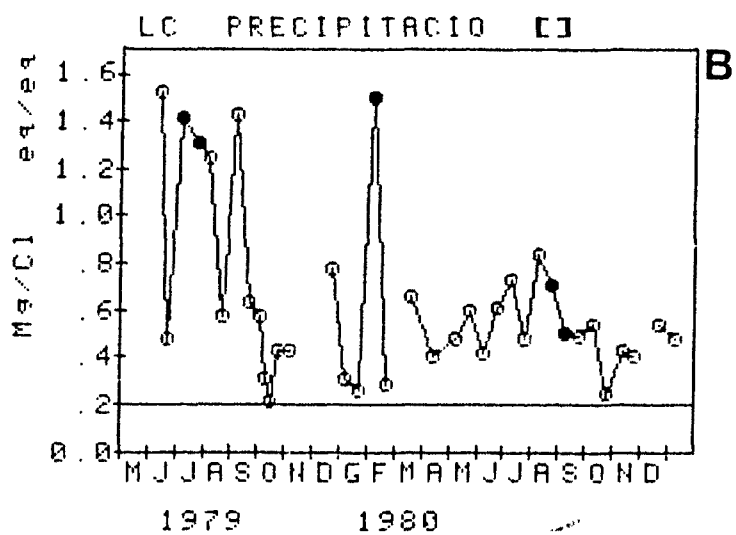
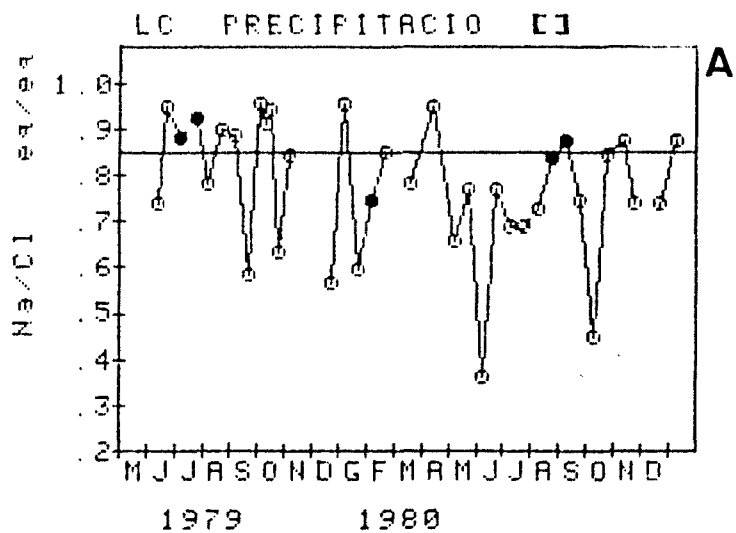


Figura 6.21 (A) Variació del cocient Na/Cl en la deposició global soluble de La Castanya, per períodes de recollida. Els punts negres indiquen valors de Cl estimats a partir del Na. (B) íd. per Mg/Cl. (C) Relació entre el cocient Mg/Cl i la quantitat de precipitació a La Castanya.

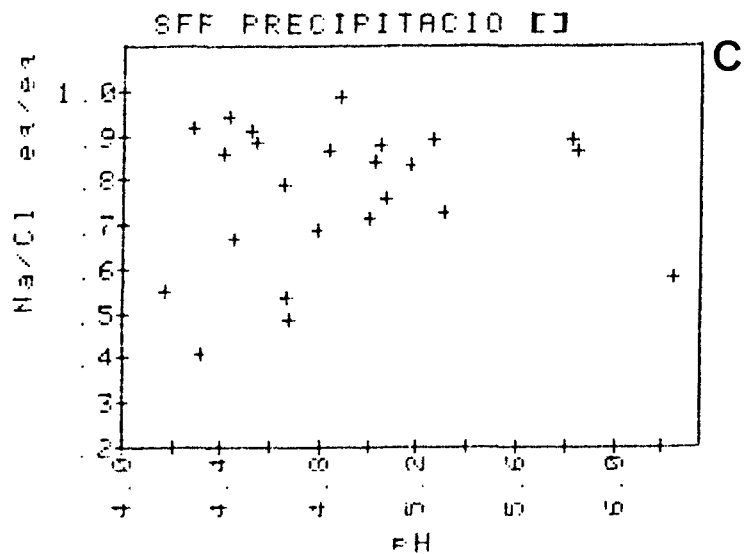
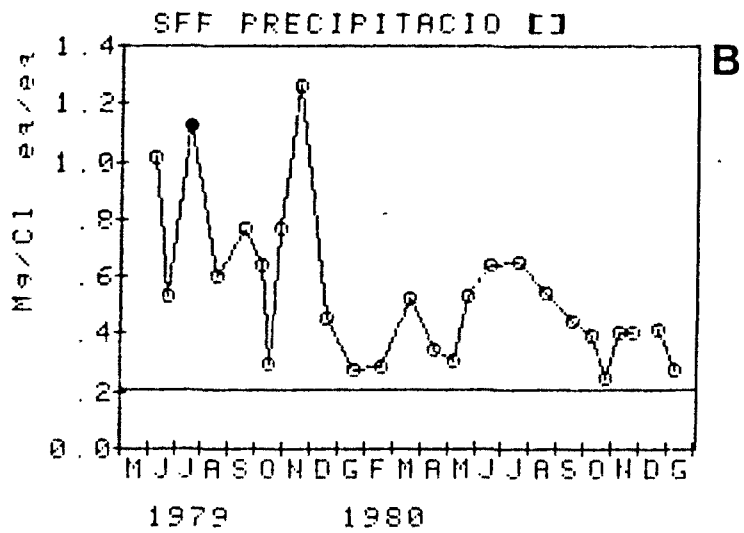
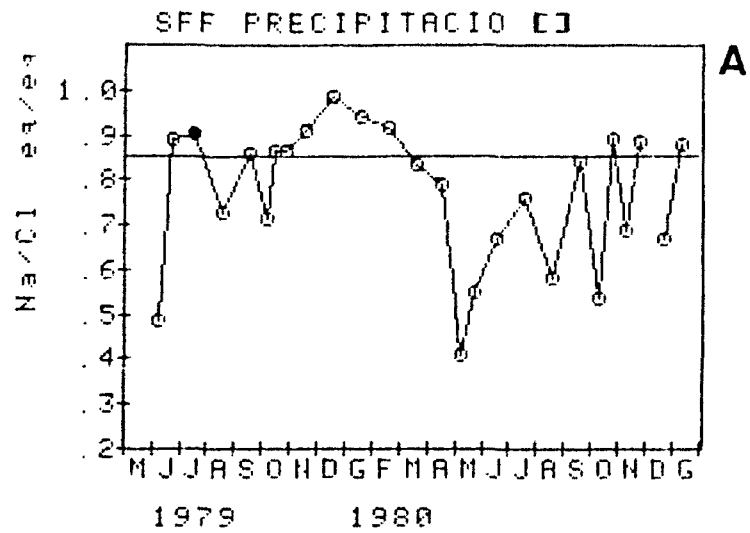


Figura 6.22 (A) Variació del cocient Na/Cl en la deposició global soluble a la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida. Els punts negres indiquen valors de Cl estimats a partir del sodi.
 (B) íd. per Mg/Cl.
 (C) Relació entre el cocient Na/Cl i el pH, a la fageda

del 26% a Solling (Alemanya, calculat a partir de les dades de Matzner et al. 1982), i del 125% a Hubbard Brook (Likens et al. 1977).

6.6.2 La relació del Mg amb el Na i el Cl

L'origen mixt del Mg (taula 6.7) queda molt de manifest en les figures 6.15 i 6.16, on es representa la seva concentració respecte les de Cl i Na als 3 boscos. En aquests gràfics, la recta que correspon a les proporcions en l'aigua del mar fa d'envoltant inferior dels núvols de punts. Alguns períodes de recollida se situen a prop d'aquesta recta, però la major part queden bastant pel damunt d'ella. L'excés de Mg ve donat en les figures 6.15 i 6.16 per la distància vertical des dels punts a la recta marina, i és una mesura de la influència continental. Pràcticament mai no s'observa al Montseny un excés de Cl o Na respecte Mg (figs. 6.15 i 6.16).

L'envoltant inferior marítima està molt ben definida a LC i SFF, però molt poc a SFA. A part que a SFA hi ha menor nombre de dades que als altres dos llocs, la raó d'aixó és fosca.

La variació temporal del quocient Mg/Cl es pot veure a les figures 6.21b i 6.22b. Aquest quocient, o millor el grau amb que se separa de 0.2, és un índex d'influència continental. Hi ha una clara tendència estacional tant a LC com a SFF, amb valors alts a l'estiu i baixos a l'hivern. Aixó deu correspondre a la menor freqüència de precipitacions marítimes a l'estiu (substituïdes per pluges convectives locals) i a la major sequedat dels sòls que facilita l'entrada de Mg (i Ca) edàfics en l'atmosfera. Hi ha una certa correlació negativa entre Mg/Cl i Na/Cl, més aparent a SFF, que és interessant donada la correlació positiva entre Na i Mg (taules 6.8 i 6.9).

La relació entre el quocient Mg/Cl i la quantitat de precipitació (fig. 6.21c) ens indica que els majors excessos

de Mg es donen a precipitacions moderades o escasses, degut a la importància que en aquestes ocasions poden tenir el washout i la deposició seca continentals, i al fet de que les precipitacions abundoses solen tenir origen marítim.

El quocient Na/Mg varia d'una manera semblant, però inversa, al Mg/Cl (figures 6.23a i 6.24a).

Dos altres quocients útils con índex de continentalitat són el Ca/Na i el Ca/Mg (figs. 6.23 i 6.24). Sempre hi ha un excés de Mg sobre Na, i de Ca sobre Mg, de manera que l'excés de Ca sobre Na és encara major. En uns pocs períodes, el Na és el catió dominant, en lloc del Ca (figs. 6.23b i 6.24b). Tots dos quocients varien estacionalment de manera semblant al Mg/Cl.

A partir de l'examen dels diferent quocients ionics (figs 6.21 a 6.24), els períodes d'aquest estudi que tingueren major influència marítima foren: octubre 1979, gener 1980 (sobretot a Santa Fe), febrer 1980 (2^a quinzena a LC), i 2^a quinzena d'octubre 1980. A LC s'hi podrien afegir la 2^a meitat de gener 1979, la 2^a meitat de març 1979, i, menys accentuadament, setembre 1979 i finals d'abril 1979.

Tots els quocients iònics examinats revelen que la deposició global al Montseny és molt variable no solament en les concentracions (figs. 6.2 a 6.10) sinó també en les proporcions dels diferents ions (figs. 6.21 a 6.24), i que aquestes poden variar molt irregularment.

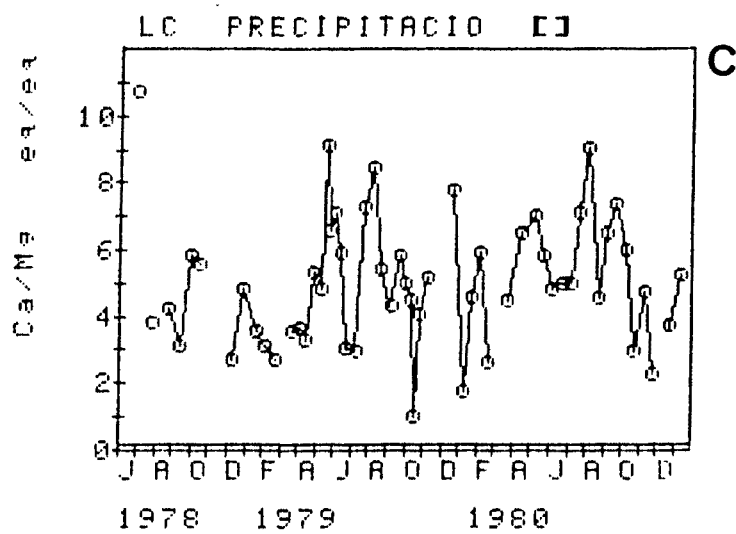
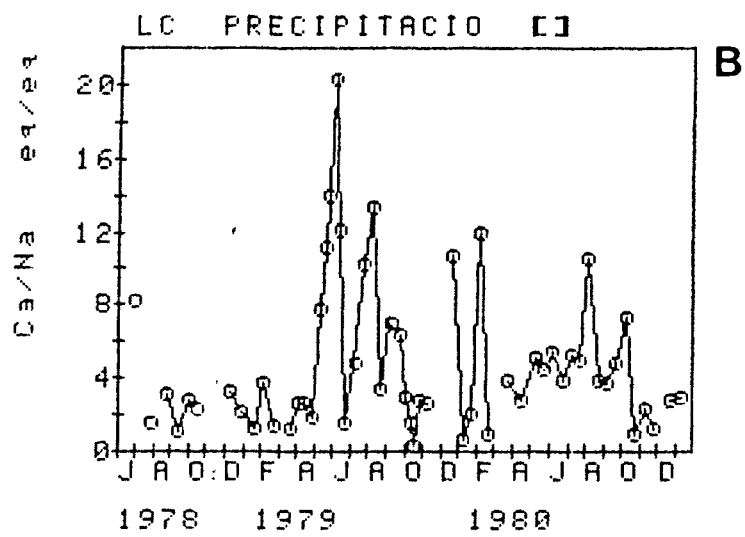
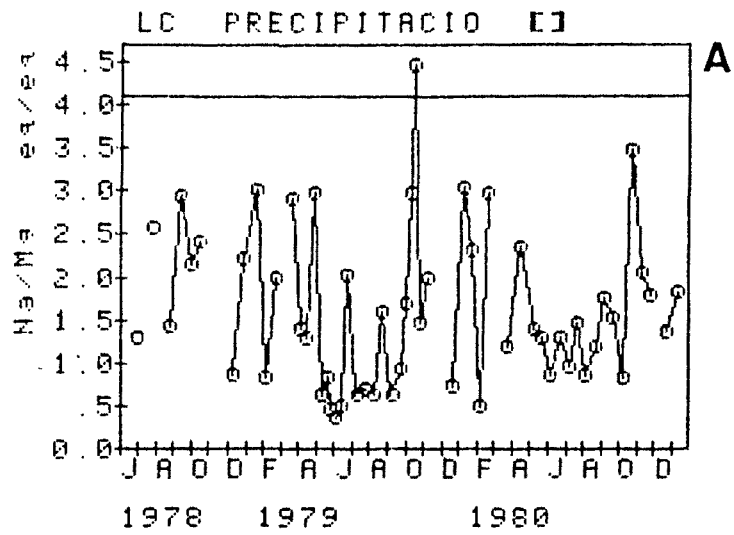


Figura 6.23 Variació d'alguns cocients iònics en la deposició global soluble de l'alzinar de La Castanya:

(A) Sodi/Magnesi

(B) Calci/Sodi

(C) Calci/Magnesi; la recta indica el cocient en l'aigua de mar.

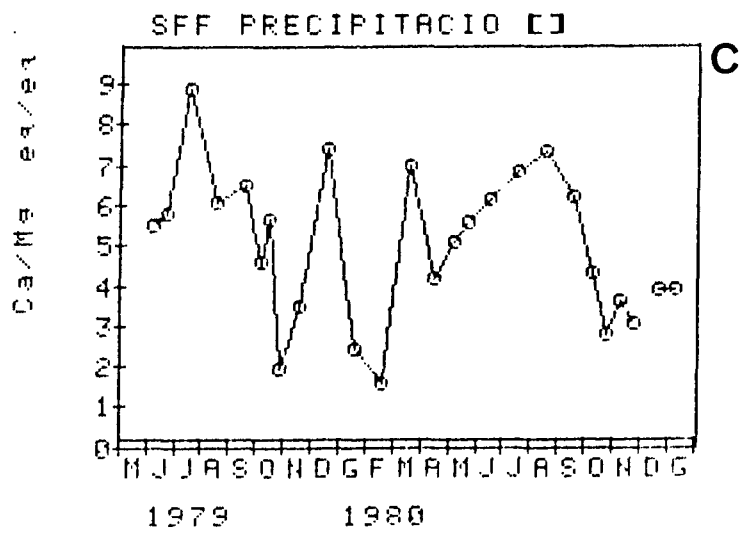
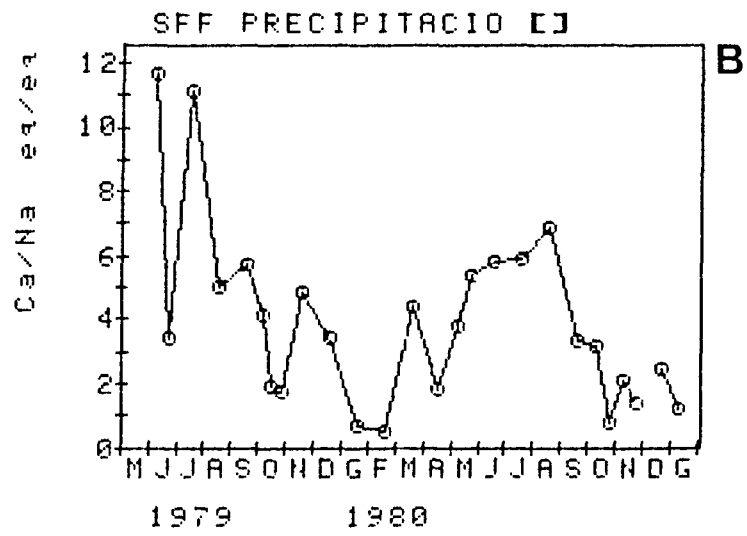
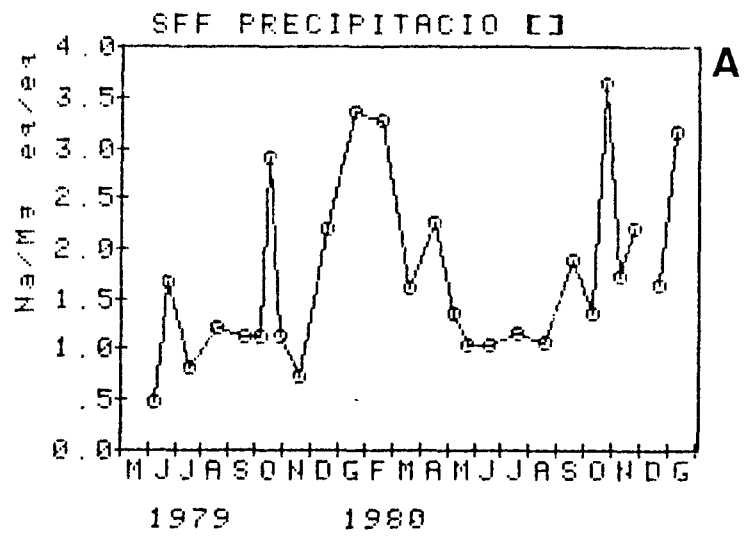


Figura 6.24 Com la figura 6.23, per la fageda de Santa Fe.

6.7 La relació entre Ca, Mg, i pH

6.7.1 La relació entre Ca i Mg

Les concentracions de Ca i Mg estan bastant correlacionades en la deposició global del Montseny (taules 6.2 a 6.4, fig. 6.17). Hi ha un gran excés de Ca sobre Mg (figs. 6.23c i 6.24c), respecte les proporcions marines ($\text{Ca/Mg}=0.19$, taula 6.6). Pràcticament tot el Ca, i una mica més de la meitat de Mg, són d'origen continental (taula 6.7).

El núvol de punts de Mg respecte Ca presenta una envoltant inferior molt nítida, tant a LC com a SFF (figs. 6.17 a i b). A SFA no està gaire definida (fig. 6.17c). El pendent de l'envoltant és semblant a LC i SFF, i és aproximadament igual a un augment de 8 equivalents de Ca per cada equivalent de Mg a SFF, i de 8-10 (el valor exacte està menys definit) equivalents de Ca per equivalent de Mg a LC. Aquests són els "sostres" dels quocients iònics als respectius llocs (fig. 6.23c i 6.24c).

La interpretació de l'envoltant inferior no és difícil: representa les proporcions de Ca i Mg solubles que són subministrades a la deposició global per fonts continentals. Quan major sigui s'influència marítima, més per damunt de la recta quedaran els punts, perquè augmenta la relació Mg/Ca. Podem fer una senzilla comprovació d'aquesta hipòtesi. Les proporcions Ca/Mg en la composició mitjana valen 4.3-4.9 segons el bosc (taula 6.6). Ara bé, podem calcular la mateixa proporció pel Ca i Mg d'origen continental, restant les fraccions atribuïbles a les sals marines (taula 6.7). La proporció Ca/Mg per als aportos continentals és de 8.4, 8.2, i 8.4 a LC, SFF, i SFA, respectivament. La semblança d'aquestes proporcions amb els pendents de les envoltants inferiors (figs. 6.17a i b) recolza la interpretació d'aquestes envoltants com a determinades pels aportos continentals de Ca i Mg.

La similitud de les proporcions continentals de Ca i Mg en els tres llocs indica que el Ca i Mg continentals en la

deposició global del Montseny provenen d'una font única, o de diferents fonts homogènies en quant a les proporcions de Ca i Mg solubilitzables.

Quin és l'origen del Ca i Mg continentals en la deposició global soluble del Montseny? Es poden plantejar 3 hipòtesis:

- (1) silicats càlcics i magnèsics
- (2) carbonats càlcics i magnèsics
- (3) sals neutres de Ca i Mg (CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgSO_4 , etc.).

Essent el Montseny un massís predominantment silicatat, la possibilitat més immediata és que el Ca i Mg derivin dels aluminosilicats locals. Likens *et al.* (1977) consideraren que part dels cations metàl·lics de la deposició global podrien originar-se de la meteorització de minerals edàfics presents a l'atmosfera en forma de pols. Aquesta meteorització podria tenir lloc abans o després de l'arribada de l'aigua al col·lector, i seria ajudada pel caràcter àcid de les precipitacions. Ara bé, considerant les concentracions probables de silicats en la deposició global (Galloway *et al.* 1976a), el seu contingut de Ca i Mg, i el percentatge d'aquests cations metàl·lics que pot ser solubilitzat, opinem que la contribució dels silicats al Ca i Mg solubles en la deposició global ha de ser petita, almenys en llocs on, com al Montseny, la deposició global és relativament rica en Ca i Mg.

En les rieres del Montseny que hem estudiat sobre terrenys silicatats (capítol 8), el quocient Ca/Mg, en equivalents, està entre 1.5 i 2. Reconeixent que les condicions de mobilització en el sòl i subsòl de una conca són molt diferents a les de l'atmosfera i dels col·lectors de precipitació, aquests valors no recolzen la idea de que els aporta continentals de Ca i Mg al Montseny derivin dels silicats locals.

El Montseny està envoltat de terrenys carbonatats, tant a escala comarcal (depressió del Vallés, Plana de Vic), com a escala regional i supraregional (sud de França, depressió de l'Ebre, centre, est i sud d'Espanya, nord d'Àfrica). Com que

les partícules més fines de la pols terrestre poden viatjar en l'atmosfera mil.lers de kilòmetres (p.ex. Savoie i Prospero 1980), el ventall de possibles àrees subministradores de carbonats en la deposició global del Montseny és ben ampla. No coneixem les proporcions Ca/Mg en els materials carbonatats propers ni llunyans. Goldschmidt (1954, citat a Eriksson 1960) dóna 6.3:1 com a proporció mitjana en pes entre CaCO_3 i MgCO_3 en els carbonats naturals, es a dir, un quocient en equivalents $\text{Ca/Mg} = 5.3$. Aquest valor s'assembla més a la proporció de 8 necessària per justificar el Ca i Mg continentals al Montseny. Els materials carbonatats varien molt en la seva proporció de Ca i Mg. Per exemple, per a fabricar ciment es requereixen carbonats molt pobres en Mg.

A l'apartat següent examinarem una altra evidència dels aportats de carbonats i de sals neutres de Ca i Mg al Montseny.

6.7.2 La relació entre pH i Ca

La concentració de Ca (i la de Mg) està positivament correlacionada amb el pH (taules 6.8 a 6.10, fig. 6.18). Com en qualsevol correlació, no es pot assegurar l'existència d'un nexa funcional, perquè una correlació positiva entre Ca i pH podria resultar, per exemple, d'una correlació negativa entre Ca (o el seu anió associat) i l'ió hidrogen. Admès això, un examen detallat de les dades revela que aquesta seria una explicació bastant improbable.

Un gràfic de la concentració de H respecte a Ca a LC (no reproduït) revela una disminució lineal de H des de 30-35 $\mu\text{eq/L}$ quan hi ha 5-10 $\mu\text{eq/L}$ de Ca, fins 0-5 $\mu\text{eq/L}$ a uns 60 $\mu\text{eq/L}$ de Ca. A partir d'aquest nivell de Ca la concentració de H és sempre molt baixa (0-3 $\mu\text{eq/L}$) i independent de la del Ca. Hi ha una envoltant inferior molt nítida, que delimita una zona sense punts: és la zona on la suma dels equivalents de H i de Ca és inferior a aproximadament 30 $\mu\text{eq/L}$. Tots els punts observats queden per damunt d'aquesta línia. És a dir, una mostra sense Ca, o amb concentracions ínfimes

ha de tenir com a mínim 30 $\mu\text{eq/L}$, cosa que correspon a un pH igual o inferior a 4.5. A la llum de les nostres dades de pH de la deposició global (fig. 6.3 i 6.11a, apèndix nº1, veure apartat 6), aquesta ens sembla una bona estimació del pH de la deposició humida al Montseny en absència de quantitats significatives de substàncies neutralitzants.

En augmentar la concentració de Ca, la de l'ió hidrogen disminueix tal i com s'ha explicat. Tots els indicis són de què hi ha una neutralització per part de compostos de Ca (i d'altres metalls).

Els principals compostos de Ca en la deposició global que poden neutralitzar (parcialment) l'acidesa de la precipitació són els silicats (Krauskopf 1979) i els carbonats. Per les raons presentades en l'apartat anterior sobre la solubilització dels silicats en la deposició global, ens inclinem a atribuir la neutralització a carbonats de calci i magnesi (el Na es pot excloure en virtut del seu origen marí, i el K perquè, independentment de quina sigui la seva forma química en l'atmosfera, la seva concentració és molt baixa (taules 6.2 a 6.4)).

El coeficient de regressió entre Ca i H, pel segment lineal de la disminució de H, és molt revelador: a LC, cada equivalent de Ca neutralitza 0.27 equivalents de H. Si tot el Ca neutralitzés ions hidrogen, aquests valors haurien de ser 1 (de fet, més de 1, donada la correlació positiva entre Ca i Mg). Despreciant el Ca contingut en les sals marines (taula 6.7), aproximadament la meitat del Ca en la deposició global de LC estaria inicialment associat a carbonat, i la resta arribaria en forma de sals neutres. A SFF, aquestes proporcions serien 1/4 i 3/4, respectivament. El Mg tindria també un paper en la neutralització, però com que el Mg continental és 8 vegades menys abundant que el Ca en la deposició global del Montseny, la seva importància seria molt menor que la del Ca.

Seria interessant incloure en les anteriors consideracions el paper de l'amoniac, però l'amoni no ha estat analitzat en el present treball.

6.8 Variació temporal dels aports

6.8.1 Aspectes generals

Els aports dels 7 ions en la deposició global del Montseny per a cada període de recollida a cada bosc es poden veure a les figures 6.25 a 6.31 .

Els aports, essent el producte de la concentració per la quantitat de precipitació, integren les característiques d'ambdues. Malgrat la correlació negativa entre concentracions i precipitació (apartat 6.5), els aports tenen molta variabilitat temporal (figs. 6.25 a 6.31) . Hi ha una correlació positiva entre aports i precipitació: en general, els períodes més plujosos són els que donen aports més grans. No obstant, una comparació detallada de les precipitacions (fig. 6.1) i dels aports ens indica que la relació no és molt estreta.

Cap dels ions analitzats presenta una tendència estacional definida en els seus aports. Els màxims estivals en les concentracions de Ca (fig. 6.7) es desdibuixen al considerar als aports (fig. 6.28), especialment a l'estiu del 1980 en el que les concentracions altes es degueren principalment a la migradesa de les precipitacions (fig. 6.1) . Aports relativament alts de Ca es produïren en alguns períodes de l'estiu del 1979, amb precipitacions més abundoses.

Els pics de Na i de Cl, i en menor mesura els de Mg, assenyalen molt bé, a més a més de les precipitacions abundoses, les pluges de llevant, amb aire marítim ric en NaCl: vegi's en les figures 6.25 i 6.26 els pics de març 1979, octubre 1979, febrer 1980, i octubre 1980. Els diferents quocients iònics indiquen una forta influència marítima en aquests pics (figs. 6.21 a 6.24) .

6.8.2 La "pluja" de pol.len i els aportats en la deposició global

Al mes d'abril del 1980 es trobaren quantitats considerables de pol.len de pi (Pinus sp., determinat pel Dr. J. Roure del Departament de Botànica de la Universitat Autònoma de Barcelona, a qui expressen el nostre agraïment) en els embuts dels col·lectors de deposició global de tots tres boscos. En cap de les localitats estudiades hi ha pinedes importants en un radi d'alguns kilòmetres. Aquesta pluja de pol.len és un fenomen regional que es deu a l'abundància de pinedes a Catalunya i a l'alta producció de pol.len anemògam per part dels pins. Desenes de mil.lers d'hectàrees de pinedes a la terra baixa catalana floreixen a l'abril.

Els aportats de Cl i Na foren alts a l'abril de 1980 en tots 3 boscos (fig. 6.25 i 6.26), i això indica una considerable influència marítima durant aquest mes. En el Turó de l'Home, gairebé tota la precipitació del mes es produí mentre bufaven vents del ENE o E, la qual cosa és consistent amb l'origen marí postulat.

Entre els ions continentals, Ca i NO₃ presentaren màxims molt destacats en els seus aportats a l'abril 1980 (figs. 6.28 i 6.29). Tenint en compte la pluviositat del mes (fig. 6.1), els aportats de K i PO₄ no destacaren especialment, excepte el K a LC. Com és habitual, el Mg tingué un comportament intermig entre el Na i el Ca (fig. 6.27).

En conclusió, es possible que la pluja de pol.len de pi produís uns majors aportats de Ca i NO₃ en la deposició global soluble. És també possible però que aquests aportats de Ca i NO₃ es derivessin d'altres fonts continentals. Els dos ions que hom podria esperar fossin més afectats, K i PO₄ no manifestaren indicis consistents de veure incrementats els seus aportats solubles degut al pl.len. A l'abril del 1979 no és produïren màxims equivalent de Ca i NO₃, any en el que no fórem conscients de la presència de pol.len en els col·lectors.

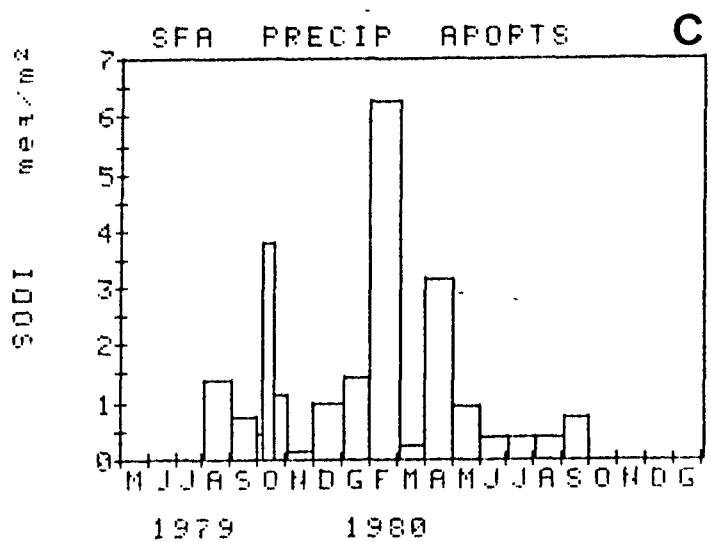
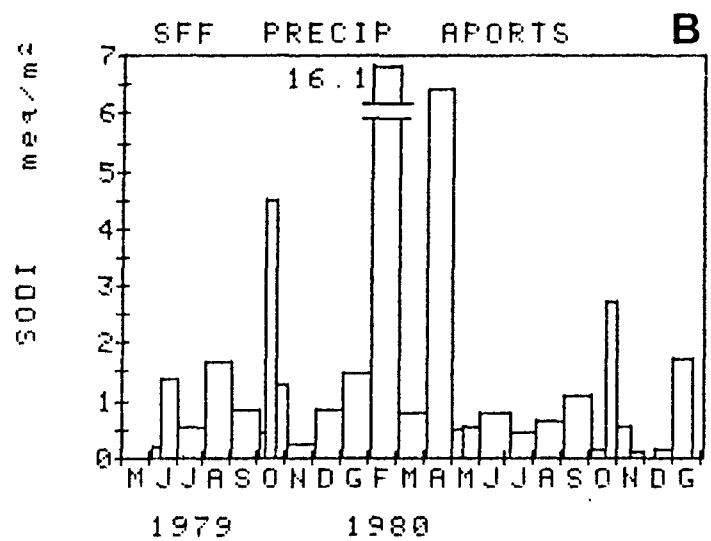
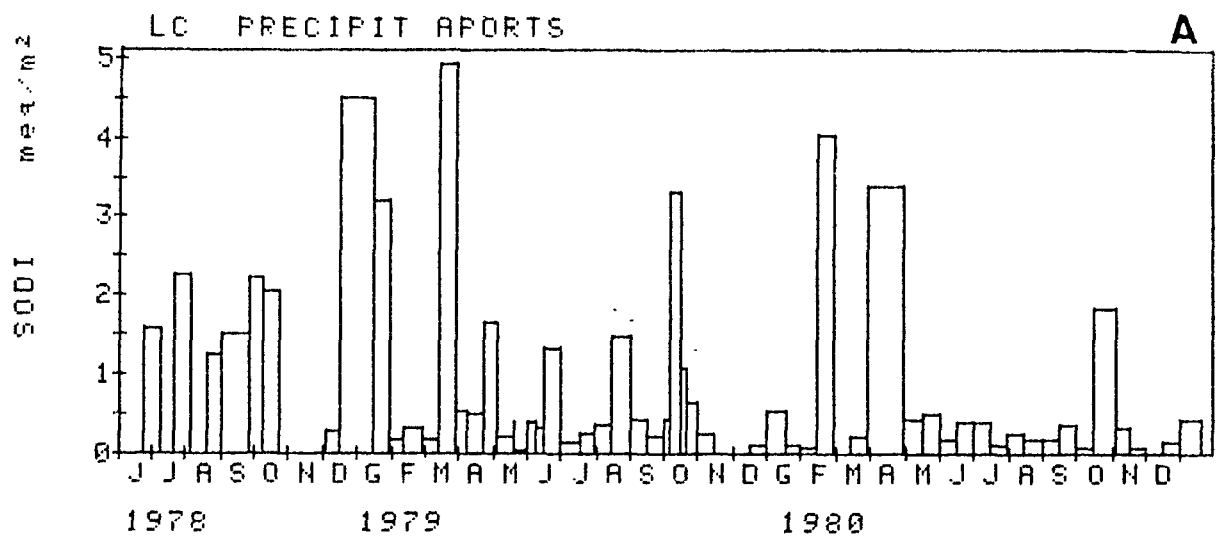


Figura 6.25 Aports de sodi en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.

(A) alzar, (B) fageda, (C) avetosa.

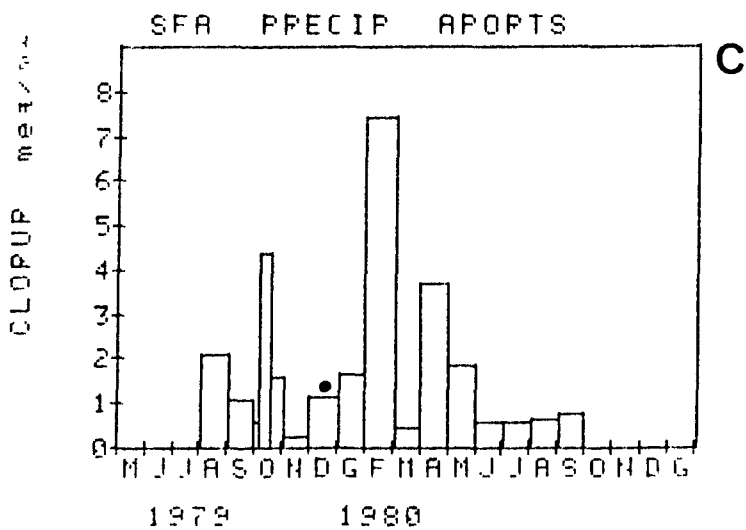
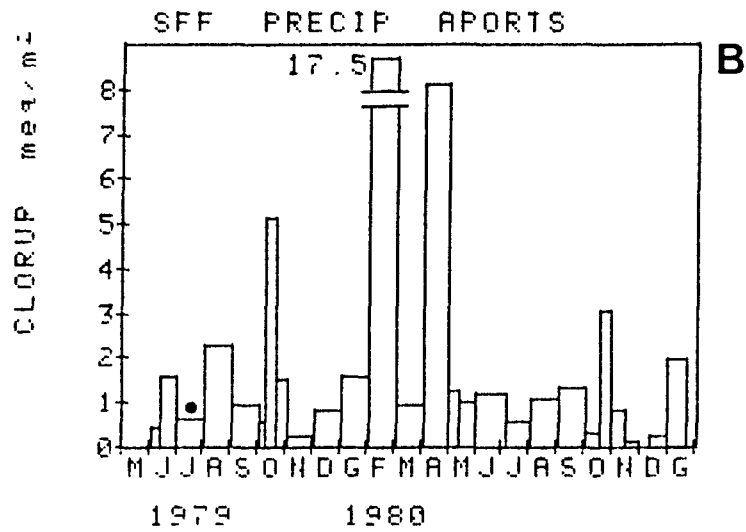
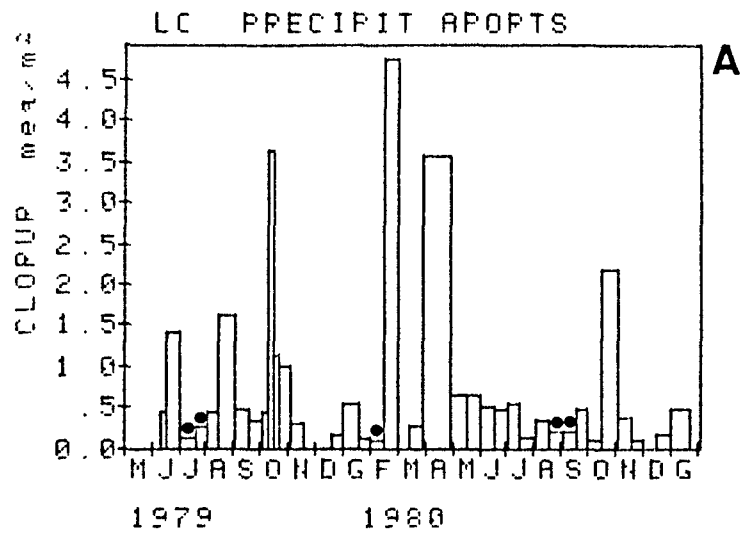


Figura 6.26 Aports de clorur en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. Els punts negres indiquen els períodes en els que la concentració de Cl s'estimà a partir de la de sodi.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

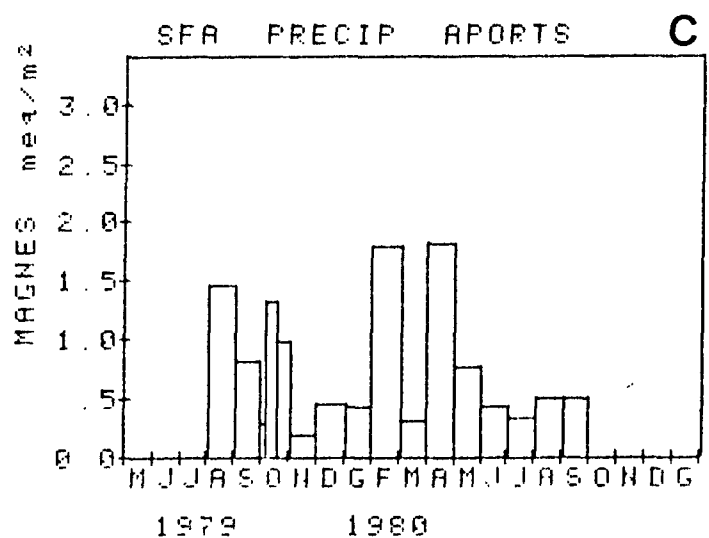
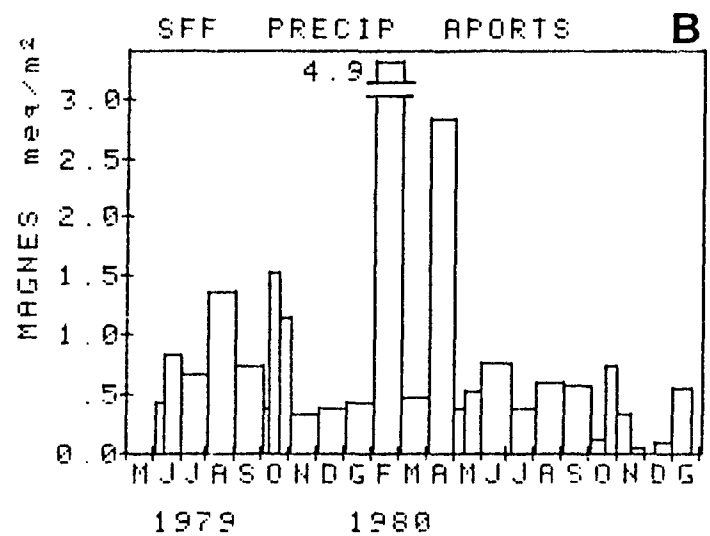
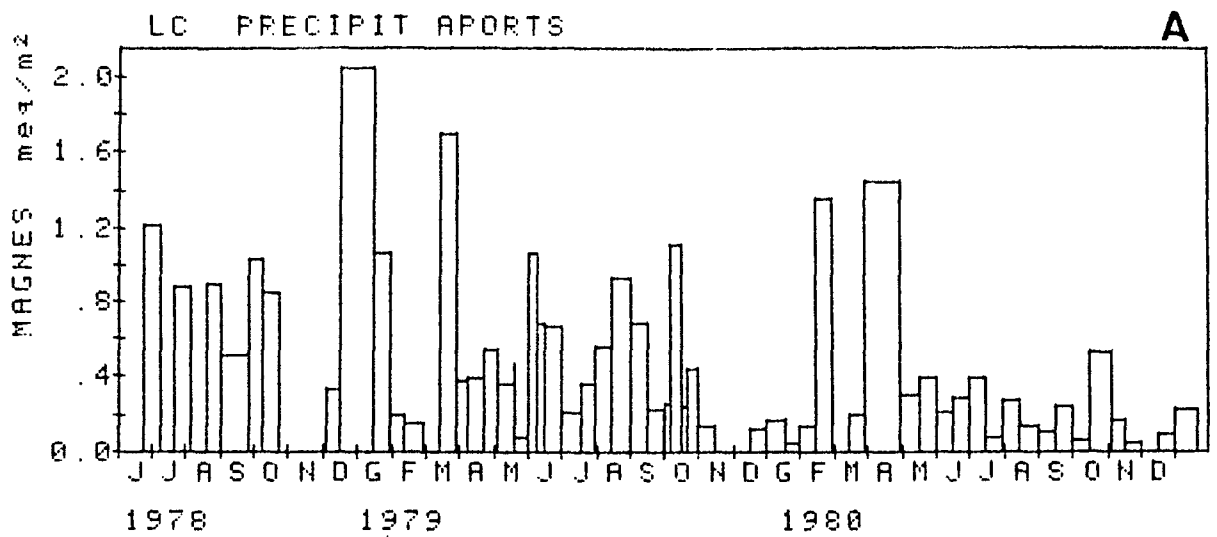


Figura 6.27 Aports de magnesi en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

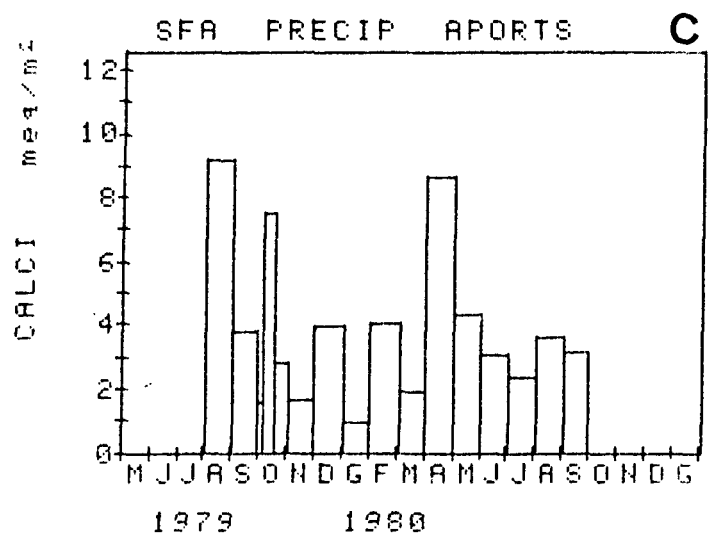
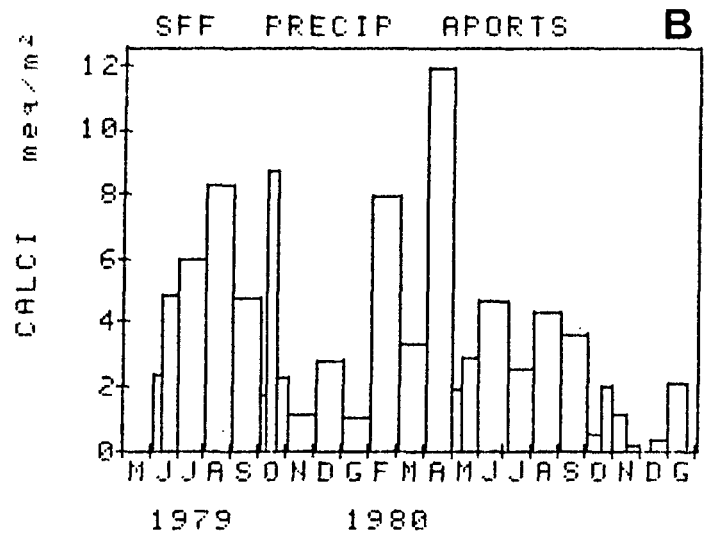
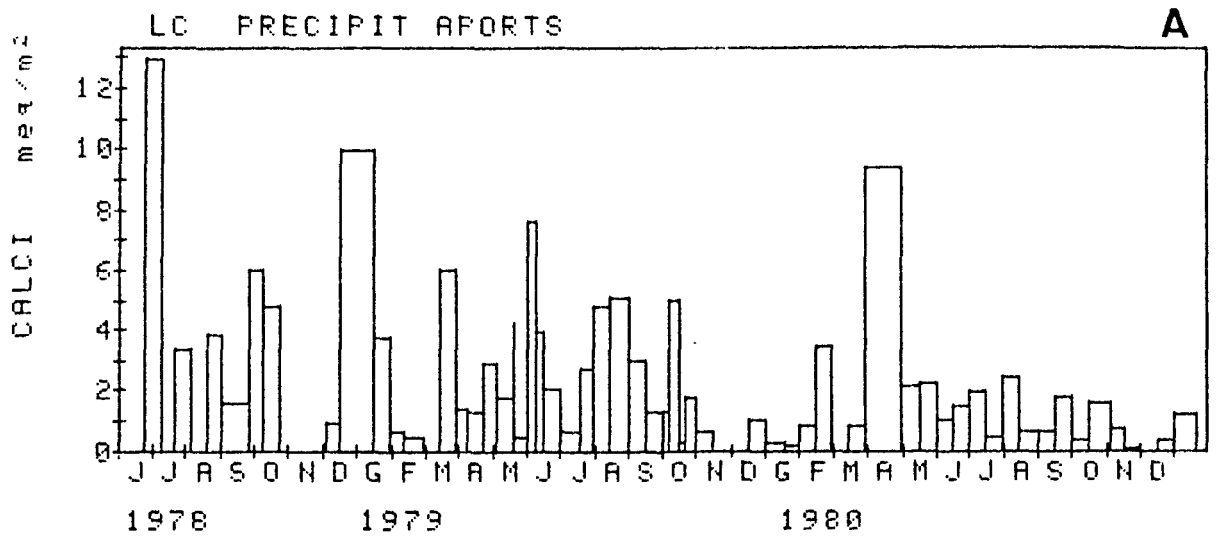


Figura 6.28 Aports de calci en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.

(A) alzar, (B) fageda, (C) avetosa.

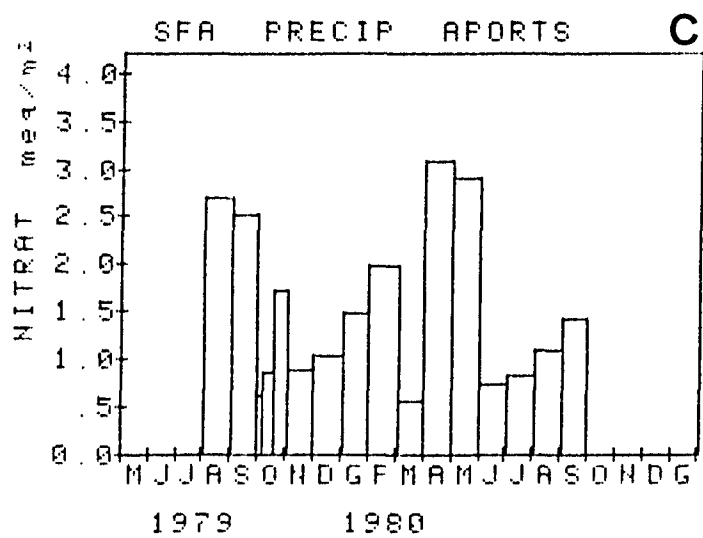
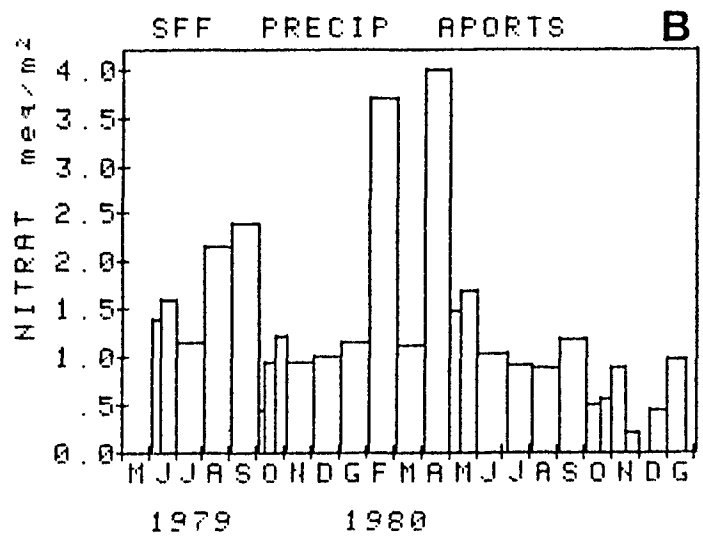
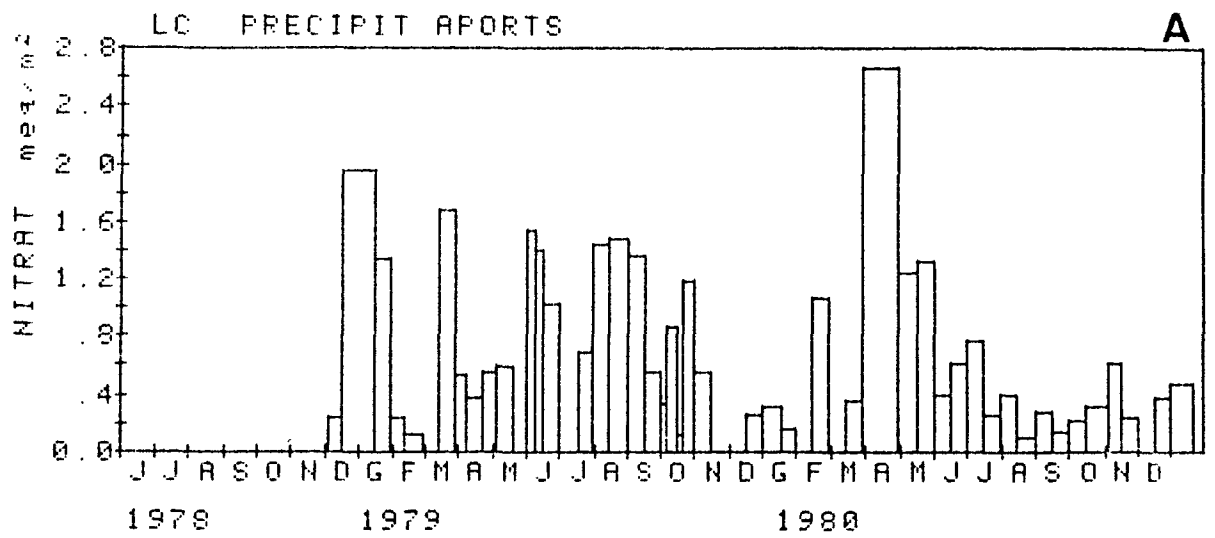


Figura 6.29 Aports de nitrat (més nitrit) en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.
 (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

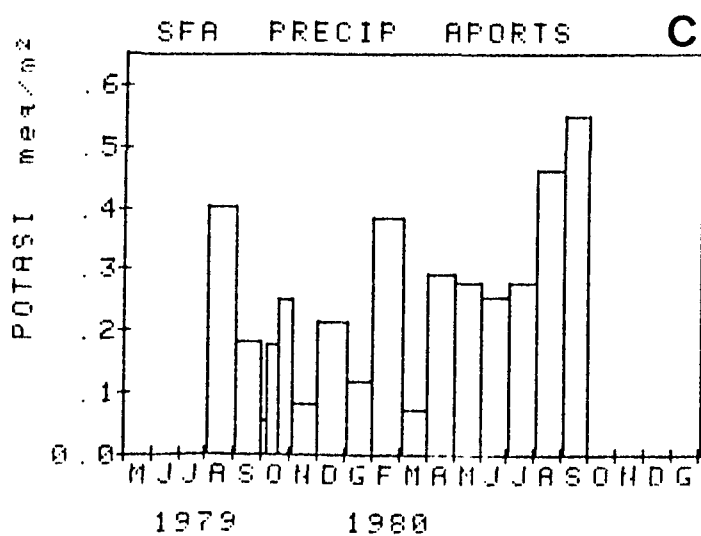
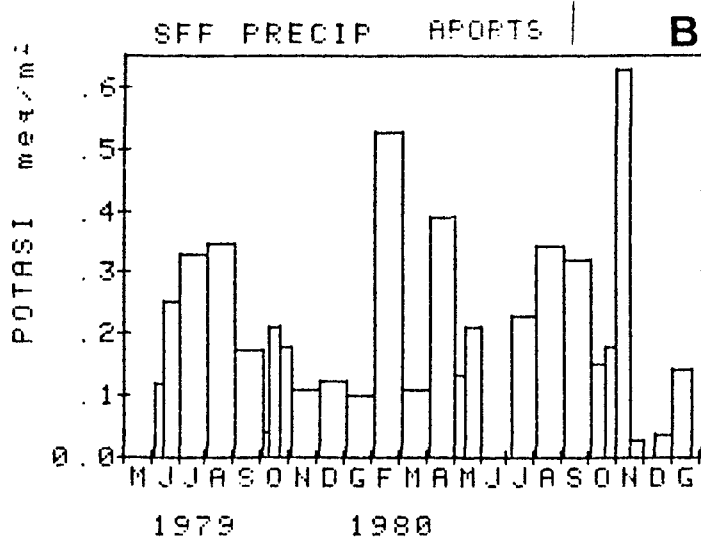
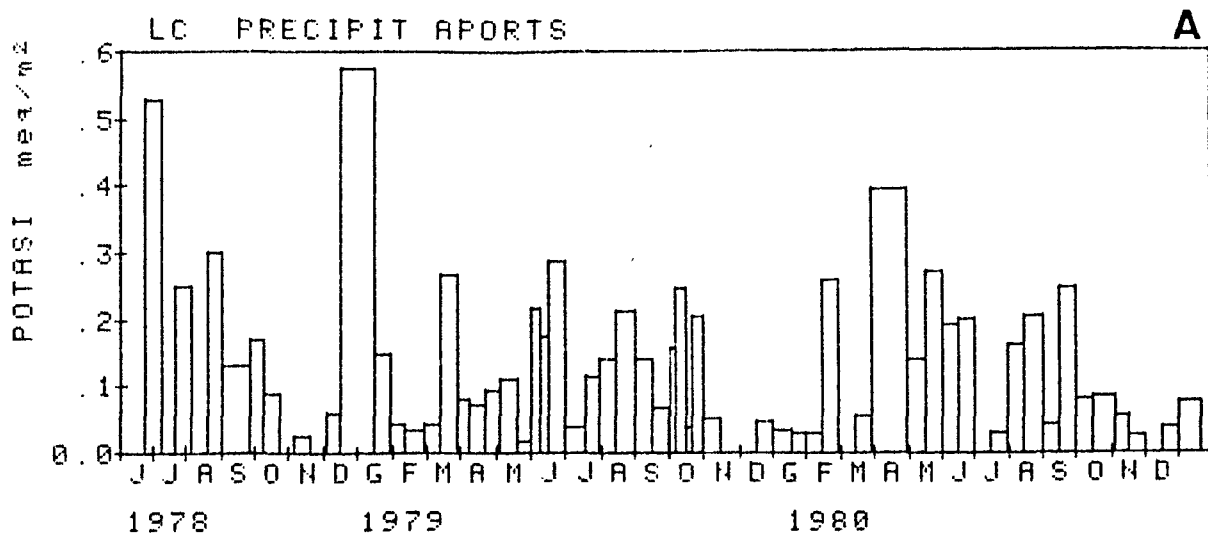


Figura 6.30 Aports de potassi en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida.
 (A) alzar, (B) fageda, (C) avetosa.

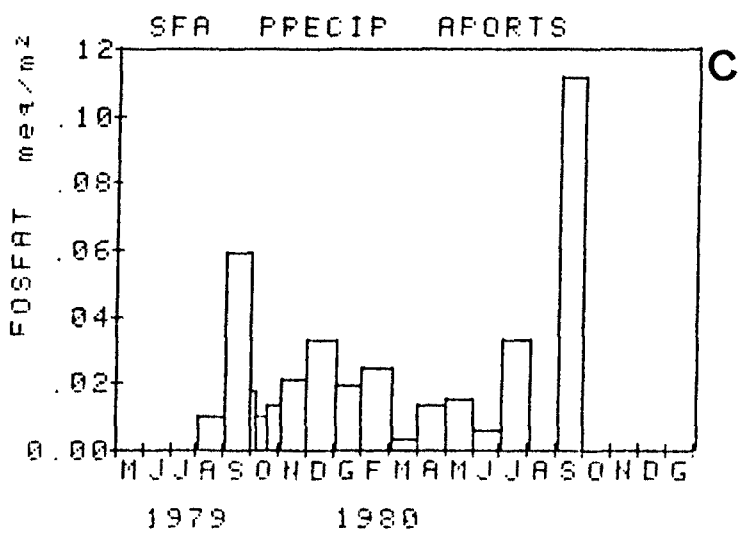
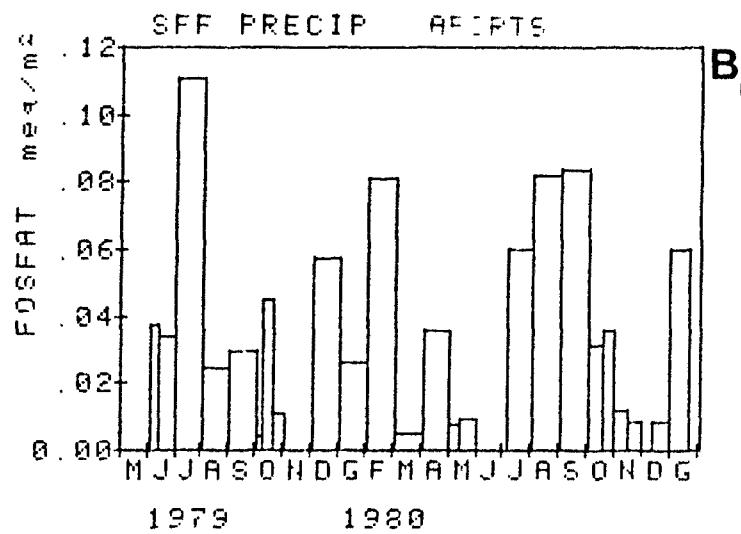
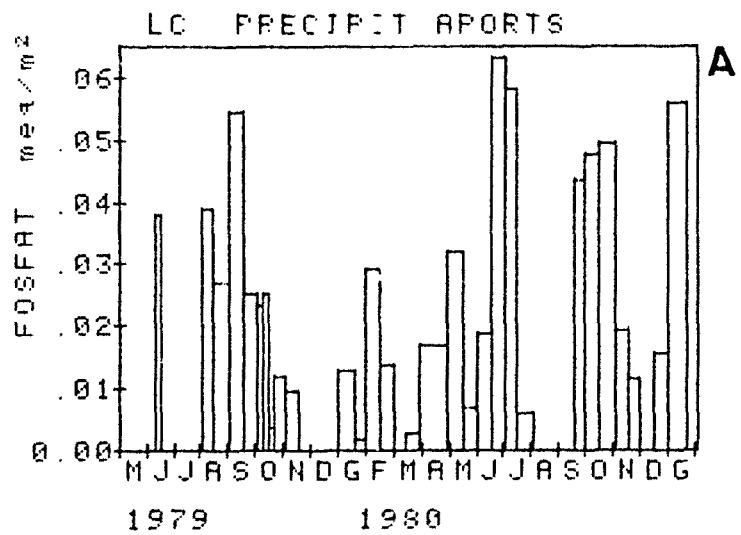


Figura 6.31 Aports d'ortofosfat en la deposició global soluble de tres boscos del Montseny, per períodes de recollida. (A) alzinar, (B) fageda, (C) avetosa.

6.8.3 La pols del Sahara i els aports en la deposició global

Durant la primera quinzena d'agost del 1980 es produí una entrada general de pols del Sahara en l'atmosfera de la península ibèrica. El fet fou prou notable com per a ser comentat per la premsa. A Barcelona, els cotxes aparcats al carrer es cobriren de una capa prima de pols rogenca. El mateix tipus de dipòsit s'observà en els embuts dels col·lectors a LC. En aquesta primera meitat del mes hi hagué una única precipitació al Montseny, el dia 15, que rentà l'atmosfera i la deposició seca de les dues setmanes anteriors. La precipitació fou escassa, com en les quinzenes precedents i en les successives (fig. 6.1a).

En la quinzena que comentem, la concentració de Ca en la deposició global a LC fou molt alta (fig. 6.7a), encara que no la màxima observada. Els aports de Ca a LC durant aquesta quinzena no foren extraordinàriament alts (fig. 6.28a), però sí es destacaren notablement respecte la quinzena anterior i les dues posteriors. Els altres ions no manifestaren canvis apreciables, o ho feren en grau menor que el Ca. A Santa Fe tenim només dades per a tot el mes d'agost, i no es produïren valors alts (figs. 6.25 a 6.31).

En conclusió, la pols del Sahara no donà lloc a increments espectaculars en els aports en la deposició global soluble durant aquesta quinzena al Montseny. Un cert increment en els aports de Ca podria ser degut a aquesta pols. Aquestes observacions són consistents amb l'estudi de Savoie i Prospero (1980): els seus resultats indiquen que els aerosols saharians contenen molt poc Na, K, i Mg solubles, però quantitats moderades de Ca soluble. Segons altres autors, citats per Savoie i Prospero (1980), el 70-80% de la massa de la pols del Sahara estaria formada per minerals d'argila.

6.9 Els aports anuals

Els aports anuals en la deposició global es poden veure a les taules 6.11 a 6.13, per als mateixos períodes per als que hem donat les concentracions mitjanes (taules 6.2 a 6.4). Per a comparació, incluïm les dades de LC a la taula de SFF, i les de LC i SFF a la taula de SFA, referides a períodes comuns.

En termes d'equivalents, les contribucions relatives dels diferents ions als aports anuals són evidentment les mateixes que les que hem comentat al parlar de les concentracions (apartat 6.2.1).

Les diferències entre els aports anuals dels 3 llocs estudiats integren les diferències de pluviositat i de concentracions mitjanes. Així, a la fageda els aports de H, Na, i Cl són aproximadament el doble que els de l'alzinar durant el període comú (taula 6.12), reflexant el clima més plujós, més marítim, i la major acidesa de les precipitacions a SFF. La resta dels aports són també majors a la fageda que a l'alzinar, però en menors proporcions (taula 6.12).

Durant l'any comú als 3 boscos (taula 6.13), els aports de K varen ser gairebé idèntics als 3 llocs. Excepte per al PO_4 , els aports de la resta d'ions s'ordenen així: $SFF > SFA > LC$. Amb certa sorpresa, anticipada però a l'examinar les concentracions mitjanes, els aports d'alguns ions a l'avetosa (Na, Ca, Mg, i Cl) són més semblants als de l'alzinar que als de la fageda (taula 6.13).

En conjunt, els aports mesurats al Montseny no es destaquen especialment de les altres localitats europees i nord-americanes. Steinhardt (1973) tabulà abundants dades sobre aportats atmosfèrics. Desgraciadament, no distingí entre deposició humida i deposició global. Encapçalà el seu recull sota el nom de "precipitació", però de fet la major part de les dades corresponen a deposició global. Malgrat aquesta limitació, a la taula 6.14 presentem una síntesi de la seva recopilació, utilitzant només dades d'Europa i de Nord-amèrica.

Taula 6.11 Alzinar: aportes en la deposició global

Es donen els aportes dels ions analitzats a la deposició global soluble de l'alzinar muntanyenc de La Castanya (Montseny, Barcelona), per a dos períodes anuals i per al conjunt dels dos.

PERÍODE	Nº ANYS	PRECIP	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄	
		mm any ⁻¹	meq m ⁻² any ⁻¹								
16-12-78 / 31-12-79	1	1058	8.27	26.11	3.51	70.99	14.56	20.06	--	--	
1-1-80 / 29-12-80	1	647	17.62	13.67	2.61	32.96	6.63	12.04	16.51	0.471	
16-12-78 / 29-12-80	2	857	12.96	20.03	3.07	52.41	10.69	16.14	23.74*	0.527†	
		kg ha ⁻¹ any ⁻¹									
16-12-78 / 31-12-79	1	1058	0.083	6.00	1.37	14.23	1.77	2.81	--	NO ₃ -N PO ₄ -P	
1-1-80 / 29-12-80	1	647	0.176	3.14	1.02	6.60	0.81	1.69	5.85	0.049	
16-12-78 / 29-12-80	2	857	0.130	4.60	1.20	10.50	1.30	2.26	8.42*	0.054†	

* valor obtingut multiplicant els aportes anuals de Na per el quocient entre les mitjanes ponderades de Cl i de Na. Els aportes de Cl mesurats entre el 9-6-79 i el 29-12-80 foren de 6.18 kg/ha/any.

† aportes mesurats entre el 9-6-79 i el 29-12-80, expressats com a taxes anuals.

Taula 6.12 Fageda: aportats en la deposició global

Es donen els aportats dels ions analitzats a la deposició global soluble de la fageda de Santa Fe (SFF; Montseny, Barceloneta), durant tot l'estudi (20 mesos: 3-6-79 a 4-2-81). Per a comparació, es donen també les dades de l'alzinar de La Castanya (LC) durant el mateix període. Els aportats a LC per a un període més llarg estan a la taula 6.11.

LLC	PRECIP	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
	mm any ⁻¹	----- meq m ⁻² any ⁻¹ -----							
SFF	1070	26.31	27.33	3.36	55.45	12.80	20.17	32.77	0.582
LC	724	13.36	14.70	2.85	44.43	8.62	15.12	17.42	0.532
		----- kg ha ⁻¹ any ⁻¹ -----							
SFF	1070	0.263	6.28	1.31	11.11	1.56	2.82	11.62	0.060
LC	724	0.134	3.38	1.11	8.90	1.05	2.12	6.18	0.055
Relació SFF/LC	1.48	1.97	1.86	1.18	1.25	1.49	1.33	1.88	1.09

Taula 6.13 Avetosa: aports en la deposició global

Es donen els aports dels ions analitzats a la deposició global soluble de l'Avetosa de Passavets (SFA; Montseny, Barcelona), durant l any (4-8-79 a 1-8-80). Per a comparació, es donen també les dades de l'alzinar de La Castanya (LC) i de la fageda de Santa Fe (SFF) durant el mateix període. Els aports a LC per a un període més llarg estan a la taula 6.11, i els de SFF a la taula 6.12.

LLOC	PRECIP	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
	mm any ⁻¹				meq m ⁻²	any ⁻¹			
SFA	1193	28.81	21.44	3.05	55.80	11.37	21.93	27.07	0.279
SFF	1256	37.16	36.58	3.12	65.59	16.50	24.07	43.56	0.475
LC	896	18.51	18.48	2.96	47.97	9.64	17.47	21.84	0.508
						kg ha ⁻¹			
						any ⁻¹			
SFA	1193	0.288	4.93	1.19	11.18	1.38	3.07	9.60	0.029
SFF	1256	0.372	8.41	1.22	13.15	2.01	3.37	15.44	0.049
LC	896	0.185	4.25	1.16	9.61	1.17	2.45	7.74	0.052
Relació SFA/SFF	0.95	0.775	0.586	0.979	0.851	0.689	0.911	0.621	0.586

Taula 6.14 Aports en la deposició global a Europa i Nord-amèrica

S'han calculat les mitjanes, les desviacions típiques, i els valors mínims i màxims dels aports tabulats per Steinhart (1973). S'han exclòs dels càlculs els valors superiors a 20 kg Na/ha/any, i a 36 kg Cl/ha/any, així com alguns valors molt alts de K i Mg, tots ells associats a localitats litorals. S'han exclòs també 6 valors superiors a 30 kg Ca/ha/any, potser deguts a medis urbans o altrament rics en Ca. La major part de les dades tabulades deuen ser de deposició global soluble, però n'hi ha de deposició global total, sense que Steinhart les indiqui. És possible que algunes dades siguin de deposició humida. Steinhart no especifica les formes de fòsfor, i les llista com a P. No hem ponderat per països o altrament. n és el nombre de dades.

	Na	K	Ca	Mg	NO ₃ -N	Cl	P
	----- kg ha ⁻¹ any ⁻¹ -----						
\bar{x}	4.84	2.48	7.90	1.88	1.70	8.98	0.40
s_x	4.65	1.64	4.35	1.32	1.30	7.07	0.28
n	56	72	70	68	64	46	17
Mínim	0.99	0.58	1.99	0.20	0.26	1.60	0.07
Màxim	19.3*	9.60*	17.7*	5.40*	5.03	33.7*	1.00

* els valors màxims sense excloure cap dada són (kg ha⁻¹ any⁻¹): Na 206, K 15.4, Ca 78.5, Mg 23.3, i Cl 399.

Les mitjanes resultants tenen grans coeficients de variació (taula 6.14). Els aportats trobats al Montseny (taules 6.11 a 6.13) cauen dintre de la mitjana més menys una desviació típica de les dades de Steinhardt, excepte per al P. Els aportats del Montseny són a més a més molt semblants a les mitjanes generals per al Na (excepte a SFF, on són majors), el Mg, i el Cl (excepte a SFF, on són majors). Els valors del Montseny són majors que les mitjanes generals per al Ca i el NO_3 , i menors per al K i el P.

Els aportats de $\text{PO}_4\text{-P}$ al Montseny són menors que el mínim de 17 valors donats per Steinhardt (taula 6.14). Aquest autor no especifica la forma de P de les dades de recull: les llista nominalment coma kg P/ha/any que, utilitzat en rigor, hauria d'indicar P total. Alguns dels treballs citats per Steinhardt analitzaren realment P total, o almenys P dissolt total, (p.ex. Allen et al. 1968, Gore 1968), el qual contribuiria a augmentar la mitjana dels aportats respecte l'ortofosfat soluble analitzat per nosaltres. Els aportats de $\text{PO}_4\text{-P}$ a Hubbard Brook són de 0.036 kg/ha/any (Likens et al. 1977), inferiors als de l'alzinar i de la fageda del Montseny.

¿Quin és el paper dels aportats de nutrients a la deposició global en el funcionament dels boscos del Montseny? Aquesta és una pregunta de difícil resposta, però podem valorar la importància dels aportats atmosfèrics comparant-los amb l'increment anual de les mineralomasses (elements emmagatzemats a la biomassa). Ll. Ferrés ha mesurat els requeriments de nutrients per a satisfer la producció anual d'òrgans aeris permanents (fusta i escorça) a l'alzinar muntanyenc de La Castanya. Però aquests requeriments poden ser coberts en bona part retranslocant nutrients dintre de la planta (p.ex. Ostman i Weaver 1982). El retranslocament no representa un increment de la mineralomassa, sinó una reutilització d'elements prèviament absorbits. A partir de les taxes de creixement radial de les alzines de la parcel·la, es pot estimar l'edat dels arbres dominants en 60-90 anys (Ll. Ferrés, com. pers.). Creiem que dividint les mineralomasses arbòries aèries (Ferrés et al. 1982) per 70 anys de temps estimat d'acumulació d'aquestes mineralomasses s'obté una taxa mitjana d'increment de la mineralomassa, la qual pot ser sufi-

cientment precisa per a la present comparació.

Els aportats anuals a la deposició global de l'alzinar els podem expressar com a percentatge de les acumulacions anuals a la biomassa, calculades com s'ha descrit al paràgraf anterior. Els resultats són els següents (%): Na 6925, K 22, Ca 61, Mg 85, N > 39, i P > 4.6. És a dir, la major part de les necessitats de Mg, i les dues terceres parts de les de Ca d'aquest ecosistema es podrien satisfer amb la deposició global. En canvi, aquesta contribuiria només una cinquena part dels requeriments de K. El flux anual de Na en la deposició global (4.60 kg/ha/any) és igual a la mineralomassa arbòria actual (4.65 kg/ha), i això dóna lloc al percentatge aparentment aberrant per a aquest ió. Els percentatges per al N i el P els donem com a contribucions mínimes, perquè no hem analitzat l'amoni, ni el N orgànic, ni el P orgànic.

Els aportats de N total en la deposició global són generalment bastant superiors als de $\text{NO}_3\text{-N}$. Per exemple, a Solling entren anualment 24.7 kg/ha de N total en la deposició global, dels quals 8.0 kg/ha corresponen al $\text{NO}_3\text{-N}$, 11.9 al $\text{NH}_4\text{-N}$, i 4.8 al N orgànic (calculat a partir de les dades de Matzner et al. 1982 per al període 1969-1979). Rapp (1969) trobà una mitjana de 14.0 kg/ha/any de N Kjeldahl dissolt (NH_4 més N orgànic dissolt) al sud de França. No és imprudent multiplicar per 3 els aportats de $\text{NO}_3\text{-N}$ mesurats al Montseny per a obtenir una estimació del N total a la deposició global. Fent-ho així, i recordant que els aportats de $\text{NO}_3\text{-N}$ equivalen ja al 39% de l'acumulació anual en la mineralomassa aèria, veiem que la deposició global podria ser l'origen de la major part del N actualment present en la biomassa del bosc. El possible paper de la fixació biològica de N_2 en aquest ecosistema és desconegut.

Els aportats atmosfèrics de P als ecosistemes terrestres acostumen a ser petits (taula 6.14). No obstant, un recull de dades sobre entrades isortides de P en diverses conques forestals de Nord-amèrica i Oceania (Likens et al. 1977) indica clarament que en els boscos no alterats les entrades en la precipitació superen a les pèrdues en les aigües de drenatge, en la major part dels casos.

7. QUIMISME I FLUXOS DE NUTRIENTS
EN EL TRASCOL

7.1 Variabilitat del mostratge

En la taula 7.1 es donen les mitjanes de les variabilitats obtingudes en els períodes de recollida en que s'utilitzaren les mitjanes ponderades de les concentracions en els col·lectors de trascol, analitzats individualment. Aquestes variabilitats reflecteixen bàsicament l'heterogeneïtat espacial del quimisme del trascol, però incorporen també els efectes dels errors analítics i d'altres fonts de variació.

Els paràmetres analitzats s'ordenen de la manera següent, segons les seves variabilitats relatives (mitjana dels percentatges de l'error estàndar respecte la mitjana de cada període de recollida) en el mostratge de les concentracions del trascol (taula 7.1):

LC : Conduct. \approx Cl \approx NO₃ \approx Na \approx Ca < Mg < H \approx K < PO₄

SFF : Conduct. \approx Ca \approx Cl \approx Na < Mg < NO₃ \approx K < H < PO₄

SFA : Conduct. < Cl < Mg \approx Ca \approx NO₃ \approx Na < K < PO₄ < H

La conductivitat tingué la menor variabilitat espacial en tots tres boscos, indicant que les variabilitats espacials dels diferents ions es contrarresten lleugerament. Altres característiques comunes als tres llocs són la variabilitat relativament baixa del Cl, i les variabilitats relativament altes de K, H, i PO₄. En cada bosc hi hagué un grup d'ions amb variabilitats relatives mitjanes molt semblants. Per exemple, a l'alzinar la del Cl és de 12.5%, i la del Ca 12.8%. Sodi i Ca formaren part d'aquest grup en tots tres boscos.

En contrast amb les ordenacions anteriors, H i PO_4 foren els ions de menor variabilitat absoluta: en tots tres boscos la mitjana dels seus errors estàndar va ser $<2 \mu\text{eq H/L}$ i $<3 \mu\text{eq } PO_4/\text{L}$ (taula 7.1).

A la fageda, la variabilitat espacial fou considerablement menor durant el període hivernal que quan el faig tenia fulla. La variabilitat en la fageda foliada fou més petita que en l'alzinar i l'avetosa.

En conjunt, les variabilitats de mostrejatge obtingudes són bastant satisfactòries a la fageda, però no tant a l'alzinar i a l'avetosa (taula 7.1). Hagués sigut molt desitjable de reduir a la meitat les variabilitats de mostrejatge en aquests dos boscos, però això hagués implicat quadruplicar els col·lectors de trascol en cada bosc. Cap dels ions analitzats en aquest estudi donà, però, una mitjana dels percentatges de l'error estàndar respecte de la mitjana superior al 19% i una mitjana dels errors estàndar superior a $3 \mu\text{eq/L}$ (taula 7.1).

Taula 7.1 Variabilitat de mostratge en el quimisme del trascol

Es donen les mitjanes de (1) les mitjanes ponderades, (2) els errors estàndar, i (3) els percentatges dels errors estàndar respecte de la mitjana, obtingudes durant n períodes de recollida en els que s'analitzaren separatament els 5 (SFF i SFA) ó 8 (LC) col·lectors de trascol de cada parcel·la. Les xifres tabulades no tenen sentit estadístic sinó només descriptiu. Conductivitat en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C. Concentracions en $\mu\text{eq}/\text{L}$.

LLOC	n	COND	H*	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
Alzinar	n	13	20	22	22	22	22	12	9	8
(LC)	(1)	43.1	5.77	69.7	114.3	202.0	63.5	48.1	52.1	13.1
	(2)	5.3	0.91	8.6	23.9	24.1	9.0	5.8	6.3	2.7
	(3)	12.2	17.6	12.7	17.9	12.8	15.0	12.6	12.5	24.2
Fageda	n	13	13	13	13	13	13	13	13	8
(SFF)	(1)	45.4	4.34	39.2	60.4	223.2 ¹	42.0	56.5	55.4	6.2
	(2)	4.3	0.72	3.4	7.3	23.6	5.0	7.4	4.6	1.6
	(3)	8.1	20.2	8.9	12.5	8.7	10.9	12.5	8.7	22.8
Avetosa	n	7	7	7	7	7	7	7	7	4
(SFA)	(1)	79.6	8.2	75.0	147.8	372.9	64.6	104.2	117.1	8.0
	(2)	11.9	1.9	13.9	27.6	63.9	11.4	15.4	19.5	1.5
	(3)	14.6	25.5	17.9	18.9	17.4	17.3	17.6	16.2	20.6

* calculat a partir dels pHs.

Taula 7.2 Composició mitjana del trascol a tres boscos del Montseny

Es dona la composició mitjana ponderada per volum del trascol soluble a les 3 parcel·les experimentals estudiades: alzinar muntanyenc de La Castanya, fageda de Santa Fe, i avetosa de Passavets. Els valors són pel trascol brut i, per tant, inclouen la contribució de la deposició global. A l'alzinar, es donen els resultats per a dos períodes anuals, i per al conjunt dels dos. Les dades de la fageda inclouen totes les fases fenològiques del faig. Conductivitat referida a 20 °C. Els pHs es transformaren a concentracions d'hidrogenions, aquestes es ponderaren per volum, i el resultat es reconvertí a pH.

LLOC	TRASCOL	COND	pH	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄	Σ+	
		mm any ⁻¹	μS cm ⁻¹										
												μeq L ⁻¹	
Alzinar ¹	1979	658	36.8	5.28	5.3	38.3	67.4	121.8	39.4	33.1	59.9 ⁴	12.0 ⁴	272.1
	1980	468	46.4	4.92	12.0	38.7	113.7	139.5	53.6	34.5	64.4	12.4	357.6
	1979-80	565	41.3	5.10	8.0	38.5	86.1	128.9	45.2	33.7	61.7 ⁵	12.1 ⁵	306.7
Fageda ²		858	38.3	4.86	13.9	43.7	39.7	138.1	30.2	43.9	56.5	2.31	265.6
Avetosa ³		1014	61.1	4.74	18.0	63.5	91.9	280.0	49.4	75.4	84.0	1.92	502.8

¹ 1979: 16-12-78 a 31-12-79; 1980: 1-1-80 a 29-12-80; 1979-80: 16-12-78 a 29-12-80.

² 3-6-79 a 4-2-81.

³ 4-8-79 a 1-8-80.

⁴ dades només des del 17-6-79. Les concentracions anteriors a aquesta data s'han estimat per regressió amb els cations metàl·lics pel Cl, i amb el K ó la quantitat de trascol pel PO₄. Les mitjanes mesurades entre el 17-6-79 i el 31-12-79 són 52.1 μeq/L pel Cl, i 15.6 μeq/L pel PO₄.

⁵ com la nota anterior; les mitjanes mesurades entre el 17-6-79 i el 29-12-80 són 59.1 μeq/L pel Cl, i 13.5 μeq/L pel PO₄.

7.2 Les concentracions mitjanes en el trascol

7.2.1 Característiques generals

La composició mitjana ponderada per volum del trascol en els tres boscos estudiats es pot veure a la taula 7.2

Entre els ions analitzats, i en termes d'equivalents, el més abundant a tots tres llocs és el Ca, seguit a distància pel K a l'alzinar i l'abetosa, però pel Cl a la fageda. L'ordre de concentracions és (taula 7.2):

LC : Ca > K > Cl > Mg > Na > NO₃ > PO₄ > H

SFF : Ca > Cl > NO₃ ≈ Na > K > Mg > H > PO₄

SFA : Ca > K > Cl > NO₃ > Na > Mg > H > PO₄

En l'ordenació anterior, la fageda i l'abetosa difereixen només per la posició del K. L'alzinar i l'abetosa difereixen en les posicions de Mg, NO₃, PO₄, i H. L'alzinar i la fageda són els menys semblants.

En el total dels ions analitzats, el trascol de l'abetosa és molt més concentrat que el de l'alzinar, i aquest una mica més que el de la fageda. Això es reflecteix en les conductivitats mitjanes (taula 7.2) i també en la suma dels 5 cations analitzats (darrera columna de la taula 7.2) que, tot i mancant l'amoni, indica la força catiònica mitjana del trascol en els diferents boscos. Segons aquesta suma, el

trascol de l'avetosa és un 64% més concentrat que el de l'alzinar, i un 89% més que el de la fageda; el de l'alzinar és un 15% més concentrat que el de la fageda.

Individualment considerades, les concentracions mitjanes de tots els ions analitzats són molt més altes a l'avetosa que a la fageda, excepte la de PO_4 que és major a la fageda (taula 7.2). En 14 ó 15, segons els ions, dels 16 períodes de recollida disponibles a l'avetosa, les concentracions foren majors en aquest bosc que a la fageda; el corresponent test de Wilcoxon per les observacions aparellades dóna molt significatiu ($p < 0.01$) per a tots els ions (PO_4 exclòs). Contràriament al que es podria pensar, les comptades ocasions en que la concentració fou major a la fageda, no necessàriament les mateixes per als diferents ions, tingueren lloc a l'hivern quan el faig no tenia fulla.

La concentració mitjana de PO_4 és molt més gran a l'alzinar que a l'avetosa; les dels altres ions són molt majors a l'avetosa, excepte les de K i Mg que són només lleugerament majors que a l'alzinar (taula 7.2).

Les concentracions mitjanes de K i PO_4 són molt més grans a l'alzinar que a la fageda, i la de Mg un 50% més gran; la de Cl és lleugerament major a l'alzinar; les de H, Na, Ca, i NO_3 són majors a la fageda (taula 7.2).

7.2.2 Comparació amb la deposició global

En tots tres boscos, les concentracions mitjanes de tots els ions analitzats, excepte les de H, són majors en el trascol que en la deposició global dels llocs respectius (taules 6.2 a 6.4, i 7.2).

L'enriquiment iònic en el trascol es podria expressar en termes absoluts com la diferència entre les concentracions en el trascol i en la deposició global. El significat d'aquests enriquiments absoluts varia però segons quina sigui la diferència entre la quantitat d'aigua de trascol i de precipitació, i segons quina sigui la magnitud de les concentracions. Per aquests motius, és millor utilitzar els aports nets com a mesura directa de la quantitat de nutrients rentats de les capçades (apartat 7.4).

Una altra manera, utilitzada sovint en la bibliografia, de reflectir l'augment de concentració en el trascol és l'enriquiment relatiu: el quocient entre les concentracions en el trascol i en la deposició global. Els factors d'enriquiment depenen molt de les concentracions en la deposició global. En particular, els ions que es troben en concentracions molt baixes en la deposició global fàcilment donaran enriquiments relatius molt alts, encara que les quantitats que es renten de les capçades siguin només moderades. Aquest és sovint el cas del PO_4 , per exemple. Malgrat l'anterior observació, els factors d'enriquiment no deixen de tenir certa utilitat descriptiva i comparativa. L'ordre d'enriquiments

relatiu en les mitjanes ponderades dels boscos estudiats és:

LC : K > PO₄ >> Mg > Cl ≈ Ca > NO₃ ≈ Na > F

SFF : K >> PO₄ > Ca ≈ Mg ≈ NO₃ > Cl ≈ Na > H

SFA : K >> PO₄ > Ca > Mg > NO₃ > Cl ≈ Na > H

La ordenació anterior és idèntica a la fageda i a l'ave-tosa, i semblant, amb algunes variacions, a l'alzinar. El K, és l'ió de major enriquiment relatiu en els tres boscos, i augmenta la seva concentració respecte de la deposició global 24 vegades a LC, 13 a SFF, i 36 a SFA. En l'extrem oposat, el Na només augmenta 1.65 vegades a LC, 1.71 a SFF, i 3.53 a SFA. Els factors d'enriquiment de l'H són inferiors a 1. Els enriquiments relatius per a la suma dels 8 ions analitzats són: LC 2.54, SFF 2.20, i SFA 4.07. És a dir, a l'alzinar i a la fageda la concentració iònica del trascol és més del doble de la de la deposició global, però a l'ave-tosa ho és més del quàdruple.

Amb l'excepció del H, tots els enriquiments relatius d'aquest estudi són bastant o molt majors que els esperables pel simple efecte d'evaporació des de les capçades. Per exemple, el factor d'enriquiment degut a les pèrdues per interceptació a l'alzinar seria només de 1.32, suposant que l'escolament cortical fos un 10% de la precipitació anual i que els aports incidents es repartissin proporcionalment a la quantitat d'aigua de trascol i d'escolament cortical.

SFF

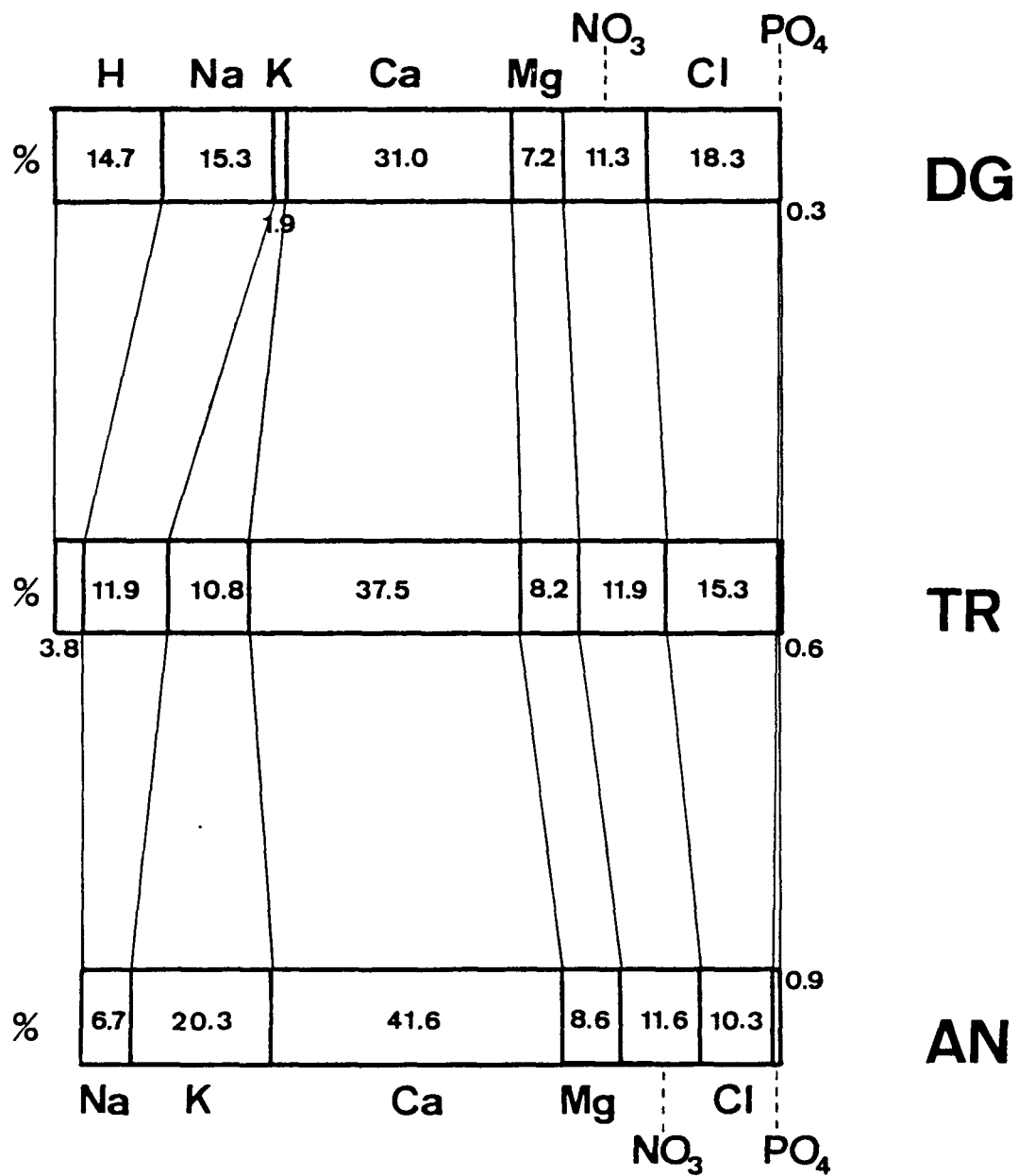


Figura 7.2 Fageda de Santa Fe: com la figura 7.1 .
Dades de 3-6-79 a 4-2-81 .

SFA

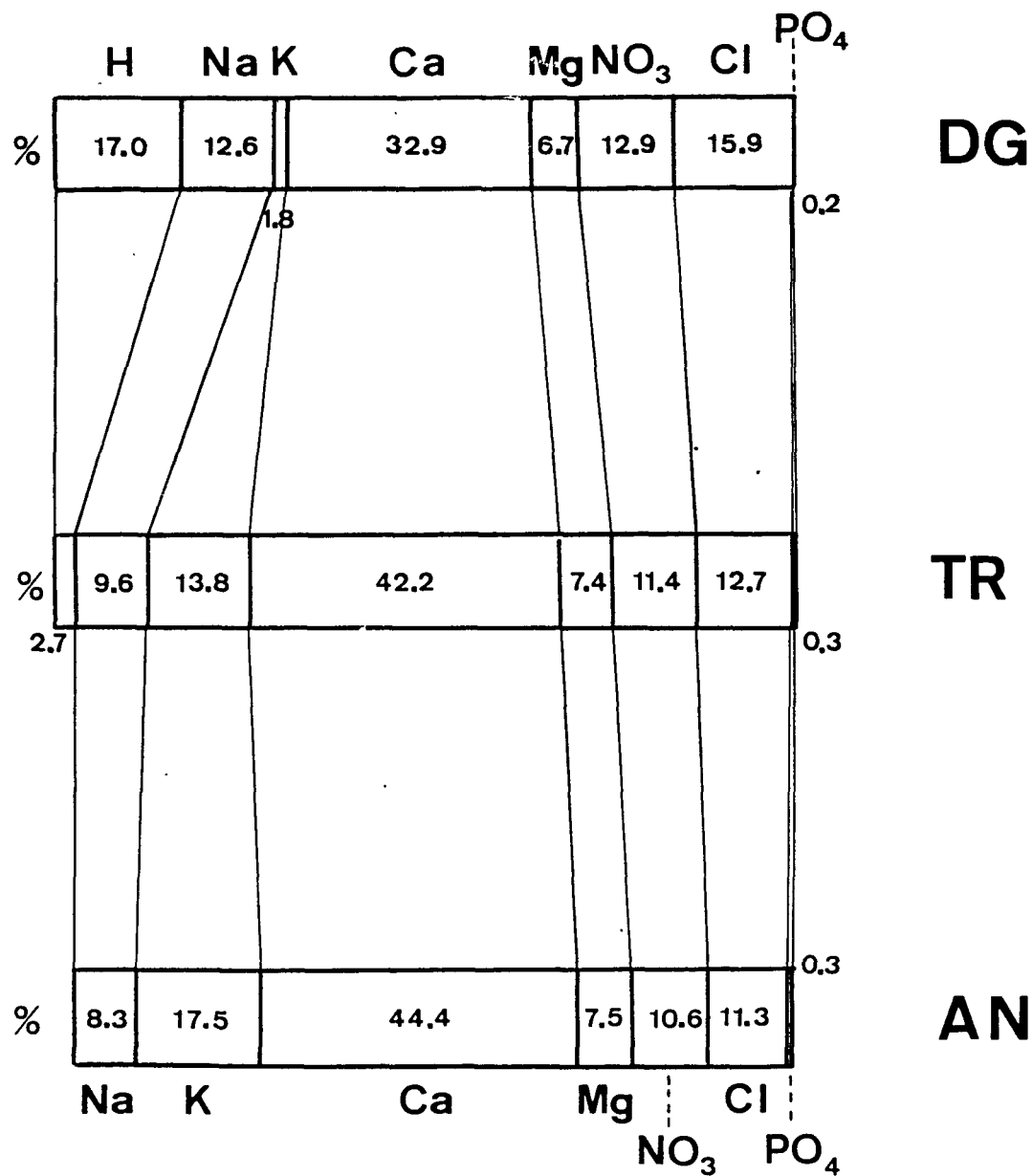


Figura 7.3 Avetosa de Passavets: com la figura 7.1 .
 Dades de 4-8-79 a 1-8-80 .

El fet de que els enriquiments relatius variïn segons els ions implica que les proporcions iòniques del trascol difereixen de les de la deposició global. En les figures 7.1 a 7.3 es representen els percentatges de cada ió en el total d'equivalents dels ions analitzats al trascol i a la deposició global de cada bosc. Respecte de la deposició global, els canvis més importants en el trascol són un gran augment en la proporció de K, i una gran disminució en la de H; Na i Cl disminueixen moderadament; el Ca disminueix a l'alzinar, però augmenta a la fageda i a l'avetosa; Mg i NO_3 es mantenen o augmenten o disminueixen lleugerament, segons els boscos; el PO_4 augmenta, especialment a l'alzinar.

7.3 Els aports anuals bruts

Els aports anuals en el trascol brut dels tres boscos estudiats estan a la taula 7.3.

Els aports bruts a l'avetosa són molt elevats, i molt superiors als de l'alzinar i de la fageda, excepte els de PO_4 (taula 7.3).

Els aports bruts de H, Na, Ca, NO_3 , i Cl són bastant o molt superiors a la fageda que a l'alzinar; els de K i PO_4 són bastant més grans a l'alzinar; els de Mg són gairebé idèntics als dos llocs.

Podem considerar que les substàncies contingudes en el trascol representen la suma de la deposició global i del rentat de les capçades o aports nets (encara que, metodològicament, siguin aquests els que es calculen per diferència dels altres dos). Les propietats del trascol brut seran doncs intermitges entre les de la deposició global i les del trascol net. Quan ens interessin els processos en les capçades caldrà considerar el trascol net, mentre que quan ens interressi la solució que arriba al terra del bosc, independentment de l'origen dels nutrients que conté, caldrà considerar el trascol brut.

Tradicionalment, s'ha utilitzat la deposició global com a mesura dels aportats atmosfèrics als ecosistemes terrestres, tant en els estudis de conques com en els de parcel·les. Ara bé, com els boscos capturen gasos i aerosols amb molta més eficàcia que els col·lectors de deposició global (Eaton et al. 1978, Graustein 1978), aquesta pot subestimar seriosament les entrades de nutrients atmosfèrics. Els aportats en el trascol brut poden sobreestimar-les degut a la lixiviació. Per a aquells llocs i nutrients en que la major part del rentat de les capçades provingui de deposició seca, els aportats bruts en el trascol (o en el trascol més l'escolament cortical), donaran una millor estimació de les entrades atmosfèriques que la deposició global. Aquesta interpretació dels aportats bruts ha estat proposada per Mayer i Ulrich (1980), que l'aplicaren als boscos de Solling. El dilema entre considerar o no els aportats bruts com a entrades atmosfèriques està evidentment subordinat al discutit origen dels nutrients en els aportats nets, tema que tractarem a l'apartat 7.8. En el cas general, el que es pot dir és que les entrades atmosfèriques (excloent la fixació de N_2), queden acotades pels aportats en la deposició global i els aportats en el trascol més l'escolament cortical. L'interval així definit és de vegades relativament estret. Per exemple, els aportats atmosfèrics a l'alzinar (sense disposar de l'escolament cortical) estan dintre dels següents límits (kg/ha/any): Na 4.60-4.99, Ca 10.50-14.60, Mg 1.30-3.10. (Taules 6.2 i 7.3). En d'altres casos l'interval és massa ample per a tenir utilitzat. Per exemple, a l'avetosa obtenim (kg/ha/any): Na 4.93-14.89, Ca 11.12-56.99, Mg 1.38-6.08. (Taules 6.4 i 7.3).

Taula 7.4 Aports nets en el trascol de tres boscos del Montseny

Es donen els aports nets en el trascol soluble a les 3 parcel·les experimentals estudiades al Montseny: alzinar muntanyenc de La Castanya, fageda de Santa Fe, i avetosa de Passavets. Aquests aports són la diferència dels aports bruts en el trascol i dels aports en la deposició global. Les dades de la fageda inclouen totes les fases fenològiques del faig. Els aports de H estan calculats a partir dels pHs. Les dates dels períodes considerats es poden veure a la taula 7.2.

LLOC	TRASCOL	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
	mm any ⁻¹				meq m ⁻²	any ⁻¹			
Alzinar	565	-8.43	1.70	45.6	20.4	14.8	2.89	11.1*	6.33*
Fageda	858	-14.4	10.1	30.7	63.1	13.1	17.5	15.7	1.40
Avetosa	1014	-10.6	42.9	90.1	228.1	38.7	54.5	58.1	1.67
					kg ha ⁻¹	any ⁻¹			
Alzinar	565	-0.084	0.390	17.8	4.09	1.80	0.406	3.94*	0.654*
Fageda	858	-0.144	2.33	12.0	12.6	1.59	2.46	5.57	0.144
Avetosa	1014	-0.106	9.86	35.2	45.7	4.70	7.64	20.6	0.172

* dades només des del 17-6-79. Els valors aquí donats són la diferència dels de les taules 7.3 i 7.2. (vegi's les notes al peu d'aquestes taules).

7.4 Els aportats anuals nets

7.4.1 Característiques generals

Els aportats anuals en el trascol net dels tres boscos estudiats estan a la taula 7.4. Aquests aportats nets s'han calculat fent la diferència entre els aportats bruts i els aportats en la deposició global.

Tots els aportats anuals nets mesurats han resultat positius, excepte els de H que són negatius als tres boscos (taula 7.4). L'ordenació dels ions analitzats segons els seus aportats anuals nets, en equivalents, és (taula 7.4):

Alzinar	:	K	>	Ca	>	Mg	>	Cl	>	PO ₄	>	NO ₃	>	Na	>>	H
Fageda	:	Ca	>	K	>	NO ₃	>	Cl	>	Mg	>	Na	>>	PO ₄	>>	H
Avetosa	:	Ca	>	K	>	Cl	≈	NO ₃	>	Na	>	Mg	>>	PO ₄	>>	H

L'ordenació és molt semblant a la fageda i a l'avetosa, però força diferent a l'alzinar.

L'avetosa es destaca clarament dels altres dos boscos pels seus aportats nets molt elevats per a tots els ions, excepte H i PO₄ (taula 7.4). El total d'equivalents del aportats anuals nets (excloent el H) a l'avetosa és 3.39 vegades més gran que a la fageda, i 5.00 vegades més gran que a l'alzinar; a la fageda és 1.47 vegades més gran que a l'alzinar. Les dades de la taula 7.2 ens diuen que la diferència entre els aportats nets de l'avetosa i de la fageda deriva sobretot de la

diferència de concentracions, mentre que la diferència entre la fageda i l'alzinar deriva principalment de les respectives quantitats de trascol.

L'alzinar es caracteritza per tenir aportos nets relativament grans de PO_4 , relativament petits de Ca, i molt petits de Na i NO_3 (taula 7.4).

La fageda no destaca per tenir aportos nets especialment alts o baixos dels ions analitzats. Els aportos nets de K són només moderats, i els de H són els més negatius dels tres boscos (taula 7.4).

7.4.2 Els aportos nets a la fageda segons la fenologia del faig

Hem dividit els períodes de recollida a la fageda en tres fases fenològiques:

1. fase estival, o de fulla madura
2. fase de fulla senescent
3. fase hivernal o defoliada

A la taula 7.5 es donen les dates utilitzades per a la delimitació de les fases, junt amb les pluviositats respectives. La primera quinzena de maig 1980 la hem considerat de brotada, transicional entre les fases hivernal i estival, i no la hem inclosa en cap de les dues. El nombre de perío-

des de recollida per a cada fase és bastant reduït (taula 7.5), sobretot en la fase senescent. No obstant, per a les fases estivals i senescent les dades abarquen dos cicles anuals complets, i per a la hivernal un i mig (taula 7.5).

Hem calcular el total d'aports nets en el trascol per a cada ió en cada fase, i la hem expressat com una taxa anual (taula 7.6).

La fase estival destaca de les altres dues per tenir aports nets elevats de Ca, NO_3 , i (relativament) de PO_4 ; té també aports alts de K i Mg. La taxa d'aports nets a la fageda estival segueix però essent molt inferior a la de l'avetosa (taula 7.4), excepte en PO_4 .

La fase senescent es caracteritza per aports nets alts de Na, K, i Cl, i baixos de PO_4 i (relativament) de NO_3 (taula 7.6).

Durant la fase hivernal, els aports nets de tots els ions analitzats són baixos, però no insignificants (taula 7.6). Per exemple, la taxa d'aports nets de Na i NO_3 a la fageda hivernal és major que la de l'alzinar (taula 7.4).

La suma dels aports nets dels ions analitzats, en equivalents, és pràcticament idèntica a les fases estival i senescent, però molt menor a la hivernal (taula 7.6).

Taula 7.5 Dades de les fases fenològiques utilitzades a la fageda de Santa Fe

Es doren (1) el nombre de períodes de recollida, (2) el nombre total de dies de mostrejatge, (3) el total de trascal recollit (mm), (4) el trascal per dia (mm/dia), i (5) les dates utilitzades per a definir les fases.

FASE	PERIODES DIES	TRASCOL TOTAL	TRASCOL /DIA	D A T E S
Estival	11	484.5	1.82	3-6-79 a 6-10-79; i 15-5-80 a 1-10-80
Senescent	5	321.4	4.46	7-10-79 a 2-11-79; i 2-10-80 a 15-11-80
Hivernal	11*	574.8	2.19	3-11-79 a 1-5-80; i 16-11-80 a 4-2-81
Brotada	1	59.5	4.58	2-5-80 a 14-5-80
TOTAL	28	1440.2	2.35	3-6-79 a 4-2-81

* només hi hagué precipitació en 9 dels 11 períodes.

Taula 7.6 Aports nets en el trascol de la fageda de Santa Fe, per fases fenològiques

Es donen els aports nets en el trascol soluble (calculats com a diferència entre els aports bruts en el trascol i els aports en la deposició global) per a les diferents fases fenològiques del faig, expressats com a taxes anuals. Els aports d'hidrogenions estan calculats a partir del pH.

FASE	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄	Σ*
	----- meq m ⁻² any ⁻¹ -----								
Estival	-15.8	10.8	35.3	121.5	22.5	28.9	15.1	2.74	236.6
Senescent	-20.9	29.0	89.5	42.4	18.0	8.17	48.8	0.359	236.1
Hivernal	-8.06	4.18	9.02	9.90	1.85	8.66	7.67	0.355	41.6
Tot l'estudi	-14.4	10.1	30.7	63.1	13.1	17.5	15.7	1.40	151.7
	----- kg ha ⁻¹ any ⁻¹ -----								
						NO ₃ -N		PO ₄ -P	
Estival	-0.158	2.48	13.8	24.3	2.73	4.05	5.37	0.283	--
Senescent	-0.209	6.66	35.0	8.49	2.19	1.14	17.3	0.037	--
Hivernal	-0.081	0.960	3.53	1.98	0.224	1.21	2.72	0.037	--
Tot l'estudi	-0.144	2.33	12.0	12.6	1.59	2.46	5.57	0.144	--

* suma dels equivalents de tots els ions analitzats, excepte H.

7.4.3 Proporcions iòniques en els aportos anuals nets

7.4.3.1 Percentatges iònics

A les figures 7.1 a 7.3 es representen els percentatges de cada ió respecte del total d'equivalents en els aportos en el trascol net (excloent l'ió hidrogen, què té aportos anuals nets negatius).

Les diferències respecte de les proporcions en la deposició global són les mateixes que hem comentat en parlar de les concentracions al trascol (apartat 7.2.2), però més accentuades (figs. 7.1 a 7.3).

Es remarcable la semblança que hi ha entre els percentatges iònics en els aportos nets de la fageda i de l'avetosa: cap dels ions analitzats té percentatges gaire diferents en un i altre lloc (figs. 7.2 i 7.3), excepte el PO_4 en termes relatius (però aquest ió constitueix menys del 1% del total).

Es a dir, les precipitacions renten de les capçades de l'avetosa molts més nutrients que de les de la fageda (taula 7.4), però ho fan en les mateixes proporcions per als diferents ions analitzats.

Els percentatges iònics en els aportos nets de l'alzinar són força diferents que els de la fageda i de l'avetosa (figs. 7.1 a 7.3). Les importàncies relatives del K i del Ca estan invertides a l'alzinar respecte dels altres dos

boscós: a l'alzinar, el K representa el 44%, i el Ca el 20%, del total d'equivalents analitzats en els aportats nets; a la fageda i a l'avetosa, el K representa el 18-20%, i el Ca el 42-44%. Ultra aquests dos ions, els aportats anuals nets de l'alzinar es diferencien dels de la fageda i de l'avetosa per una major proporció de Mg i PO_4 , i per una proporció molt menor de Na i NO_3 . El Cl és l'únic dels ions analitzats que té percentatges semblants en els aportats nets de tots tres boscós (figs. 7.1 a 7.3).

A la fageda, les proporcions iòniques poden diferir segons les fases fenològiques. La fase estival es caracteritza per un gran predomini del Ca (que ell sol constitueix el 51% del total d'equivalents analitzats en els aportats nets), i per proporcions baixes de Na, K, i Cl. La fase senescent es destaca per proporcions elevades de K i, en menor grau, de Cl; les proporcions de NO_3 i PO_4 són molt baixes. A la fase hivernal hi ha un domini molt repartit: K, Ca, NO_3 , i Cl representen cadascun, aproximadament, un 20% dels aportats nets (vegi's taula 7.6).

7.4.3.2. Quocients iònics

A la taula 7.7 es poden veure alguns quocients iònics en els aportats anuals nets de cada bosc, i en les tres fases fenològiques de la fageda.

Reflectint el que comentàvem en l'apartat anterior, els quocients iònics en els aportats anuals nets de la fageda i de l'abetosa són molt semblants entre sí, mentre que els de l'alzinar són molt diferents. Els quocients Mg/Cl, Mg/Na, Ca/Na, Ca/NO₃, i K/Mg són bastant o molt majors a l'alzinar que a la fageda i a l'abetosa; els quocients Na/Cl, Na/K, i Ca/Mg són molt menors a l'alzinar (taula 7.7).

Els canvis estacionals en els quocients iònics a la fageda reflecteixen també els comentaris fets a 7.4.3.1. Per a cadascun dels quocients iònics triats a la taula 7.7, una de les fases fenològiques del faig es destaca clarament de les altres dues, i pot ser qualsevol de les tres segons el parell d'ions que es consideri. En conjunt, però, la fase senescent té unes proporcions iòniques més semblants a la fase hivernal que a l'estival (taula 7.7), cosa que resulta una mica sorprenent. La situació contrària (més afinitat entre les fases senescent i estival) es produeix amb la suma total dels aportats nets (taula 7.6).

Els quocients iònics en els aportats anuals nets són en general diferents dels de la deposició global (taules 6.6 i 7.7). El canvi més dràstic l'experimenta el quocient Na/K que passa de 6.5-8.1 (en equivalents) en la deposició global a 0.04-0.48 en els aportats nets. En tots tres boscos, els quocients Mg/Cl, Mg/Na, Ca/Na, i Ca/NO₃ són més grans en els aportats nets que en la deposició global, essent l'augment molt més gran a l'alzinar que als altres dos boscos. El quocient Ca/Mg puja a la fageda i a l'abetosa, però baixa molt

a l'alzinar. El quocient Na/Cl baixa a tots tres boscos, moderadament a la fageda i a l'avetosa, dràsticament a l'alzinar.

Taula 7.7 Quocients iònics en els aportats nets en el trascol de tres boscos del Montseny

Es donen alguns quocients iònics, en termes d'equivalents, en els aportats nets en el trascol soluble (calculats com a diferència entre els aportats bruts en el trascol i els aportats en la deposició global) a les 3 parcel·les experimentals estudiades: alzinar muntanyenc de La Castanya, fageda de Santa Fe, i avetosa de Passavets.

LLOC	Na/Cl	Mg/Cl	Mg/Na	Na/K	Ca/Na	Ca/Mg	Ca/NO ₃	K/Mg
Alzinar	0.153	1.333	8.741	0.037	12.046	1.378	7.062	3.075
Avetosa	0.738	0.665	0.901	0.476	5.316	5.901	4.183	2.330
Fageda								
Tot l'estudi	0.646	0.835	1.292	0.330	6.214	4.810	3.598	2.344
Estival	0.712	1.484	2.083	0.305	11.247	5.399	4.195	1.571
Senescent	0.594	0.369	0.621	0.323	1.463	2.355	5.186	4.977
Hivernal	0.545	0.241	0.442	0.463	2.369	5.359	1.143	4.885

7.5 Variació temporal

En les figures 7.4 a 7.27 es poden veure les concentracions, els aportos bruts, i els aportos nets en el trascol de cada període de recollida en els boscos estudiats. Les dades numèriques per a les concentracions són a l'apèndix nº. 2. No reproduïm la variació temporal dels aportos bruts a l'ave-tosa, perquè és gairebé idèntica a la dels aportos nets (ex-cepte per l'H); això es deu a que els aportos nets de l'ave-tosa són molt majors que els aportos incidents.

7.5.1 Variació de les concentracions

En general, totes les variables analitzades tendeixen a donar valors alts a l'estiu i baixos a l'hivern en tots tres boscos. Aquesta variació estacional està millor defini-da per al pH, K, Ca, Mg, i PO_4 que per al Na, NO_3 , i Cl (figs. 7.4 a 7.12). Segons els ions i els llocs, els màxims estivals en les concentracions poden derivar-se de la migra-da de les precipitacions (vegi's apartat 7.6) o de màxims estivals en els aportos bruts (apartat 7.5.2).

7.5.2 Variació dels aportos bruts

Numèricament parlant, els aportos bruts en el trascol (figs. 7.13 a 7.18) reflecteixen de manera combinada la va-riació de les concentracions i de la quantitat de trascol. En general, els aportos bruts tenen una variació estacional

menys clara que les concentracions. Només K i PO_4 a tots tres boscos, i Ca i (en general) Mg a la fageda mantenen màxims estivals i mínims hivernals ben definits en els aportats bruts.

Alguns períodes de pluviositat elevada donaren pics molt grans d'aports bruts: gener 1979 a l'alzinar, febrer 1980 a la fageda i a l'avetosa (i en part a l'alzinar). Al febrer del 1980, amb precipitació molt abundosa, es produí un contrast acusat entre la fageda i l'avetosa: a l'avetosa tots els ions (excepte PO_4) tingueren màxims molt importants en els aportats bruts; a la fageda només els pics de H, Na, Mg, i Cl destacaren netament, el de NO_3 destacà menys, i els de K, Ca, i PO_4 , gens (figs. 7.16 a 7.18).

A tots tres boscos, els pics de Na i Cl en els aportats bruts indiquen bé els períodes de major influència marítima (veure apartat 6.6).

7.5.3 Variació dels aportats nets

7.5.3.1 L'alzinar

Na:

Excepte durant els 3 primers mesos de l'estudi, els aportats nets de Na es mantingueren sempre petits, i no manifestaren cap variació estacional ni pics ocasionals (fig. 7.19 b). En aquest darrer aspecte, diferiren radicalment dels aportats

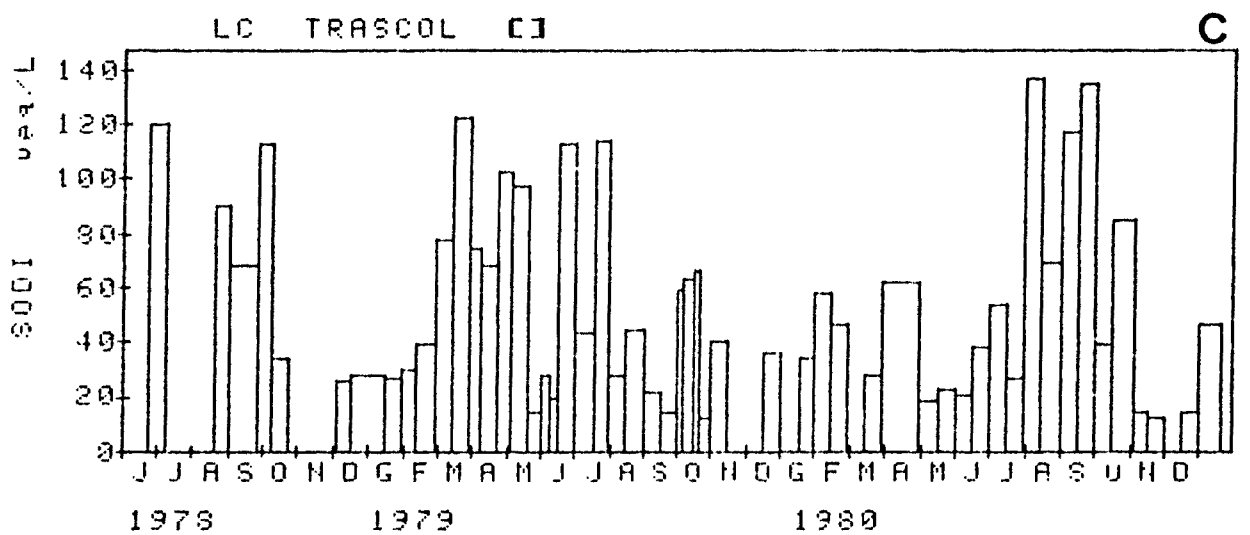
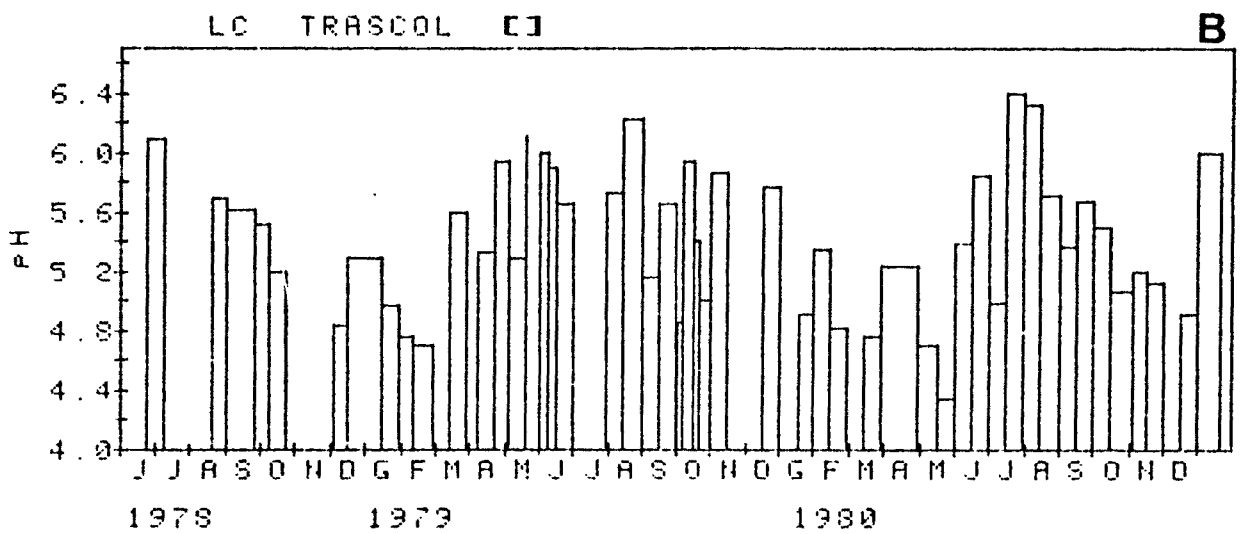
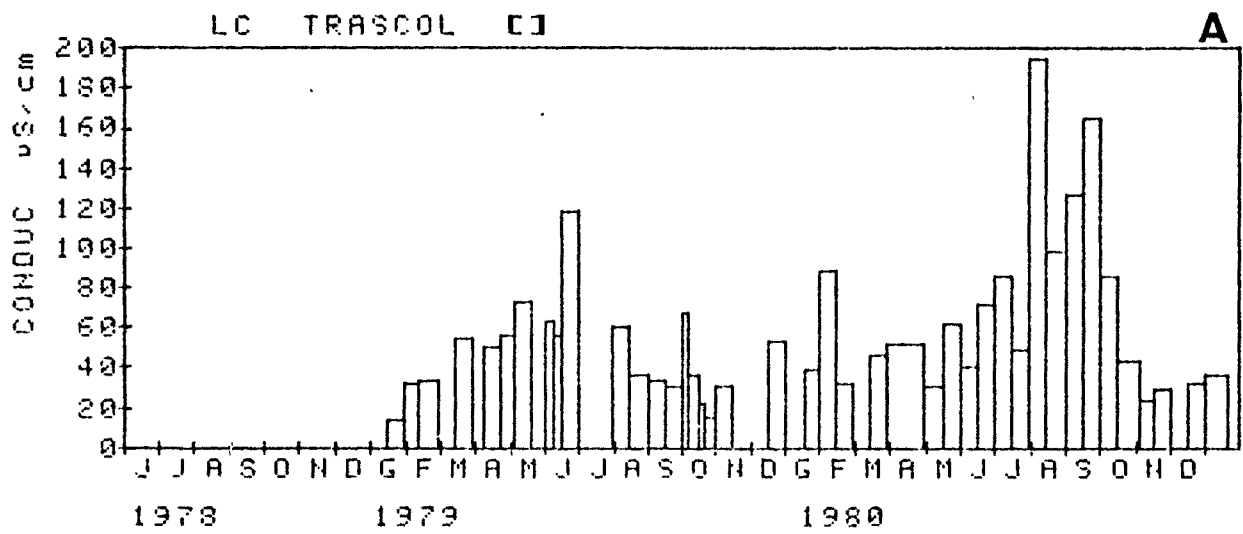


Figura 7.4 Quimisme del trascal brut de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.
 (A) conductivitat a 20 °C
 (B) pH
 (C) concentració de sodi soluble

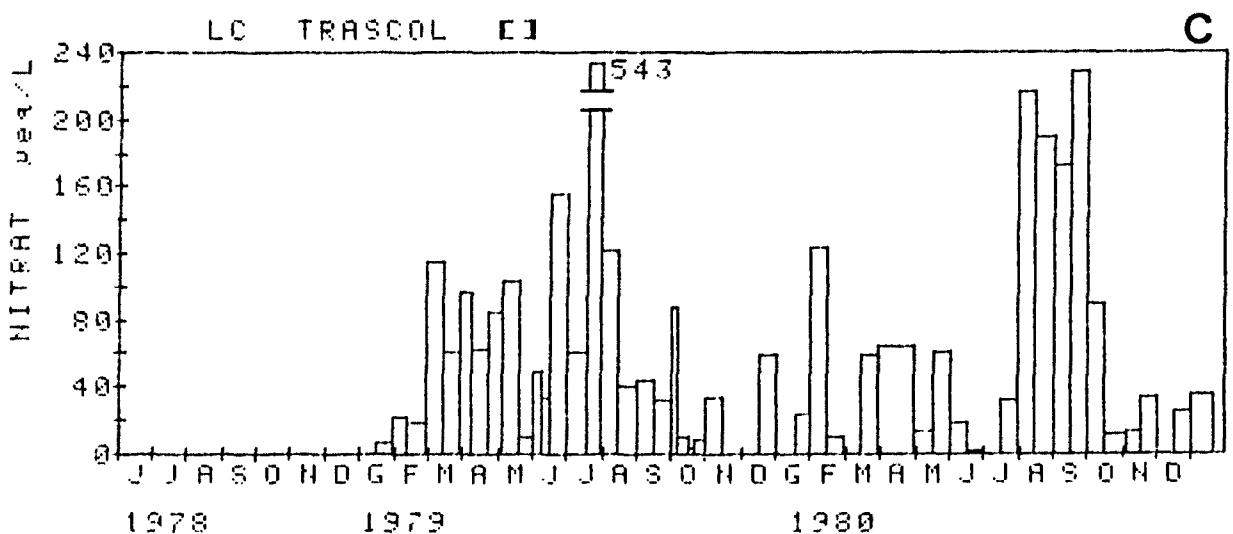
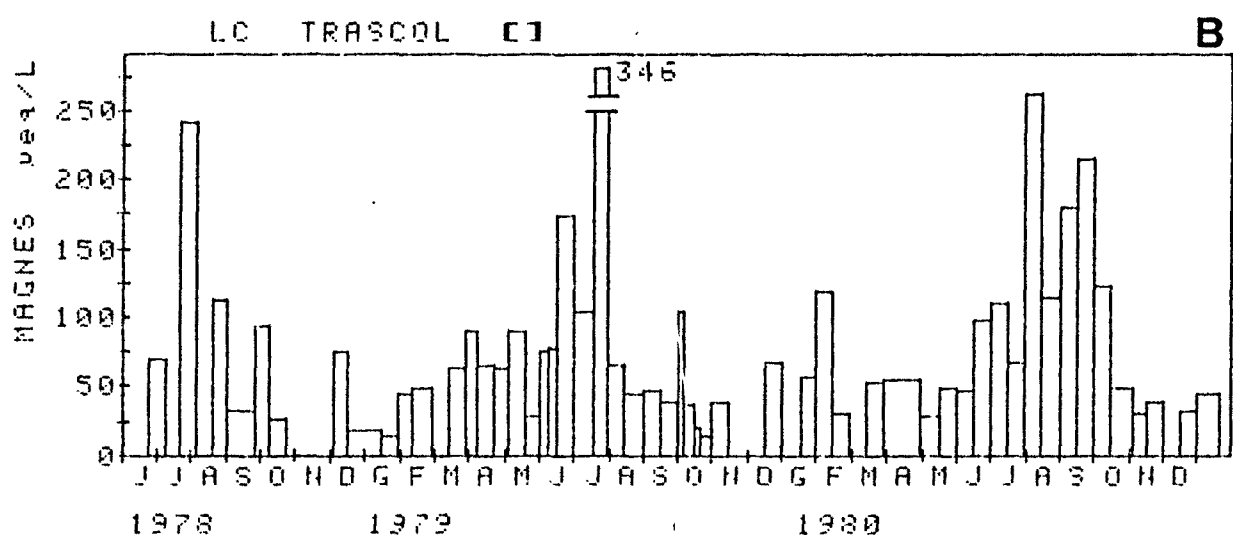
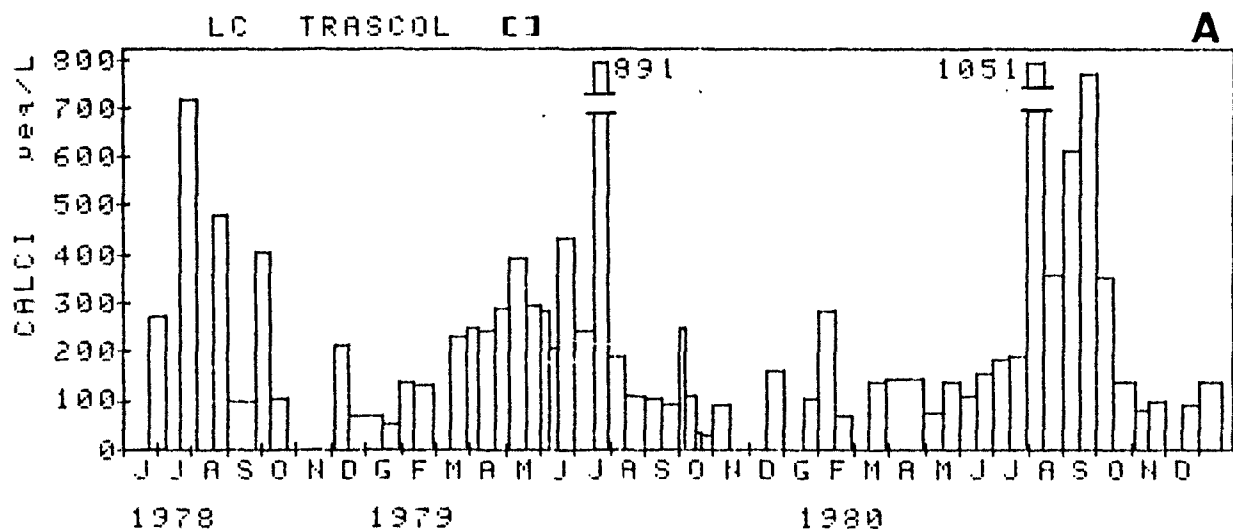


Figura 7.5 Concentracions en el trascal brut soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

(A) calci (B) magnesi (C) nitrat

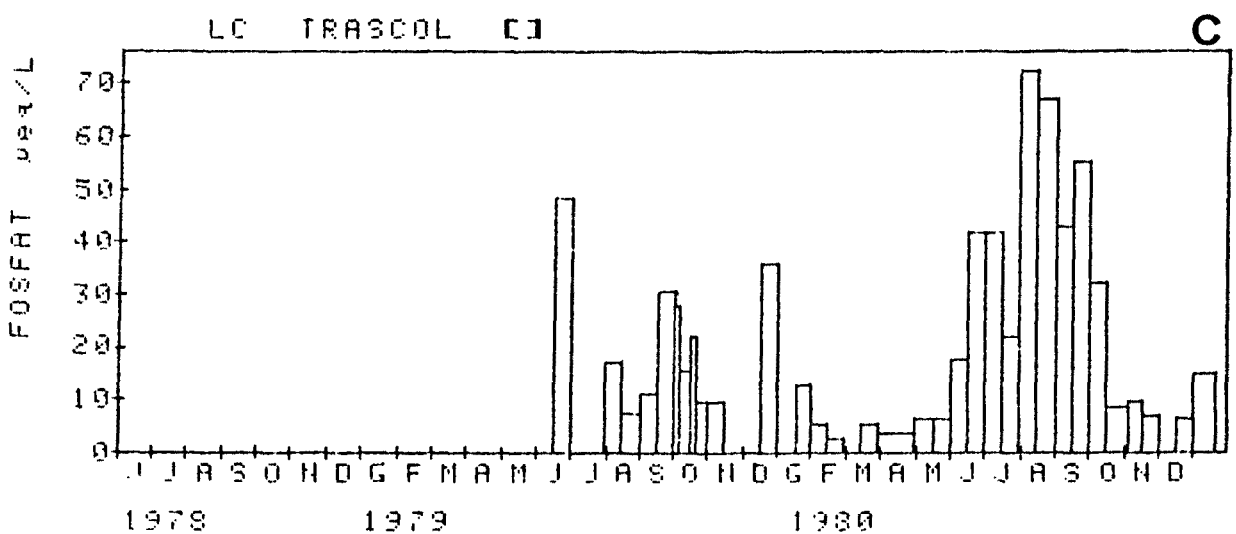
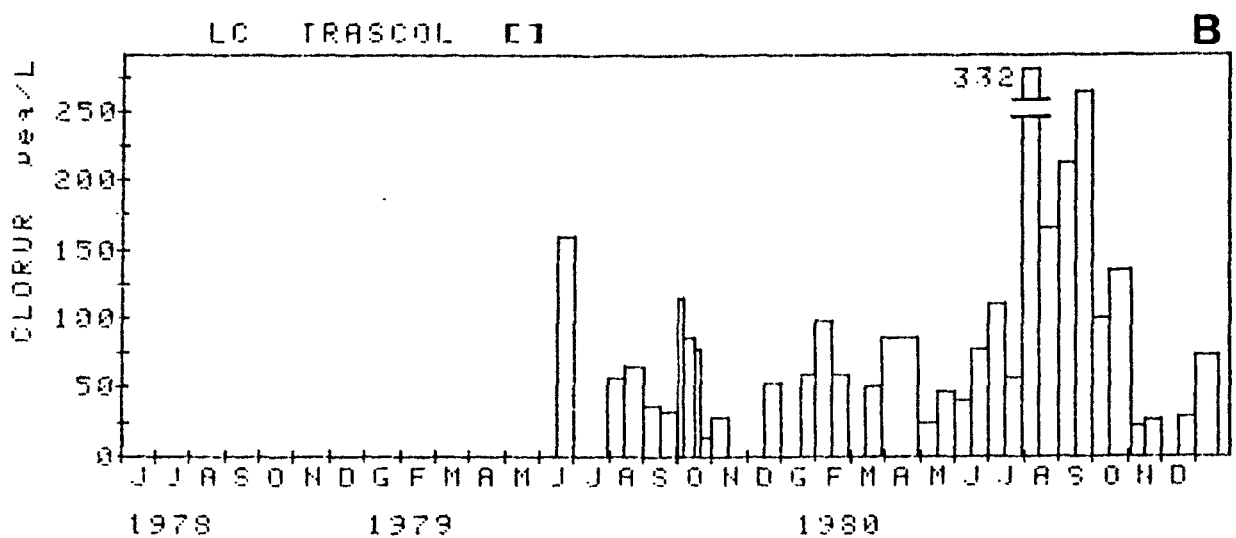
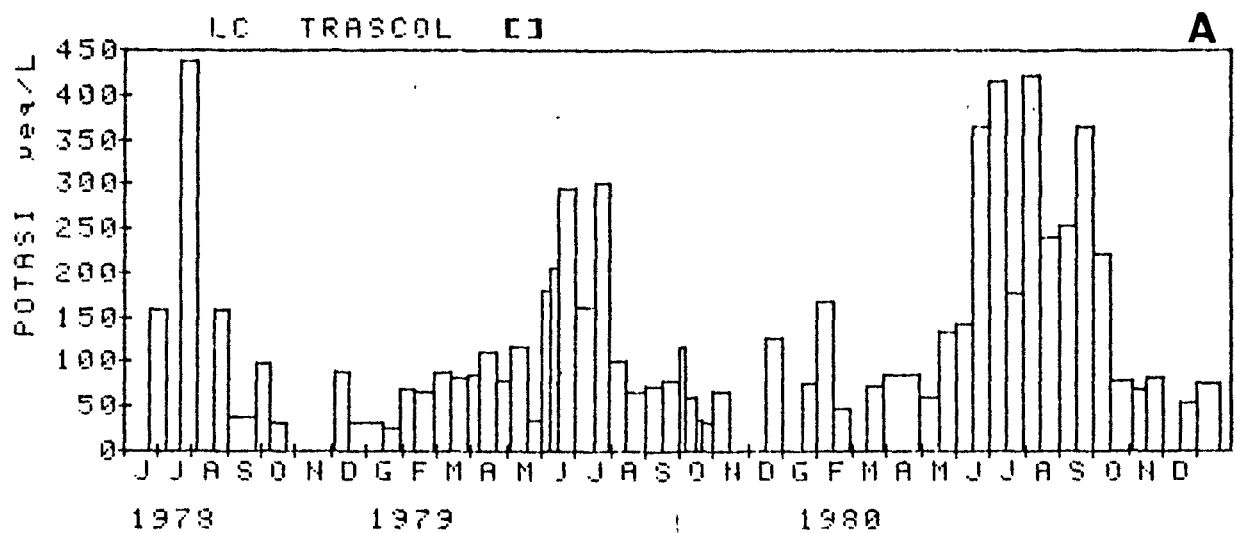


Figura 7.6 Concentracions en el trascol brut soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

(A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat

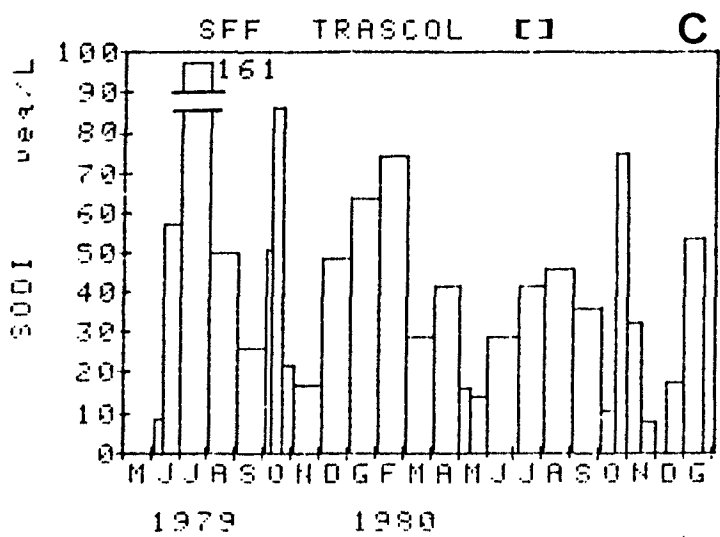
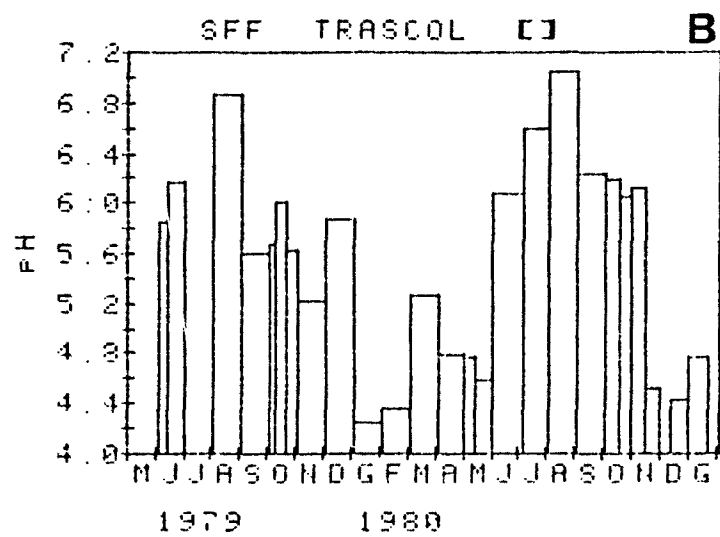
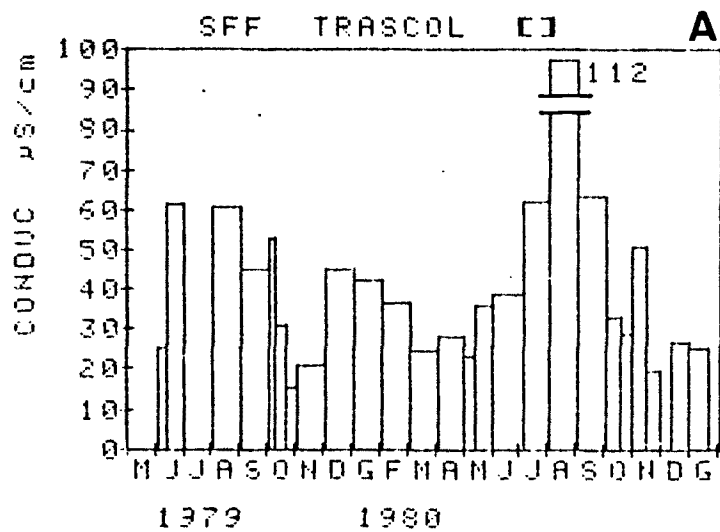


Figura 7.7 Quimisme del trascol brut de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.

- (A) conductivitat a 20 °C
- (B) pH
- (C) concentració de sodi soluble

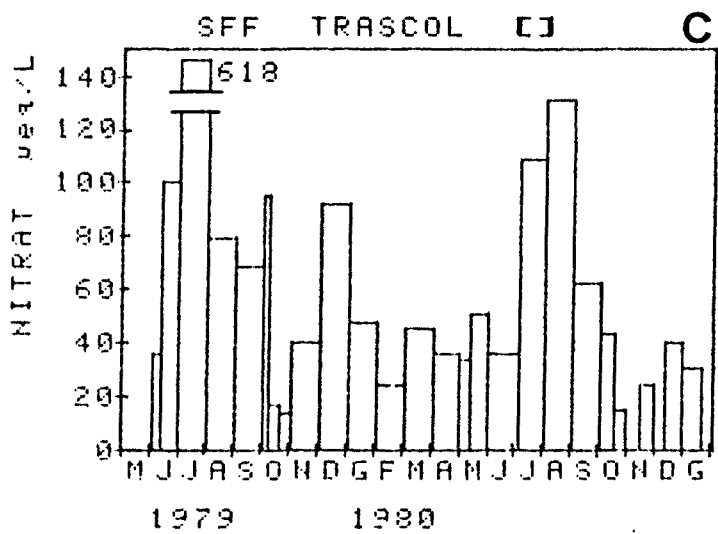
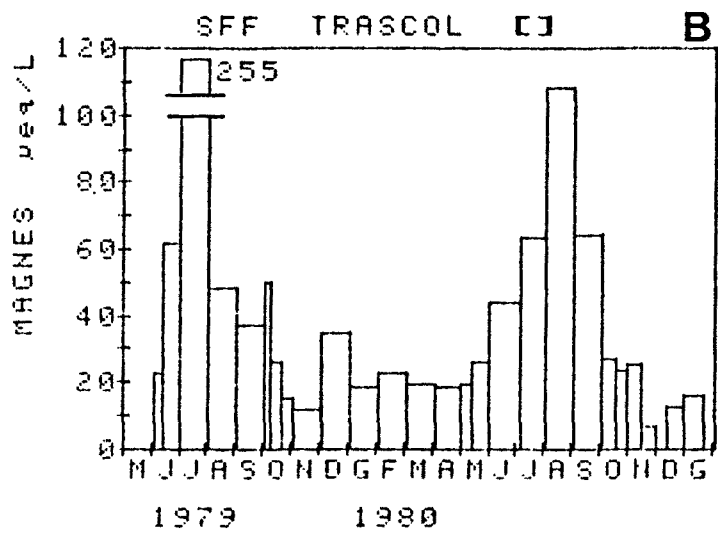
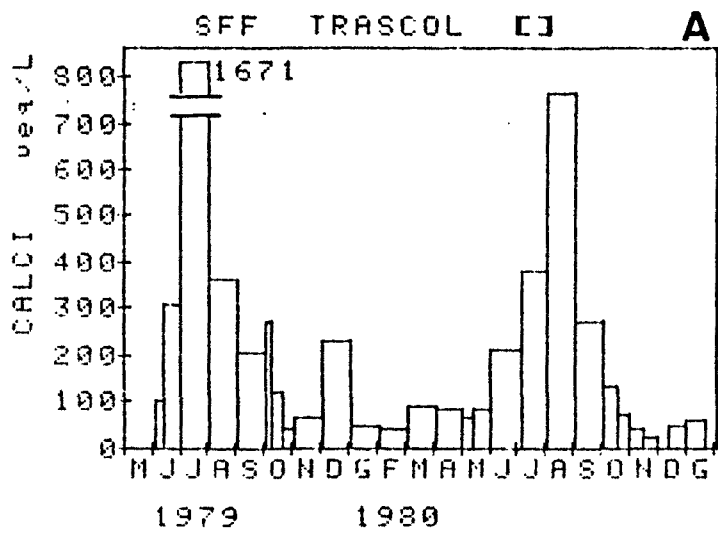


Figura 7.8 Concentracions en el trascal brut soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida. (A) calci (B) magnesi (C) nitrat

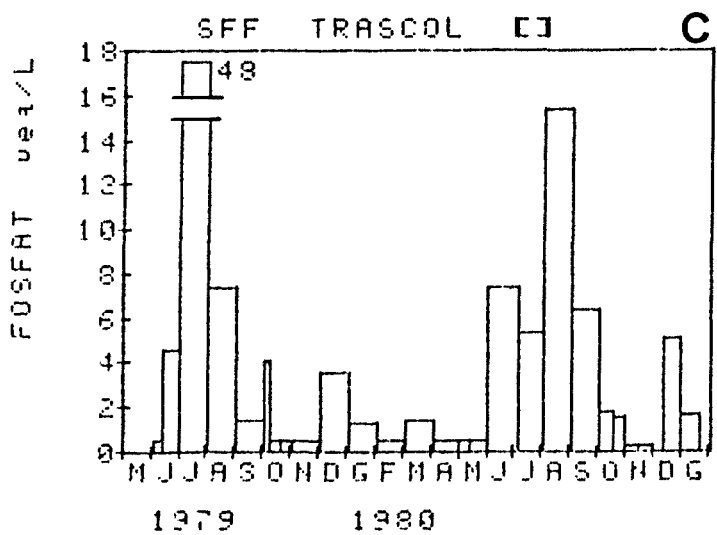
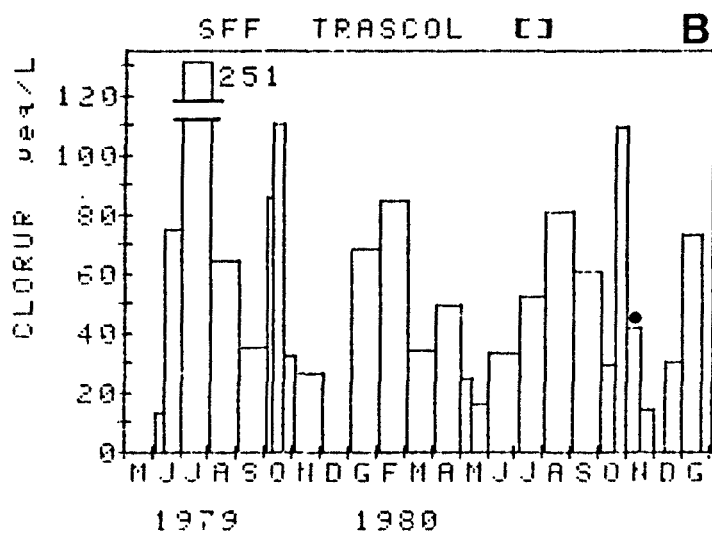
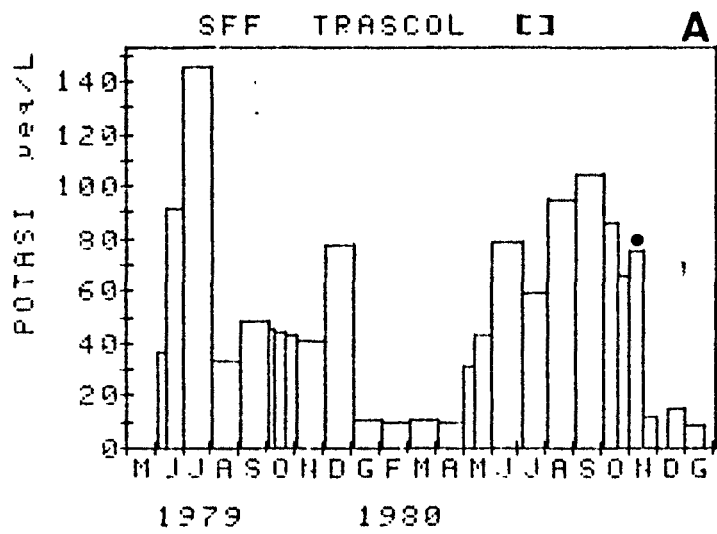


Figura 7.9 Concentracions en el trascol brut soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida. (A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat
•=valor estimat

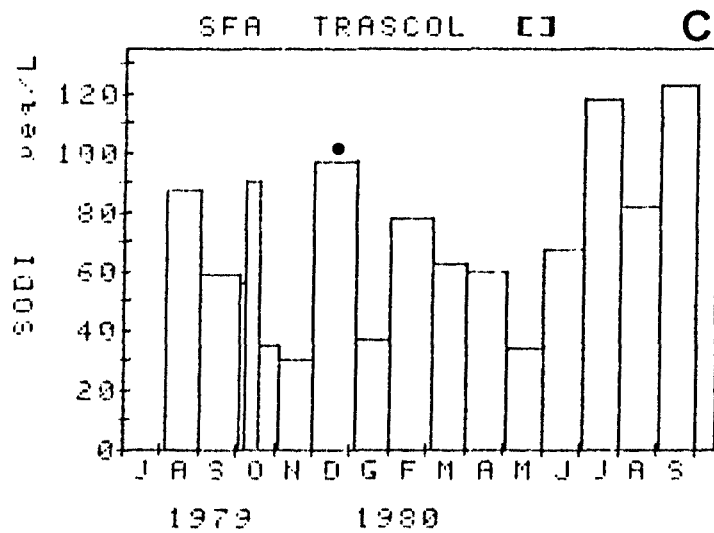
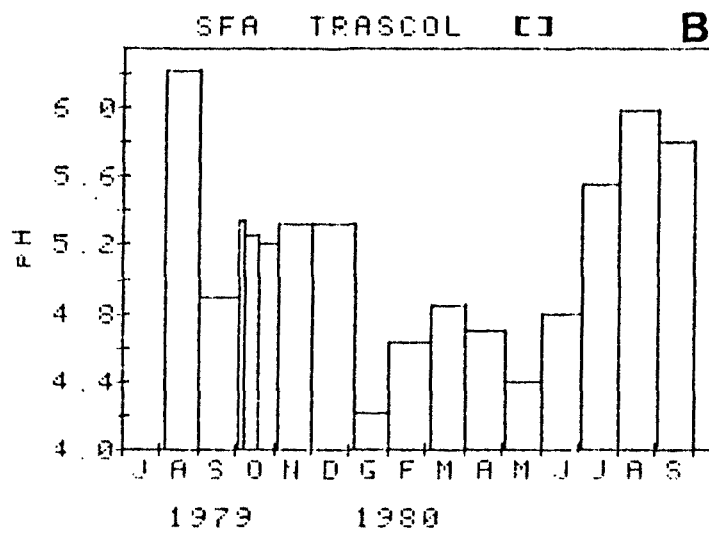
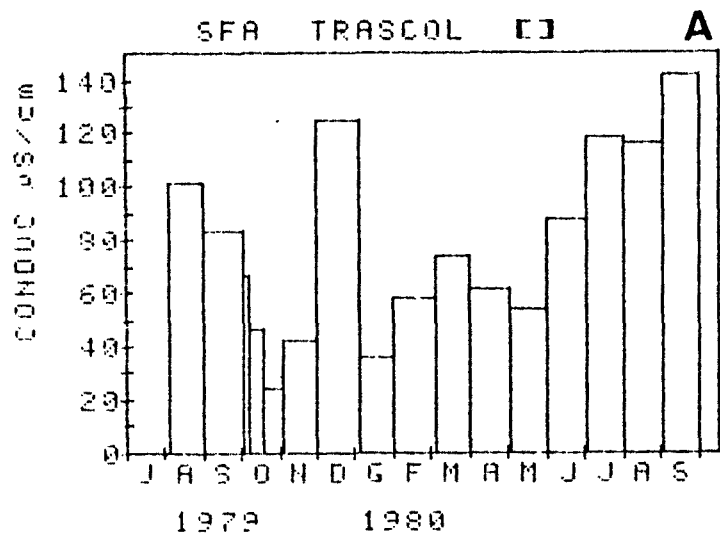


Figura 7.10 Quimisme del trascoll brut de l'avetosa de Passavets, per períodes de recollida.

(A) conductivitat a 20 °C

(B) pH

(C) concentració de sodi soluble

• = valor estimat

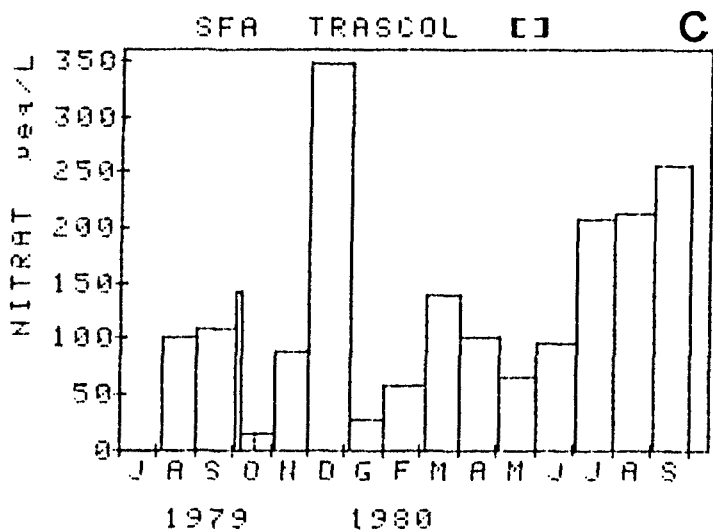
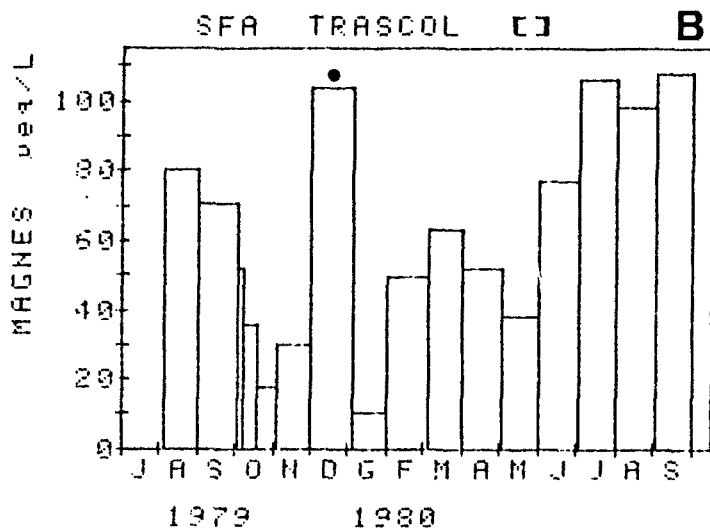
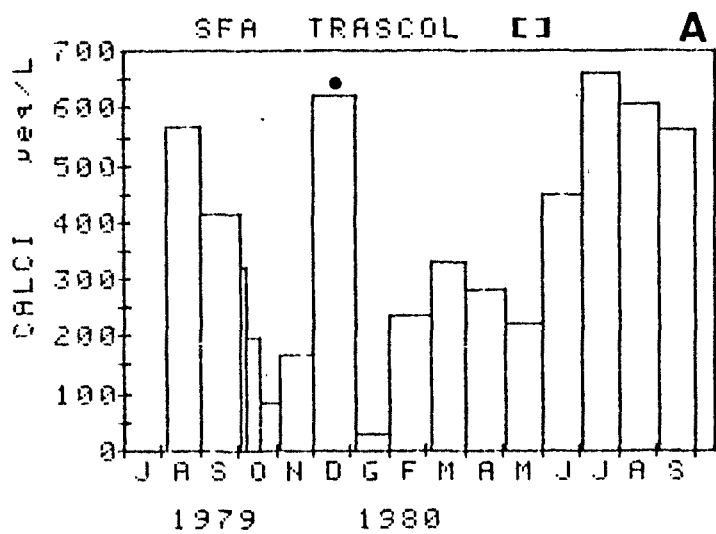


Figura 7.11 Concentracions en el trascal brut soluble de l'avetosa de Passavets, per períodes de recollida.
 (A) calci (B) magnesi (C) nitrat
 •=valor estimat

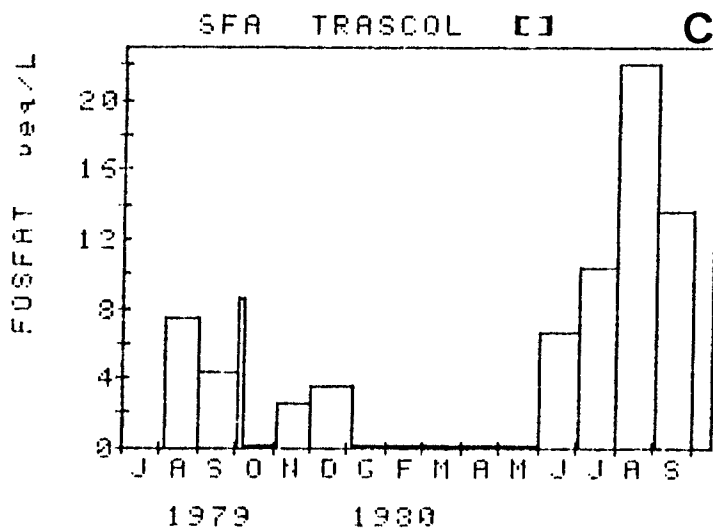
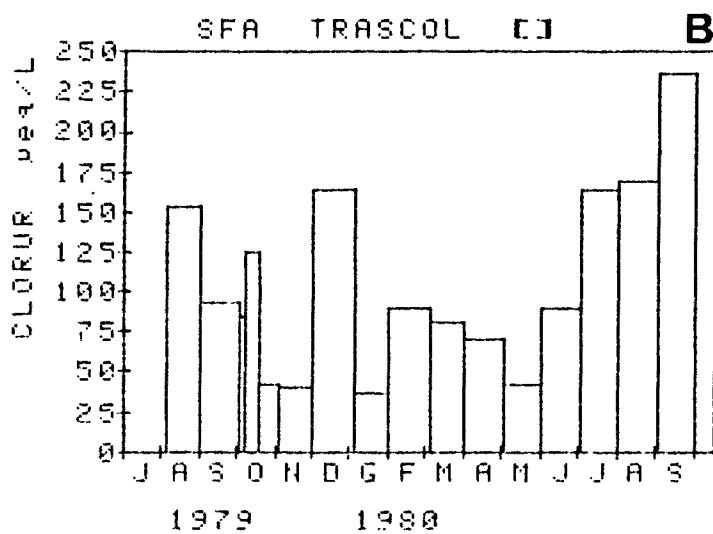
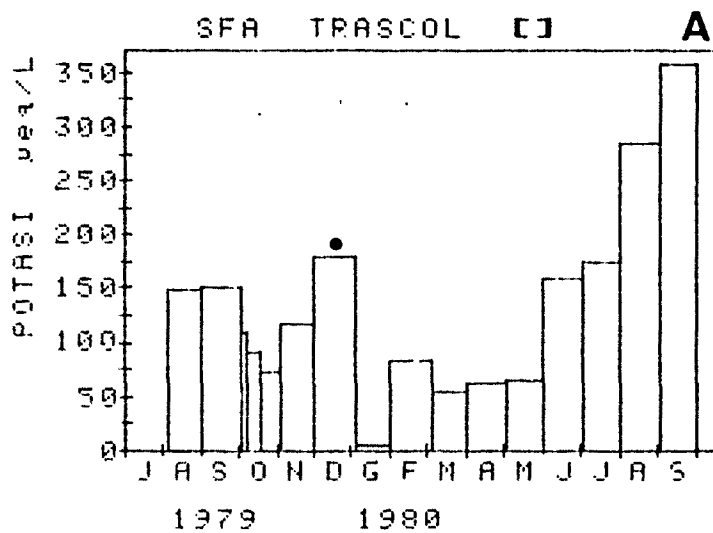


Figura 7.12 Concentracions en el trascal brut soluble de l'avetosa de Passavets, per períodes de recollida. (A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat
• = valor estimat

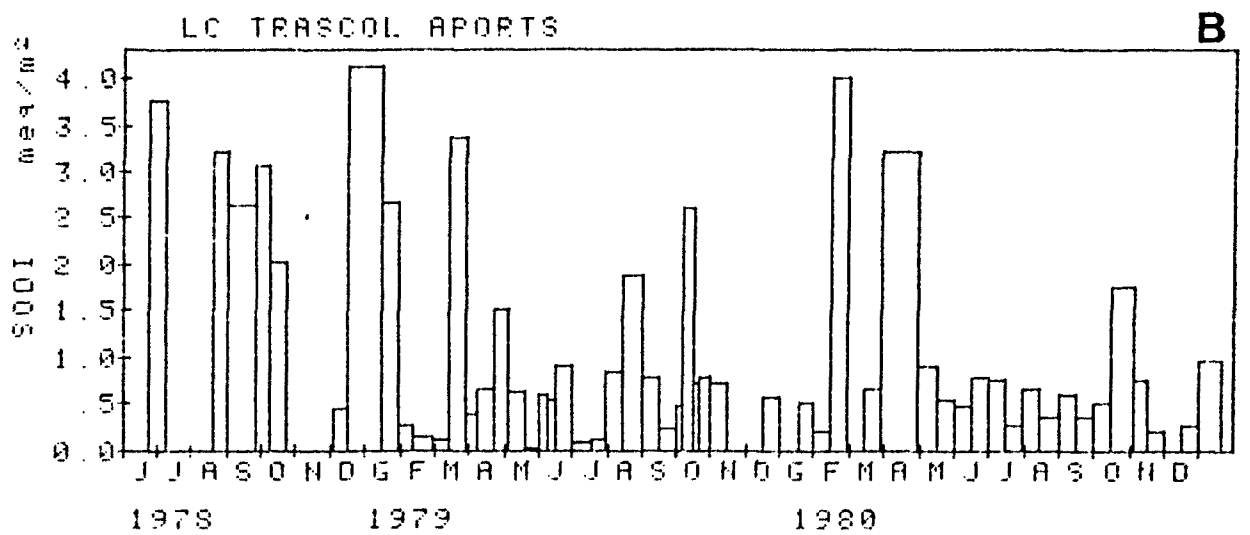
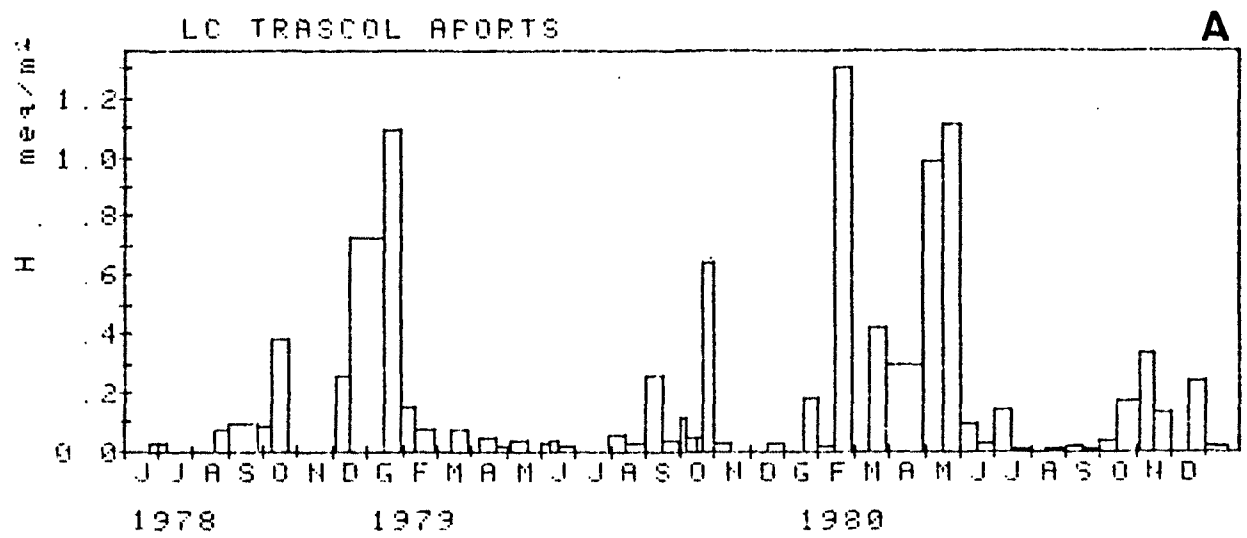


Figura 7.13 Aports en el trascol brut soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

(A) hidrogenions (calculat a partir dels pHs)

(B) sodi

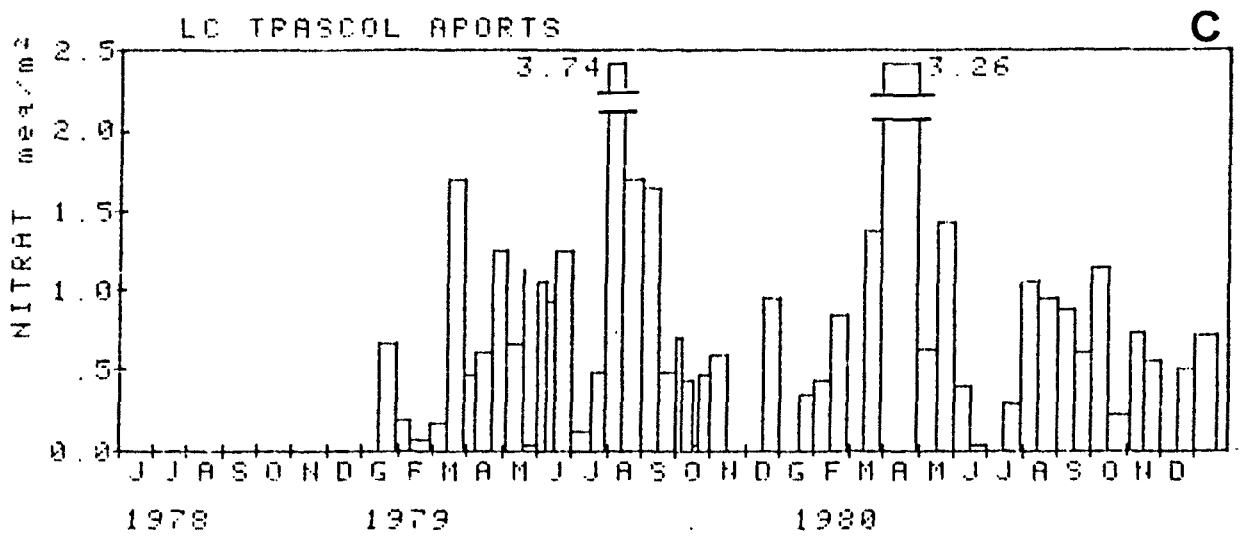
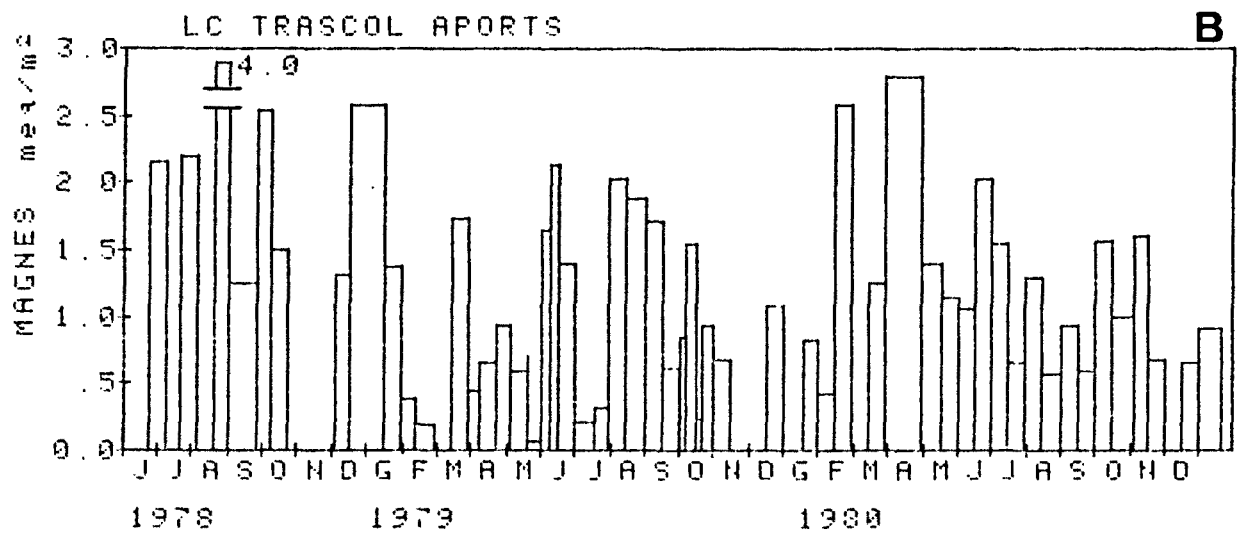
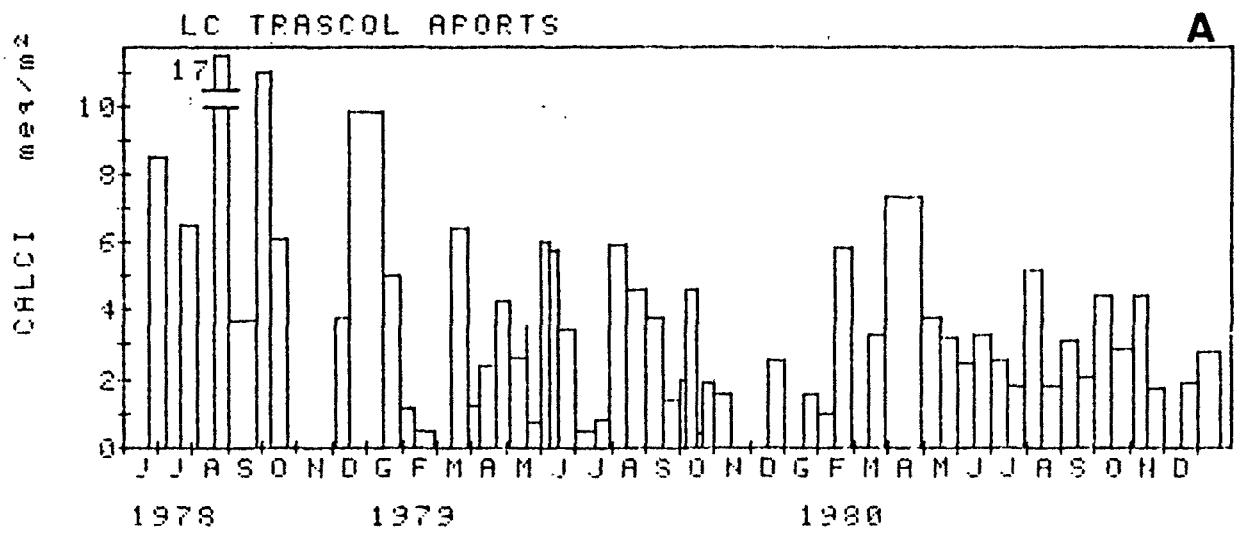


Figura 7.14 Aports en el trascol brut soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.
 (A) calci (B) magnesi (C) nitrat

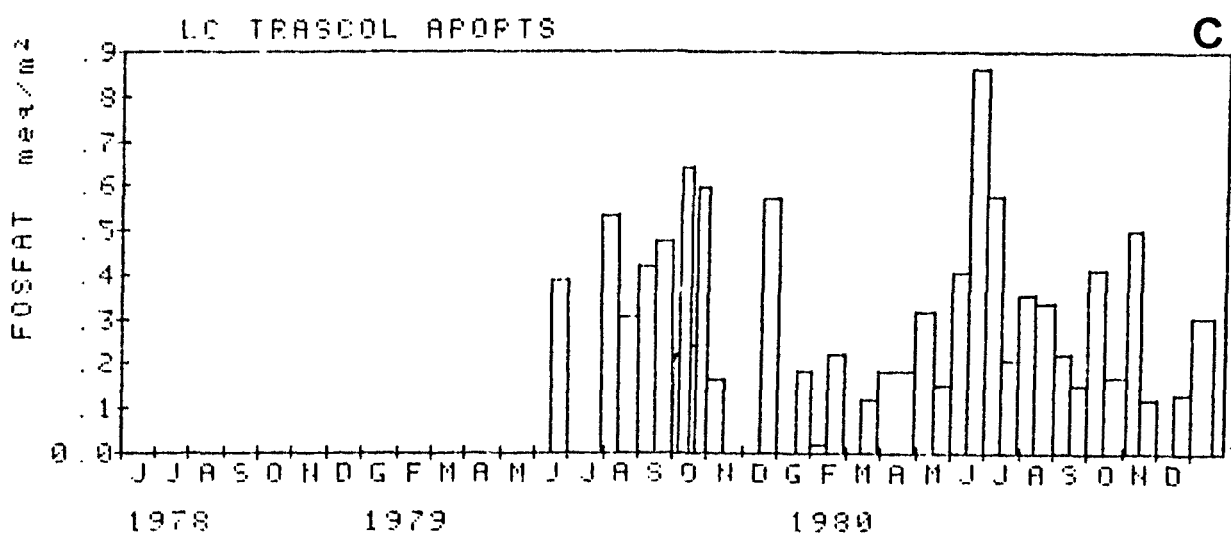
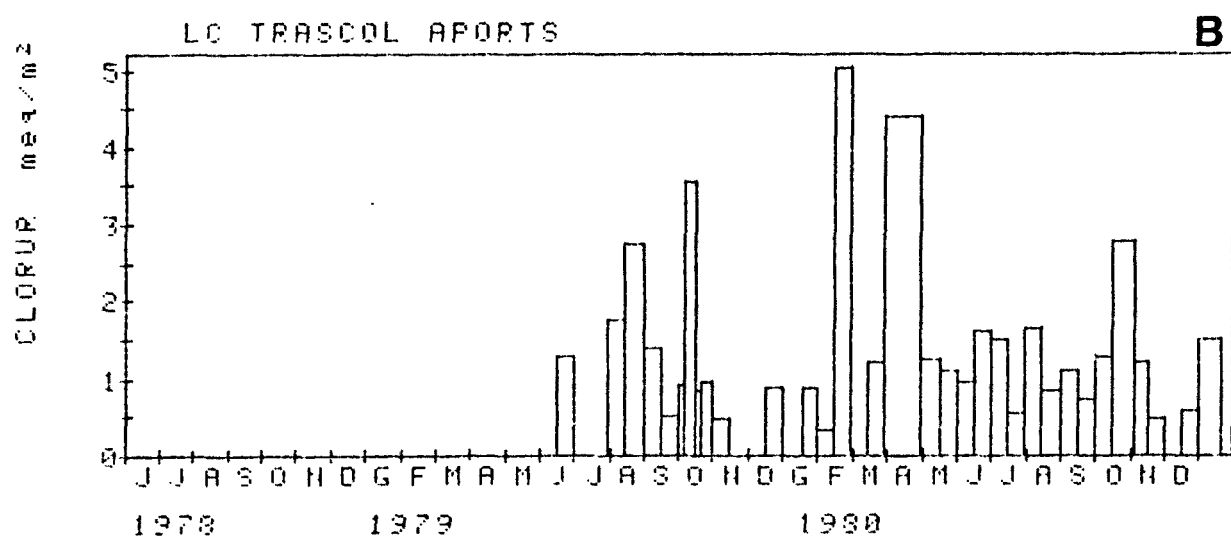
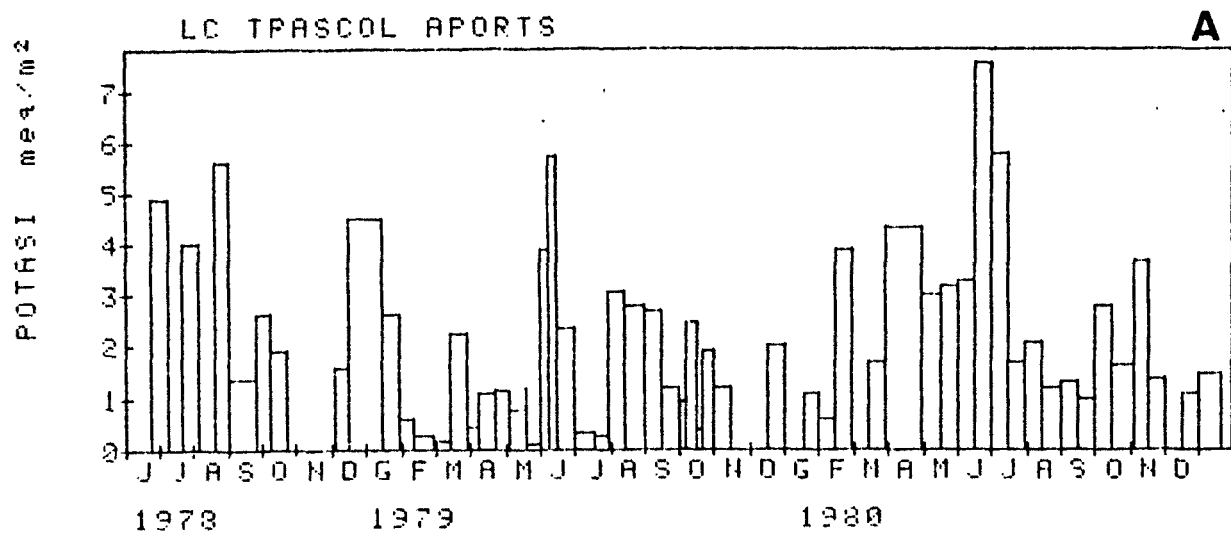


Figura 7.15 Aports en el trascol brut soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.
(A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat

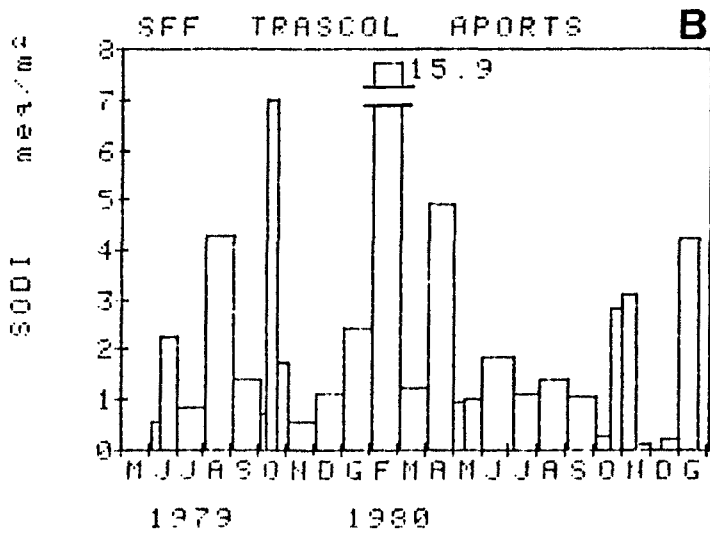
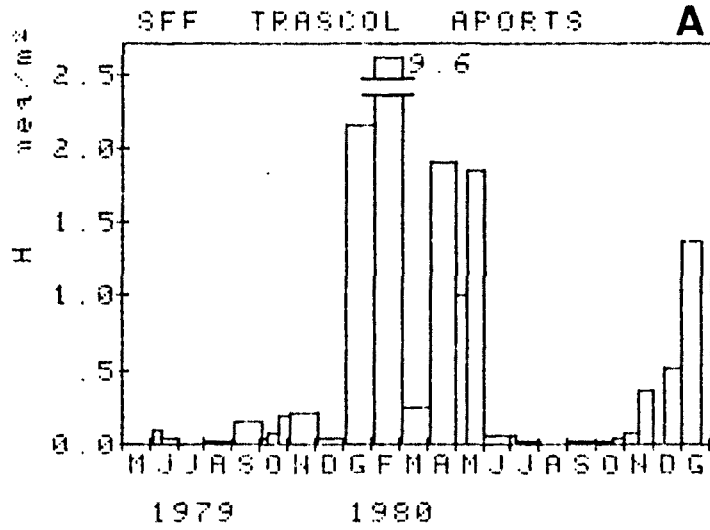


Figura 7.16

Aports en el trascol brut soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.

(A) hidrogenions (calculat a partir dels pHs)

(B) sodi

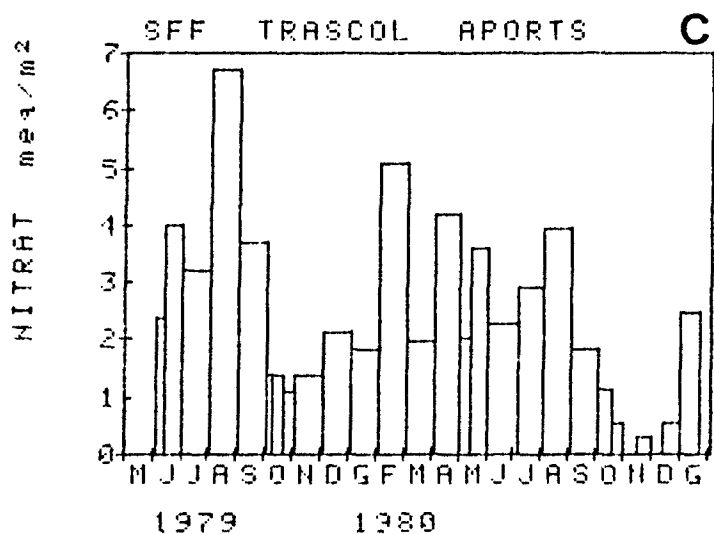
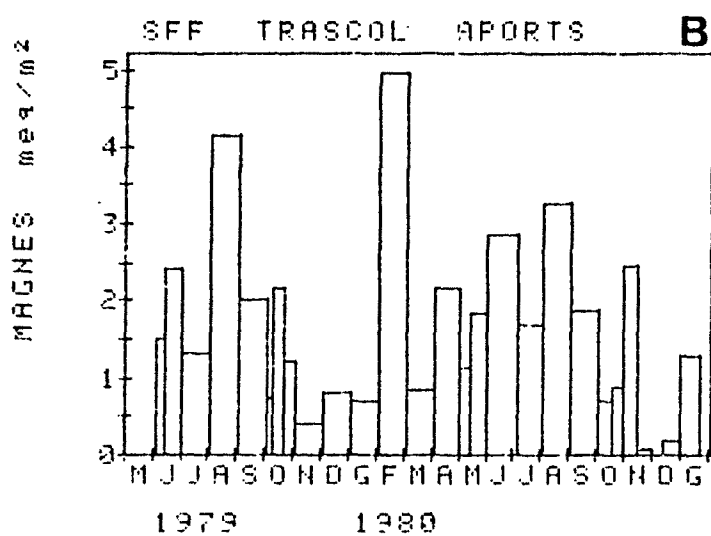
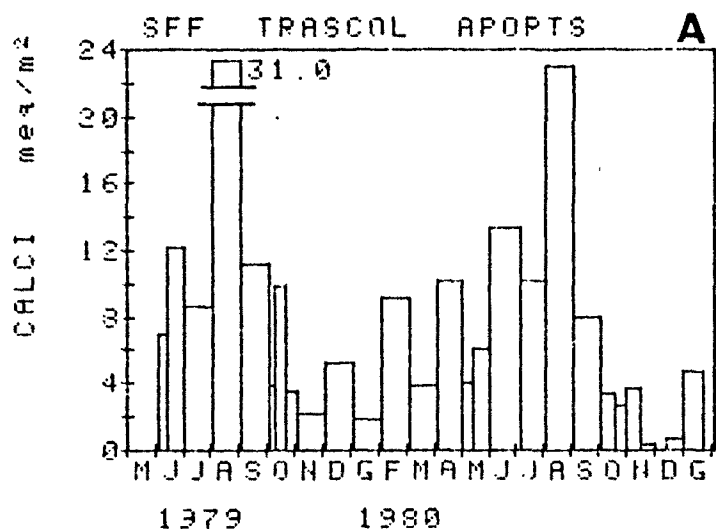


Figura 7.17 Aports en el trascol brut soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.
 (A) calci (B) magnesi (C) nitrat

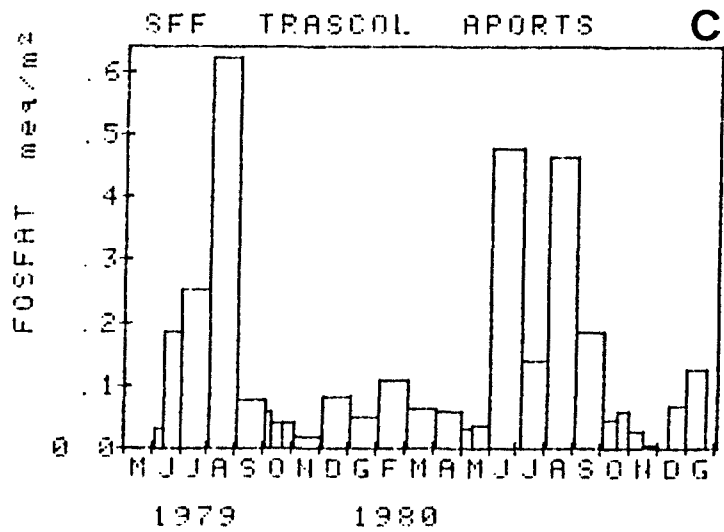
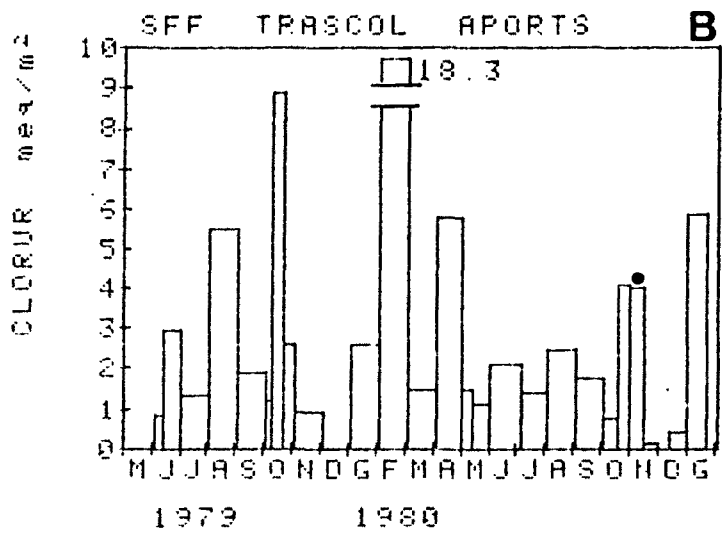
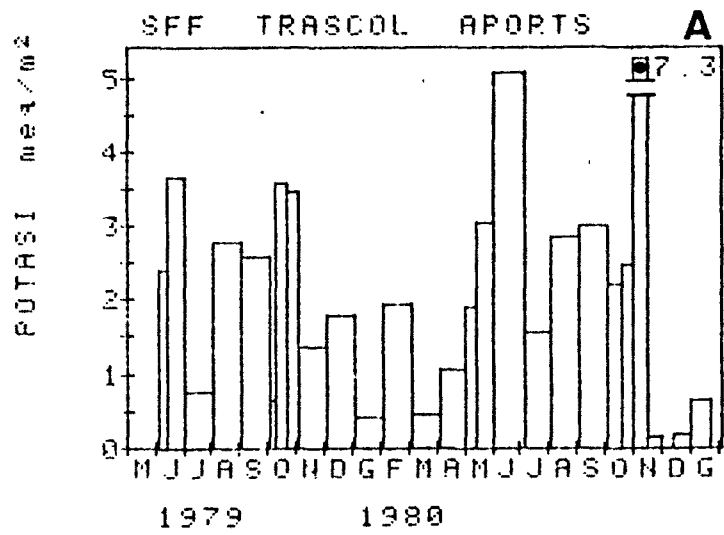


Figura 7.18 Aports en el trascol brut soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.
 (A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat
 • = valor estimat

bruts (fig. 7.13 b).

Els aportats nets de Na en el trascol de l'alzinar foren negatius en 16 dels 54 períodes de recollida dels que tenim dades d'aquest ió. Només en 6 d'aquests 16 els aportats nets foren inferiors (més negatius) a $-0.2 \text{ meq/m}^2/\text{període}$. Aportats nets negatius en el trascol s'obtenen amb facilitat quan les quantitats rentades de les capçades són nul·les o petites. Alguns d'aquest aportats nets negatius deixarien de ser-ho en sumar l'escolament cortical. També pot ser que els aportats nets poblacionals siguin negatius, per exemple quan hi ha absorció en les capçades (com passa sovint amb el N inorgànic (Carlisle et al. 1966, Tiedemann et al. 1980)), o quan, amb precipitació molt escassa, l'aigua que s'evapora deixa a les capçades més nutrients dels que renta.

Com ja hem dit, els aportats nets de Na només foren relativament alts durant els 3 primers mesos de l'estudi (fig. 7.19 b). Un d'aquests períodes de recollida (segona meitat d'agost 1978), donà també aportats nets molt alts de Ca i Mg (fig. 7.20). La primera precipitació important d'aquest període (Turó de l'Home: 23-8-78), es produí després de mes i mig sense cap pluja de més de 3.1 mm. (al Turó de l'Home). Es probable que durant aquest interval d'eixut al plé de l'estiu s'acumulessin en les capçades suficients substàncies com per a donar el pic d'aportats nets a la segona meitat d'agost. Per altra banda, a l'estiu del 1978 utilitzàrem cotó sense rentar en el coll dels embuts. És possible que els elevats aportats nets de Na durant aquests mesos derivessin

de contaminació produïda pel cotó; com estem parlant d'aports nets, això faria necessari que el cotó contaminés més el trascol que la deposició global, i no es veu una raó clara perquè això fos així. De tota manera, el segon semestre del 1978 no s'ha inclòs en els 2 anys per als quals hem donat les concentracions mitjanes i els aports a l'alzinar (taules 6.2, 6.11, i 7.2 a 7.4).

Ca:

Si exceptuem la segona meitat d'agost 1978 comentada ja, els aports nets de Ca, igual que els de Na, no presentaren ni pics especialment destacats ni una variació estacional ben definida (fig. 7.20 a).

Els aports nets de Ca en el trascol foren negatius en 10 dels 54 períodes de recollida; en 7 dels 10 els aports foren menors de $-0.2 \text{ meq/m}^2/\text{període}$. La causa numèrica dels aports molt negatius de Ca a primers de juliol 1978 (fig. 7.20 a), està en que les concentracions foren altes i molt semblants a la deposició global i al trascol, sense que poguem oferir altra explicació.

K:

Al contrari que el Na i el Ca, els aports nets de K varien estacionalment, amb valors alts durant l'època vegetativa, especialment entre juny i agost (fig. 7.21 a). Els aports nets de K a l'alzinar continuen essent, però, relativament alts a l'hivern. El K és l'únic dels ions analitzats que no donà mai aports nets negatius en el trascol de

l'alzinar. També, a diferència del Na i del Ca, els períodes de recollida més plujosos donaren pics d'aports nets de K (figs. 6.1 i 7.21 a).

Al 1979, el mes amb majors aports nets de K fou el juny (11.28 meq/m²/mes); maig (1.85) i juliol (0.42) tingueren aports baixos, i l'agost altre cop alts (5.53 meq/m²/mes). La manca d'aports nets de K al juliol 1979 es pot atribuir amb seguretat a la migradesa del trascol (2.8 mm/mes).

Al 1980, el màxim mensual tingué lloc altre cop al juny (10.43 meq/m²/mes), però amb valors també alts al maig (5.76) i juliol (7.38), i menors a l'agost (2.90). De fet, els períodes de major rentat de K foren entre meitats de juny i meitats de juliol, amb 13.03 meq/m²/mes (5.09 kg/ha/mes) que representen el 29% dels aports anuals nets mitjans de K a l'alzinar (taula 7.4).

Aquest màxim verno-estival en el rentat del K coincideix amb una gran abundància de fulles senescentes a les capçades. A l'alzinar de La Castanya, la caiguda de fulles és estacional, i està molt concentrada entre juny i agost (Verdú et al. 1980). Altres canvis fenològics importants tenen lloc al juny: la sortida de la fulla nova, l'allargament dels brots de l'any, i la floració de les alzines; és també un mes d'abundant activitat d'artròpodes en les capçades. En els alzinars de Montpellier, Rapp (1969) trobà dos pics estacionals de rentat de K (al maig i a l'octubre), coincidint tots dos amb les èpoques de caiguda de la fulla i de brota-

da. En el clima més fred de La Castanya, les alzines broten i perden la fulla bàsicament un sol cop a l'any, i ho fan més tard que a Montpel·lier (la brotada comença a primers de juny).

El rentat verno-estival de K coincideix amb el període de màxima coloració orgànica del trascol. El trascol de l'alzinar és més o menys colorejat tot l'any, però la intensitat del color augmenta moltíssim al juny-juliol. La composició orgànica del trascol no és objecte del present treball, però li dedicarem breument l'atenció perquè pot estar relacionada amb la lixiviació de nutrients inorgànics.

L'aigua del trascol pot contenir moltes espècies químiques orgàniques diferents, la major part d'elles en concentracions traça (Hoffman 1980 b). Els aportes de matèria orgànica en el trascol o en l'escolament cortical poden ser molt considerables. Per exemple, durant una estació vegetativa al bosc caducifoli de Hubbard Brook, la concentració de carboni orgànic total passà de 2.4 mg/L en la deposició global a 12 mg/L en el trascol més l'escolament cortical (Likens et al. 1977), amb uns aportes nets totals de 44 kg C/ha. (calculats amb les dades anteriors i les quantitats d'aigua donades per Eaton et al. 1973). Carlisle et al. (1966) trobaren uns aportes nets en el trascol de 349 kg/ha/any de matèria orgànica total en una roureda de Quercus petraea. Aquests aportes orgànics poden procedir de deposició seca, de lixiviació dels arbres, o de l'activitat dels organismes en les capçades. Sembla probable que la major part dels aportes

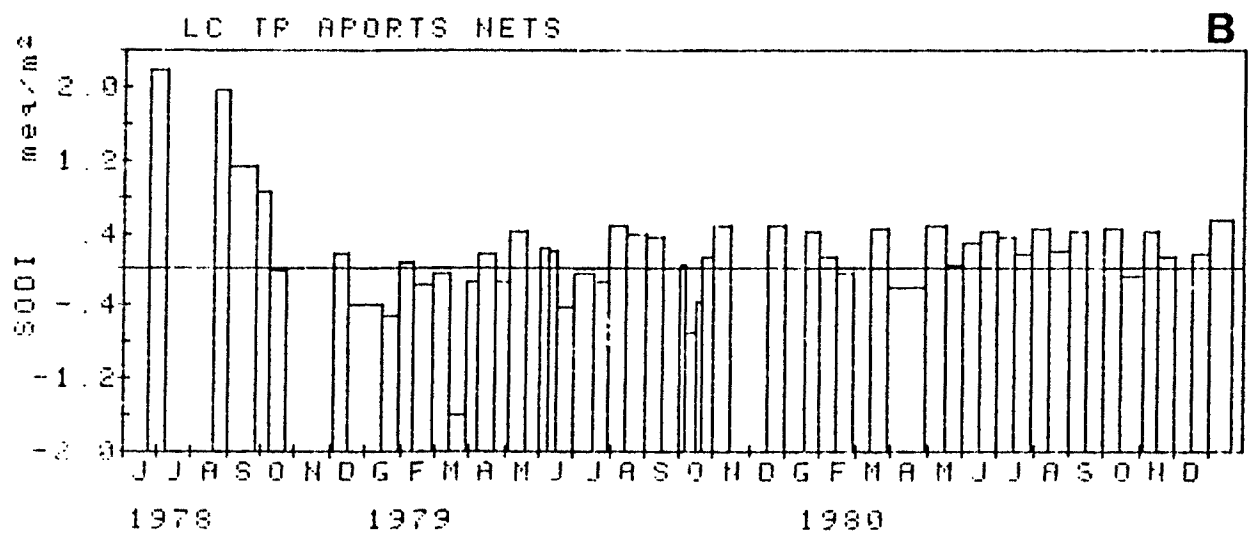
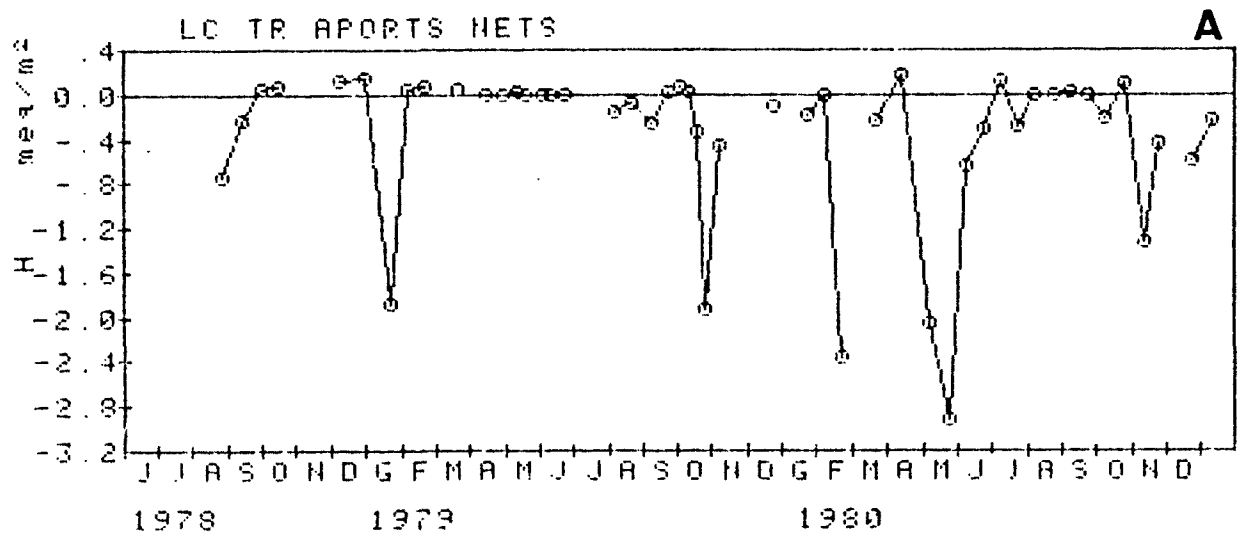


Figura 7.19 Aports nets en el trascol soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.

(A) hidrogenions (calculat a partir dels pHs)

(B) sodi

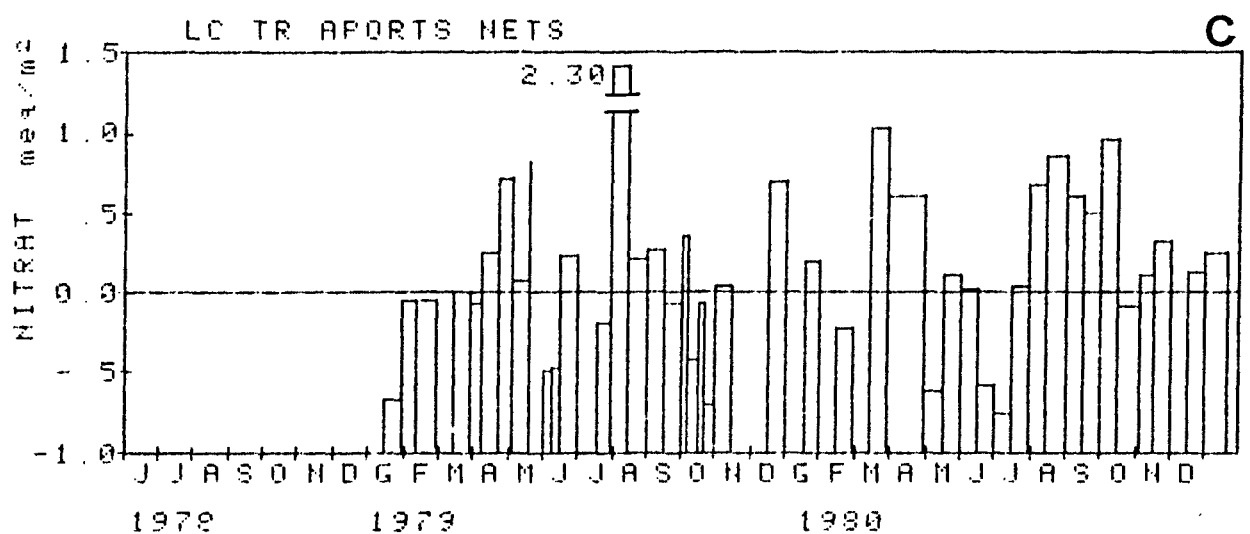
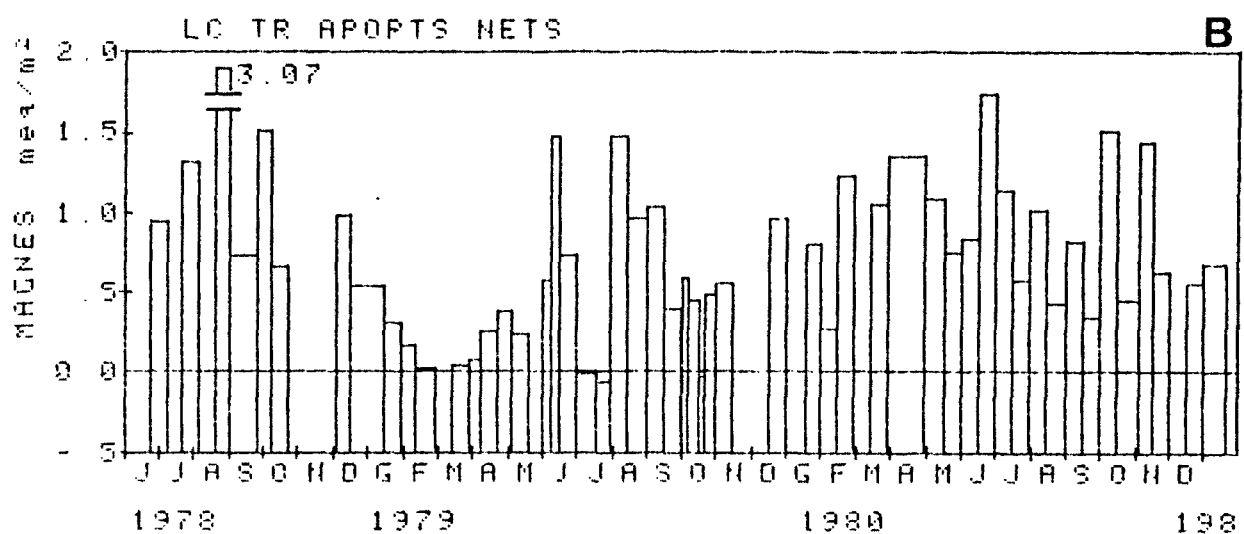
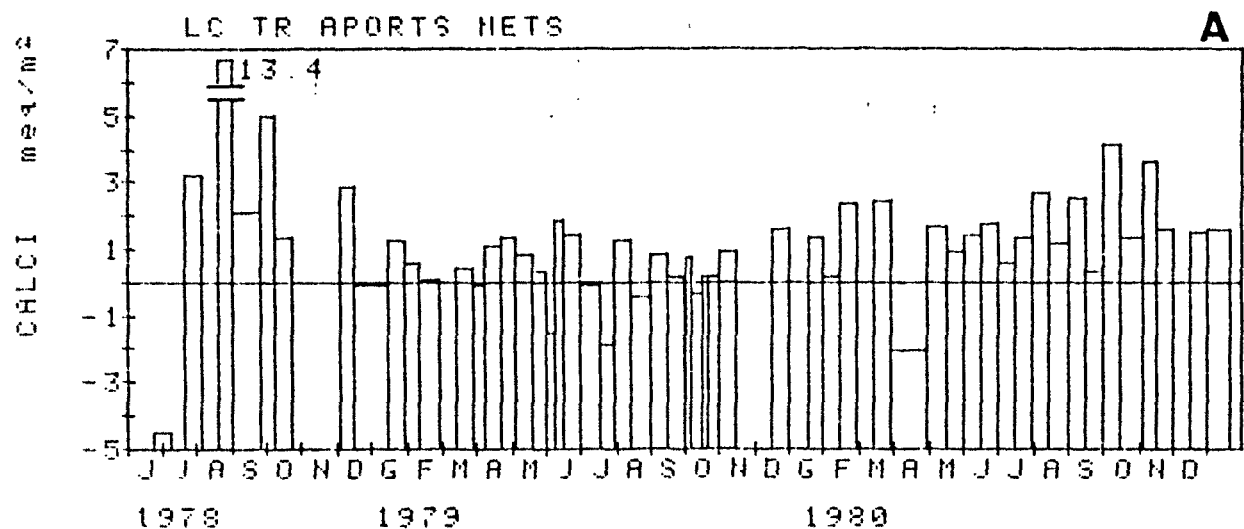


Figura 7.20 Aports nets en el trascol soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.
 (A) calci (B) magnesi (C) nitrat

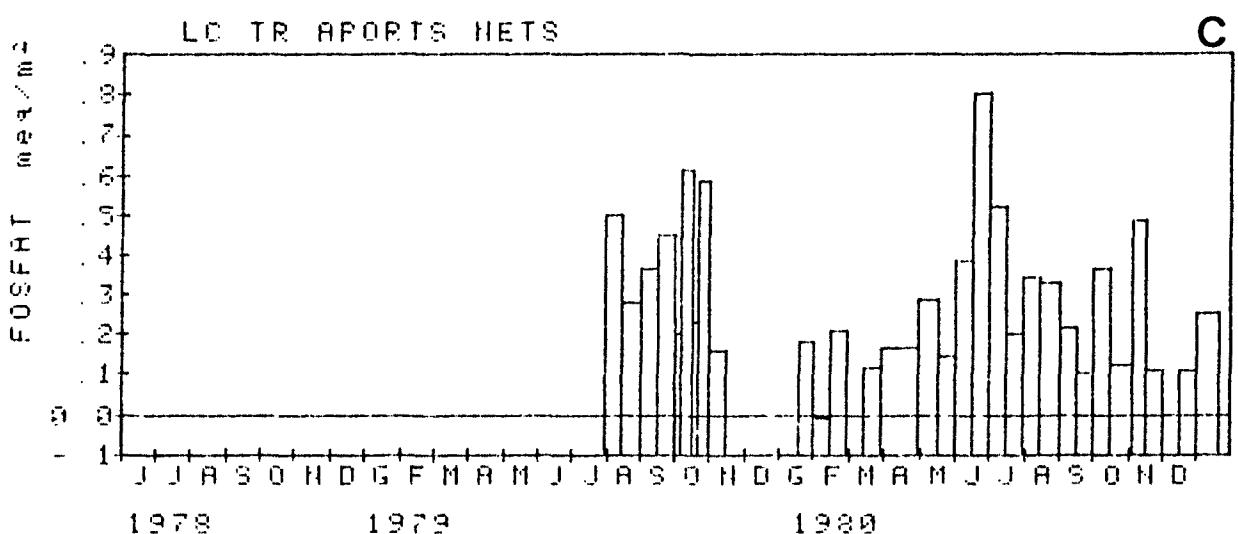
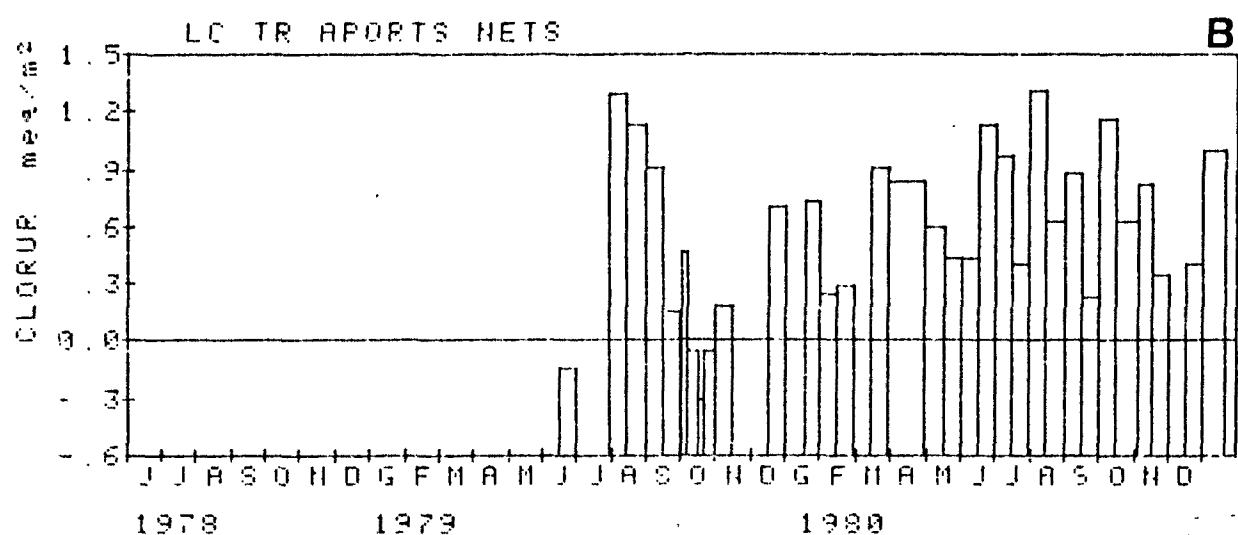
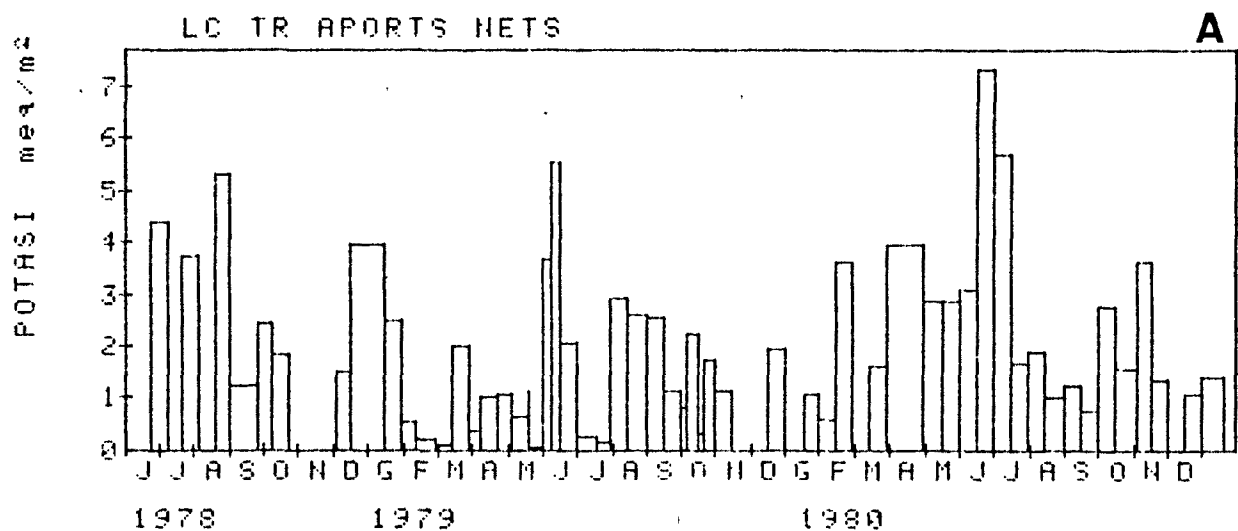


Figura 7.21 Aports nets en el trascal soluble de l'alzinar de La Castanya, per períodes de recollida.
 (A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat

orgànics nets derivin directament o indirectament dels arbres. Les xifres implicades representen un percentatge petit, però potser no despreciable, de la producció primària neta.

Les substàncies responsables del color del trascol de l'alzinar no sedimenten; la solució conserva el color després de filtrar-la per un filtre de membrana de 0.45 μm , però el filtre queda també intensament colorejat. Es a dir, part de les substàncies estan dissoltes (o en partícules menors de 0.45 μm), i part estan en partícules col·loïdals majors de 0.45 μm . L'espectre d'absorció de la solució filtrada té un màxim únic i molt intens a 190-200 nm; no hi ha cap pic en el visible. Aquest espectre, junt amb el resultat d'extraccions amb diferents solvents (agraïm a Jordi Civit, del Departament de Fisiologia Vegetal de la Universitat Autònoma de Barcelona la realització i la interpretació de l'espectre i de les extraccions) permeten de dir que les substàncies responsables del color són polifenols. Carlisle et al. (1967) trobaren 11.7 kg/ha/any de polifenols en el trascol de Quercus petraea. Sorprenentment, Hoffman et al. (1980 b), trobaren un predomini de substàncies alifàtiques en la M.O. del trascol d'una roureda de Quercus prinus, i no esmentaren la presència de tanins ni altres polifenols.

Per tal d'averiguar quins eren els òrgans de l'alzina responsables de la lixiviació de polifenols, el 8 de juny del 1980 recollírem de la parcel·la experimental les següents fraccions de virosta recent caiguda en les trampes: fulles recent brotades, fulles verdes de 1 i de 2 anys, fulles en

3 estadis de senescència creixent, aments amb pol·len, i aments secs. Obtinguèrem excrements d'erugues defoliadores a partir de 2 erugues (no identificades) agafades en la parcel·la i alimentades en el laboratori amb fulles tendres d'alzina. Cadascuna d'aquestes classes de material es col·locà per separat en pots amb aigua destil·lada. Totes les solucions resultants foren colorejades. La major intensitat de color correspongué a les fulles senescents i als aments. Tenint en compte les abundàncies i l'estacionalitat en el bosc de les diferents fraccions, és probable que la major part del màxim verno-estival en el color orgànic del trascol de l'alzinar sigui degut a les fulles senescents, amb contribucions per part de les fulles verdes, dels aments, dels excrements i restes dels artròpodes de les capçades, i (presumiblement) de les escorces de brots i branques.

En la taula 7.8 es poden veure les correlacions entre la intensitat del color orgànic (avaluada a ull en una escala de 0 a 8, i ponderant per volum els diferents col·lectors), i les concentracions iòniques ponderades de cada període de recollida. A l'alzinar, l'ió més correlacionat amb el color orgànic és el K. La relació entre ambdues variables és manté al llarg de l'any (fig. 7. 28 a) i no és fruit de la mera coincidència dels respectius màxims de juny-juliol.

Mg:

La variació dels aportats nets de Mg s'assembla bastant a la del K, amb una estacionalitat molt definida i amb màxims verno-estivals presents, però menys destacats que els de K

(fig. 7.20 b). En contrast amb la deposició global, el Mg en els aportats nets de l'alzinar té més afinitat amb el K que amb el Ca.

Només 3 dels 54 períodes de recollida donaren aportats nets negatius de Mg en el trascol, i cap d'aquests 3 fou menor de $-0.06 \text{ meq/m}^2/\text{període}$. També en aquest aspecte el Mg s'assembla al K.

NO_3 :

Els aportats nets de NO_3 variaren d'una manera bastant irregular (fig. 7. 20 c). Hi hagué un sol pic destacat (primera quinzena d'agost 1979), després d'un juliol molt sec. Els aportats nets foren relativament alts de principis d'agost a mitjans d'octubre 1980. Tant al 1979 com al 1980, els aportats nets de NO_3 en el trascol foren molt negatius durant el màxim verno-estival de rentat de K (figs. 7.20 c i 7.21 a). Això pot indicar : (1) una eficaç absorció del NO_3 de la deposició global per part de les capçades en aquesta època, els canvis fenològics de la qual s'han exposat en parlar del K; ó (2) una desaparició parcial (1979) o gairebé total (1980; fig. 7. 5c) del NO_3 en els col·lectors de trascol durant aquests períodes. L'absorció de N inorgànic en les capçades és un fenomen freqüent, però no universal, en els boscos temperats (Carlisle et al. 1966, Tiedemann et al. 1980). També és possible que, malgrat l'ús de timol en les ampelles dels col·lectors, l'activitat microbiana sigui responsable dels aportats nets negatius en aquesta època. Cap de les dues hipòtesis anteriors explica satisfactòriament el perquè altres perío-

des de característiques semblants, durant l'agost i el setembre, no tenen aportos negatius de NO_3 .

Els aportos nets de NO_3 en el trascol foren negatius en 16 dels 43 períodes de recollida en els que tenim dades d'aquest ió; en 9 dels 16, els aportos nets foren inferiors a $-0.02 \text{ meq/m}^2/\text{període}$.

Cl:

Els aportos nets de Cl variaren estacionalment, amb màxims estivals (fig. 7.21 b). Igual que el K i el Mg, el Cl presentà pics d'aports nets entre meitats de juny i meitats de juliol 1980. No tenim dades de Cl durant els períodes de màxim rentat de K en la primera meitat de juny 1979. A diferència del K i del Mg, els aportos nets de Cl foren majors a la primera quinzena d'agost 1980 que en les quinzenes de juny i juliol del mateix any.

Els aportos nets de Cl en el trascol foren negatius en 4 dels 32 períodes en els que tenim dades d'aquest ió; només en 1 dels 4 foren inferiors a $-0.2 \text{ meq/m}^2/\text{període}$.

PO_4 :

Els aportos nets de PO_4 foren baixos a l'hivern i relativament alts de juny a octubre (fig. 7.21 b). Els aportos nets de PO_4 foren, en general, bastant menors que els de K, Ca, Mg, i Cl. Entre la primavera i la tardor de 1980, la variació dels aportos nets de PO_4 fou molt semblant a la del K. En particular, el PO_4 presentà pics equiparables als del K, però

de menor magnitud, al juny-juliol 1980 (figs. 7.21 a i c). Els aports nets de PO_4 entre meitats de juny i meitats de juliol 1980 foren de $1.32 \text{ meq/m}^2/\text{mes}$, que equivalen al 10.1% del K rentat durant el mateix període. El màxim mensual es produí però a l'octubre 1979, mes molt plujós, amb $1.63 \text{ meq/m}^2/\text{mes}$. A diferència del K, l'abundosa precipitació en la segona quinzena de febrer 1980 no donà lloc a un rentat important de PO_4 (fig. 7.21 c).

Només 1 dels 30 períodes de recollida disponibles donà aport nets negatius de PO_4 en el trascol ($-0.012 \text{ meq/m}^2/\text{període}$): fou una quinzena d'hivern amb 3.5 mm de trascol.

7.5.3.2 La fageda

A la fageda, els aport nets en el trascol resultaren negatius amb molta menys freqüència que a l'alzinar (excepte pel PO_4). Els casos observats, sobre un total de 26 períodes de recollida en els que hi hagué precipitació, foren : Na 4, K 0, Ca 1, Mg 1, NO_3 1, Cl 1, i PO_4 4. Cal dir que la duració mitjana dels períodes de recollida fou major a la fageda que a l'alzinar, i això ajuda a no obtenir aport negatius. Sodi, Ca, Mg, i Cl tingueren aport negatius importants a l'abril 1980; llevat d'aquesta ocasió, cap altre dels aport negatius fou inferior a $-0.2 \text{ meq/m}^2/\text{període}$. També a l'alzinar el Ca (i en menor grau el Na), tingueren aport nets negatius a l'abril 1980.

Na:

Al contrari que a l'alzinar, els aportats nets de Na a la fageda presentaren pics ocasionals, especialment en períodes d'influència marítima quan el faig encara tenia fulla (fig. 7.22 b: segon període d'octubre 1979, primera meitat de novembre 1980). En conjunt, però, el Na tampoc varià estacionalment a la fageda. A l'agost 1979 s'obtingué un màxim molt destacat, que no es repetí el 1980.

Ca:

Al contrari que l'alzinar, els aportats nets de Ca a la fageda foren molt estacionals, amb màxims durant els mesos càlids i, especialment, a l'agost. La pauta es repetí de manera molt similar al 1979 i al 1980. A l'agost del 1980, el màxim de Ca coincidí amb el màxim de coloració orgànica del trascol de la fageda (es recordarà que el màxim de coloració a l'alzinar fou al juny-juliol, i coincidí amb un màxim de K). Al 1979, el trascol de la fageda fou molt més colorejat al juliol que a l'agost (i menys en aquest mes que a l'agost 1980), però això es degué segurament a que juliol fou molt sec i agost molt plujós (5.2 i 85.1 mm de trascol, respectivament; a l'agost 1980 es reculliren 38.3 mm de trascol).

S'observarà que els aportats nets de Ca, igual que els de Na, K, Mg NO₃, i Cl, continuaren essent positius després de que el faig perdés la fulla (figs. 7.22 a 7.24).

A la fageda, les concentracions de K, Ca, Mg, i PO₄ estan molt correlacionades amb la intensitat del color orgànic

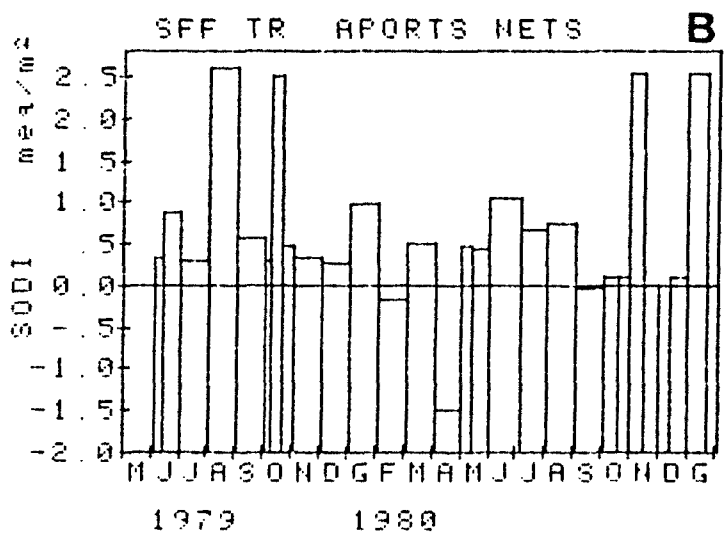
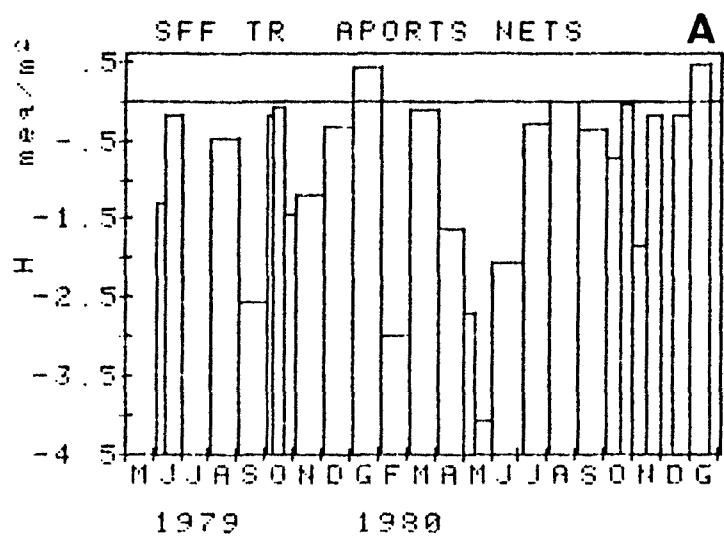


Figura 7.22 Aports nets en el trascol soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.
 (A) hidrogenions (calculat a partir dels pHs)
 (B) sodi

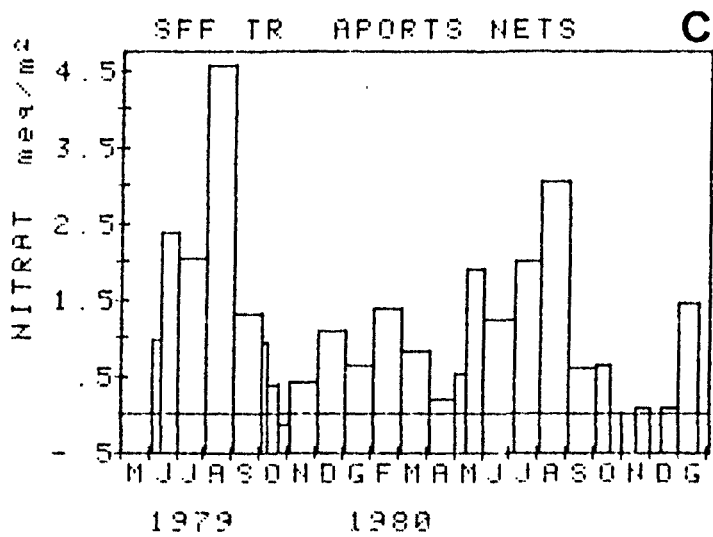
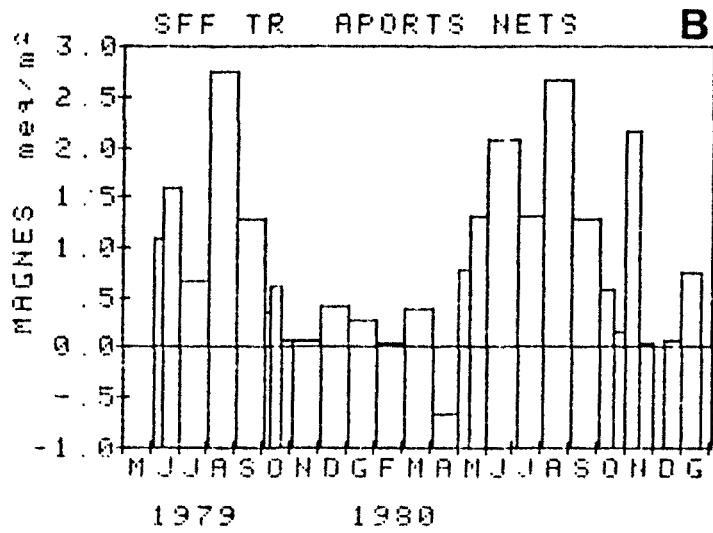
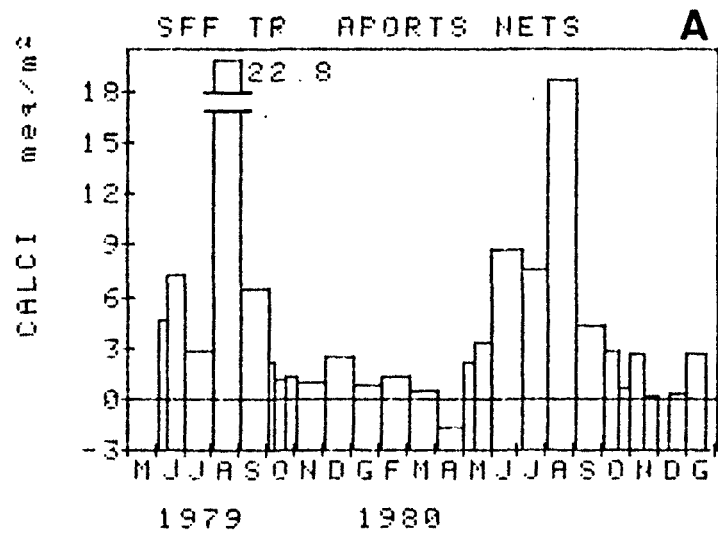


Figura 7.23 Aports nets en el trascol soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.
 (A) calci (B) magnesi (C) nitrat

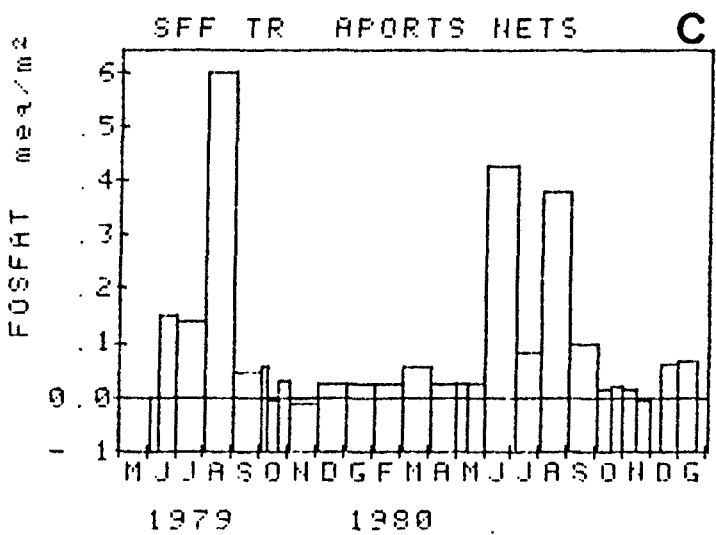
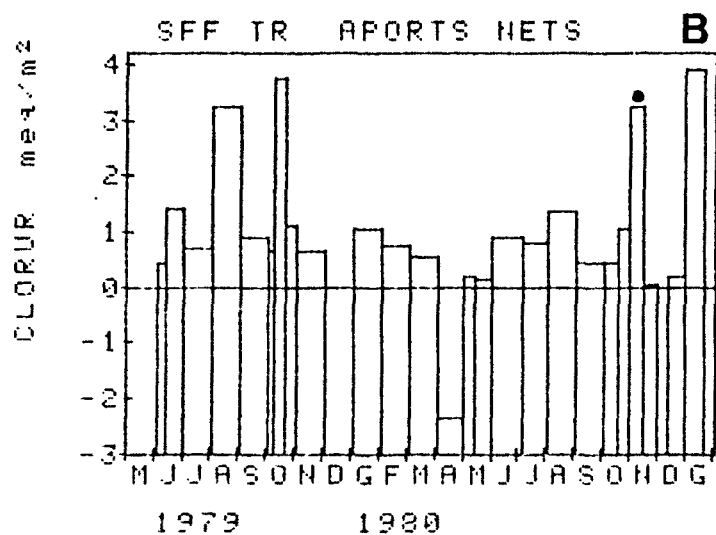
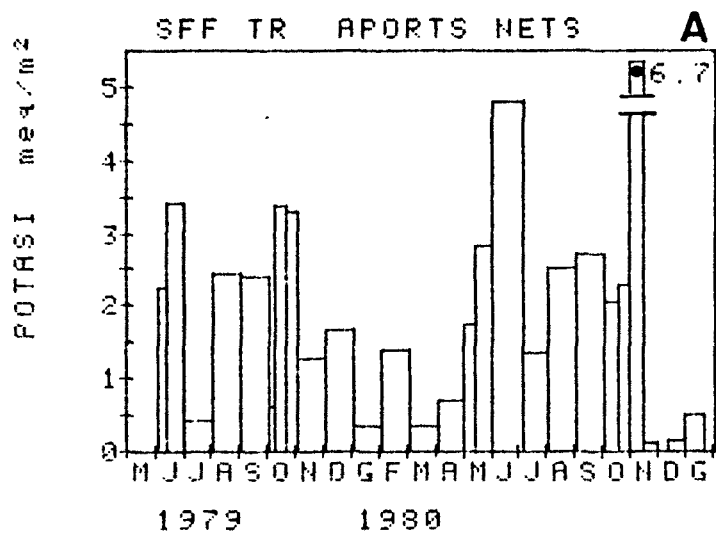


Figura 7.24 Aports nets en el trascol soluble de la fageda de Santa Fe, per períodes de recollida.
 (A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat
 • = valor estimat

(taula 7.8, fig. 7.30).

K:

Els aportats nets de K a la fageda són també molt estacionals, amb valors alts de maig a octubre (fig. 7.24 a). La pauta és però molt diferent de la del Ca. Hi ha dos pics de K, un al juny i l'altra a l'octubre o novembre. El màxim mensual fou al novembre 1980 (7.42 meq/m²/mes, però aquest és un valor estimat, veure apartat 7.8.2.2), seguit de l'octubre 1979 (7.24), juny 1979 (5.66), juny 1980 (4.81), maig 1980 (4.56), i octubre 1980 (4.34). Aquests són els únics mesos que superaren els 4 meq K/m²/mes.

El màxim d'octubre-novembre correspon al període de senescència i caiguda de la fulla, moment en que la lixiviació de K sembla ser màxima (taula 7.6). Aquest màxim de tardor ha sigut descrit en les altres fagedes estudiades (Denaeyer 1969, Lemée 1974, Matzner et al. 1982), i en altres boscos caducifolis (Eaton et al. 1973, Best i Monk 1975). En el nostre estudi, la diferència entre els aportats nets de K als octubres de 1979 i 1980 està clarament relacionada amb la meteorologia i fenologia de les respectives tardors. L'octubre de 1979 fou molt plujós, mentre que el de 1980 fou sec i temperat, i la senescència s'endarrerí. A primers de novembre de 1980 quedaven als arbres moltes més fulles que l'any anterior.

Contràriament, el pic de juny no apareix, almenys de manera consistent, en la bibliografia consultada. A la fageda de Santa Fe, el pic d'aports nets de K del mes de juny es presentà en els dos anys estudiats, i amb magnituds semblants. Les causes que produeixen aquest màxim ens són desconegudes. Es considera que les fulles joves perden el seu K amb més dificultat que les madures o senescents (Tukey et al. 1958), fet que podria estar relacionat amb la major integritat de les cutícules o amb la major demanda de nutrients per part de les fulles joves. A Hubbard Brook, Gosz et al. (1975) lixivieren fulles per immersió en aigua desionitzada durant 4-5 setmanes. En el mostratge de 1965, tant les fulles de sol com les d'ombra de Fagua grandifolia agafades de l'arbre el 12 de juliol i el 23 d'agost perderen molt poc K durant l'experiment, mentre que les agafades el 20 de setembre i el 25 d'octubre en perderen molt. Contràriament, en el mostratge de 1966, les fulles de la mateixa espècie agafades el 26 de juliol perderen molt K, tant o més (en termes absoluts: mg K/m² de fulla) que les agafades el 25 d'octubre. Es mostrejà un sol faig cada any. La diferència de resultats entre els 2 anys (no comentada pels autors, i que s'obtingué també amb Betula alleghaniensis i, en part, amb Acer saccharum) no permet de treure conclusions sobre la lixiviació de K al llarg de la vida de la fulla del faig americà, excepte que la lixiviació és gran en les fulles senescents.

A la fageda de Santa Fe, el faig florí massivament al maig 1979, mentre que la floració fou gairebé nul·la al 1980. El fet de que els pics de K siguin semblants al juny dels dos

anys sembla indicar que no estan relacionats amb la floració del faig.

Nombrosos insectes filòfags (p.e.x. el curculiònid Rhynchaenus fagi) tenen la seva activitat més intensa a les capçades de la fageda als mesos de maig i juny. Els adults i les larves d'aquests insectes creen ràpidament un cert percentatge d'àrees necròtiques en les fulles del faig. Es probable que les parts necròtiques siguin lixiviatades amb les primeres plujes. No sabem si aquest efecte és quantitativament prou important com per a explicar els màxims de juny del K. De fet, no tenim dades per a pensar que l'abundància de filòfags a Santa Fe, tot i ser considerable, sigui major que en altres fagedes europees on no es dona aquest màxim de juny. No és impossible que intervinguin en el rentat del K altres organismes com insectes xucladors (homòpters principalment), així com els excrements, restes, i secrecions d'altres artròpodes i de microorganismes, d'ocells, etc.

Mg:

Les variacions temporals dels aportats nets de Mg a la fageda presenten característiques intermitges entre les del K i les del Ca (fig. 7.23 b). Els pics més importants de Mg, com els de Ca, foren als mesos d'agost. Com el K, el rentat de Mg fou important als mesos de juny. El pic de la primera quinzena de novembre 1980 fou segurament produït a l'hora per la impactació d'aerosols marins (veure el pic de Na a la fig. 7.22 b), per la lixiviació de les fulles senescentes,

(vegi's el pic estimat de K a la fig. 7.24 a), i per la contaminació del trascol (veure apartat 7.8.2.2).

A diferència de Na i del Cl, els aportos nets de Mg tingueren una variació estacional ben definida.

Durant la senescència del 1979 no hi hagué un màxim massa definit d'aports nets de Mg, encara que el valor d'octubre 1979 fou relativament alt ($1.03 \text{ meq/m}^2/\text{mes}$). Els aportos nets foren menors a l'octubre 1980, igual que succeí amb el K.

NO_3 :

A diferència de l'alzinar, els aportos nets de NO_3 a la fageda variaren estacionalment, amb màxims d'agost (fig. 7.23 c). Els aportos nets de NO_3 foren baixos a la fase senescent, i relativament alts a l'hivernal (taula 7.6 fig. 7.23c).

Cl:

Al contrari que a l'alzinar, la variació temporal dels aportos nets de Cl a la fageda fou molt semblant a la de Na (figs. 7.22 b i 7.24 b).

PO_4 :

Els aportos nets de PO_4 foren apreciables només de juny a setembre (fig. 7.24 c). Els aportos foren molt més baixos que els dels altres ions. Hi hagué 3 pics destacats: agost 1979, juny 1980, i agost 1980. Ni tan sols les precipitacions molt abundoses, i molt àcides, del febrer i del maig 1980

conseguien lixiviar PO_4 . Observi's que l'aparició d'aports nets de PO_4 es produeix amb endarreriment amb respecte de l'aparició de les fulles; la brotada estava ja molt avançada a mitjans de maig 1980.

Pot semblar que la pauta d'aports nets de PO_4 a la fageda depèn molt de la presència o absència de fulles (fig. 7.24c). La mateixa variació estacional s'observa però a l'avetosa (fig. 7.27 c).

7.5.3.3 L'avetosa

A l'avetosa, igual que a la fageda, els aports nets en el trascol resultaren negatius en molt pocs casos. La gran nevada de gener 1980 donà aports negatius de Na, Mg, NO_3 , Cl i PO_4 , però només els de NO_3 i Cl ho foren apreciablement; en aquesta ocasió els embuts dels col·lectors vessaren de neu, de manera que els aports negatius podrien haver resultat d'aquesta deficiència de mostratge. L'únic altre aport net negatiu fou el de NO_3 a la tercera recollida d'octubre 1979 ($-0.02 \text{ meq/m}^2/\text{període}$).

A l'avetosa, els aports nets de Na, K, Ca, Mg, i Cl, tingueren una variació temporal molt semblant entre sí (figs. 7.25 a 7.27). Tots es caracteritzaren per tenir màxims mensuals a l'agost 1979, octubre 1979, i febrer 1980, i per donar aports relativament baixos entre novembre 1979 i març 1980 (llevat del febrer). D'abril a setembre 1980 els aports

nets d'aquests ions foren relativament constants, i intermitjos entre els màxims i els mínims comentats.

La variació temporal del NO_3 fou molt semblant a la dels ions anteriors, excepte que el màxim d'abril 1980 fou de la mateixa importància que el de febrer, i que els pics d'agost 1979 i d'octubre 1979 foren menys destacats.

El PO_4 fou l'ió amb estacionalitat més acusada a l'avetosa (fig. 7.27 c). Aports nets apreciables només es donaren de juny a les primeries d'octubre, essent pràcticament nuls durant tota la resta de l'any. Aquesta pauta de variació és gairebé idèntica a la del PO_4 a la fageda (fig. 7.24 c). Els aports nets de PO_4 a l'avetosa foren en tot moment molt inferiors als de tots els altres ions (excepte H).

Quantitats importants de K es renten als mesos d'agost (fig. 7.27 a), mes de màxima caiguda de fulla a l'avetosa (A.M.C. Verdú, com. pers.), i (presumiblement) de major abundància de fulles senescentes a les capçades. Els aports nets de K a SFA estan però molt lligats, com els dels altres ions, a la pluviositat. Així, els màxims mensuals corresponen a l'octubre 1979 i al febrer 1980, els mesos de majors precipitacions durant l'estudi de l'avetosa.

Sodi i Cl tingueren un pic molt més important a l'agost 1979 que al de 1980 (figs. 7.25 b i 7.27 b), igual que passà a la fageda.

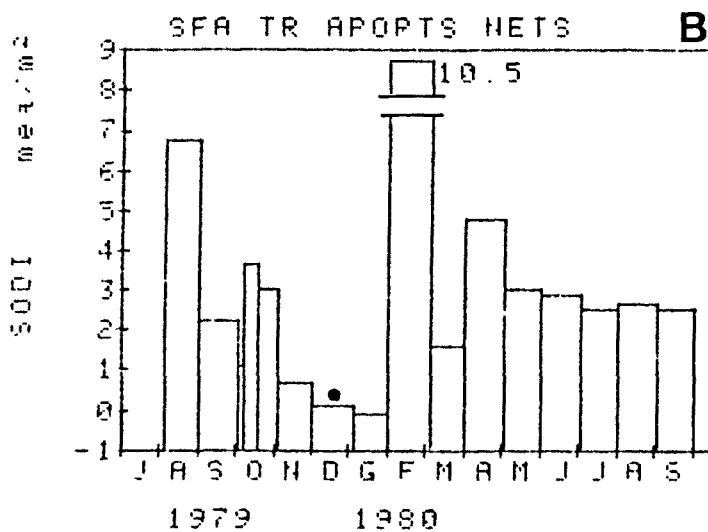
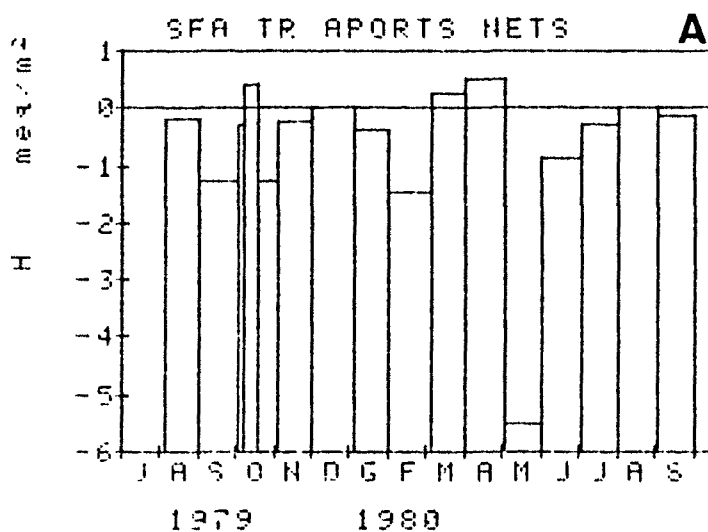


Figura 7.25 Aports nets en el trascol soluble de l'avetosa de Passavets, per períodes de recollida.

- (A) hidrogenions (calculat a partir dels pHs)
- (B) sodi

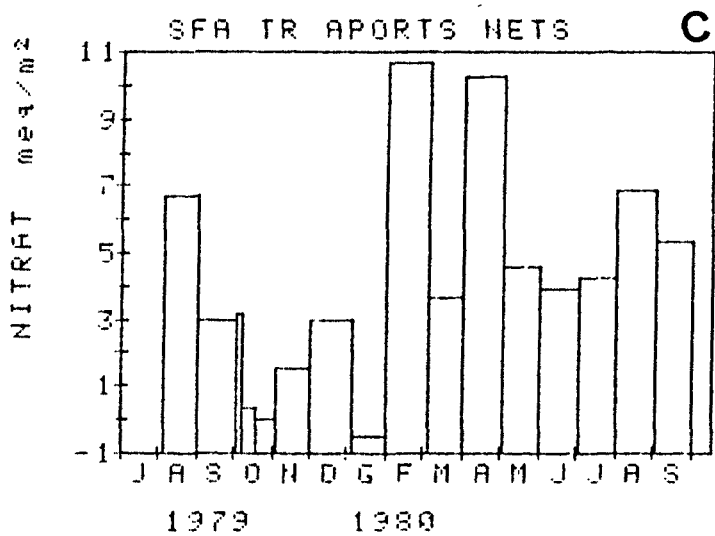
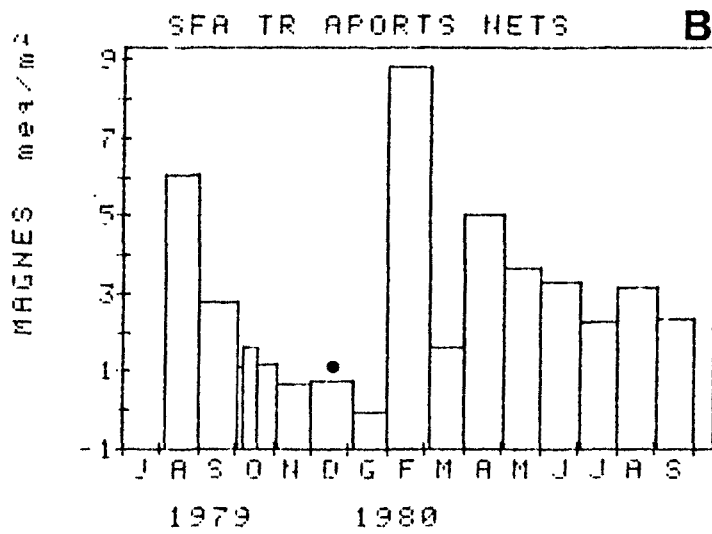
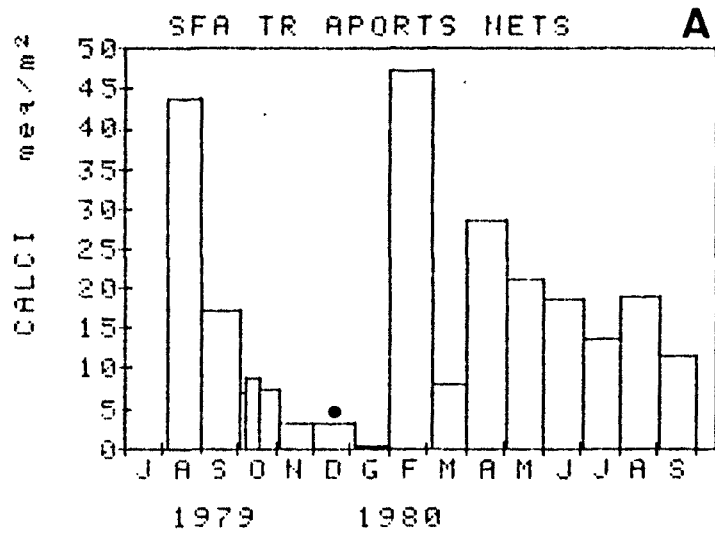


Figura 7.26 Aports nets en el trascol soluble de l'avetosa de Passavets, per períodes de recollida.
 (A) calci (B) magnesi (C) nitrat
 • = valor estimat

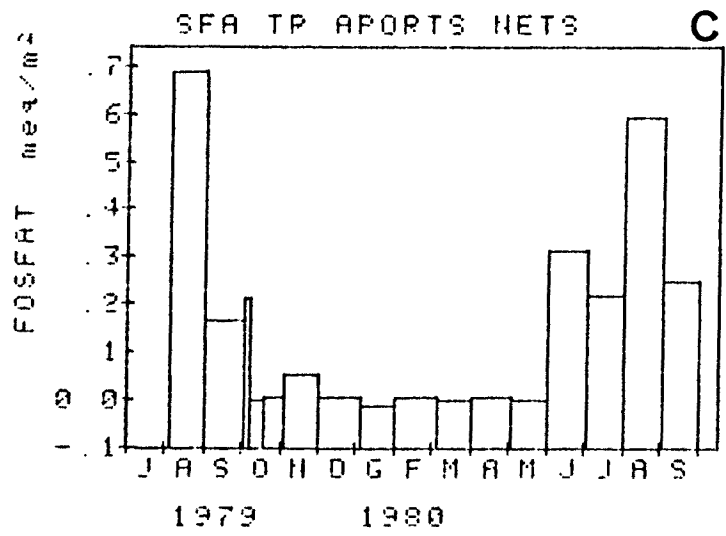
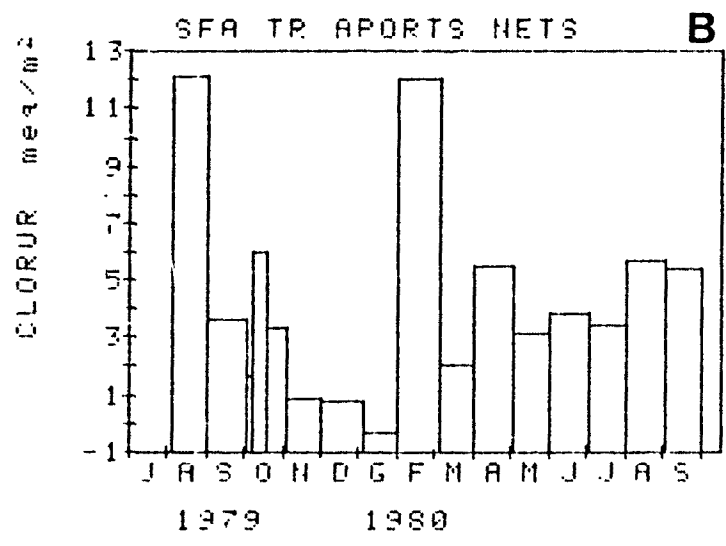
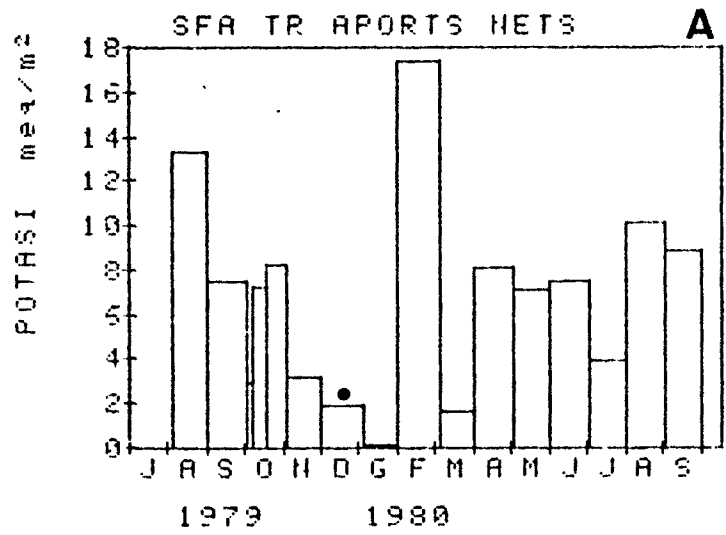


Figura 7.27 Aports nets en el trascol soluble de l'avetosa de Passavets, per períodes de recollida.
 (A) potassi (B) clorur (C) ortofosfat
 • = valor estimat

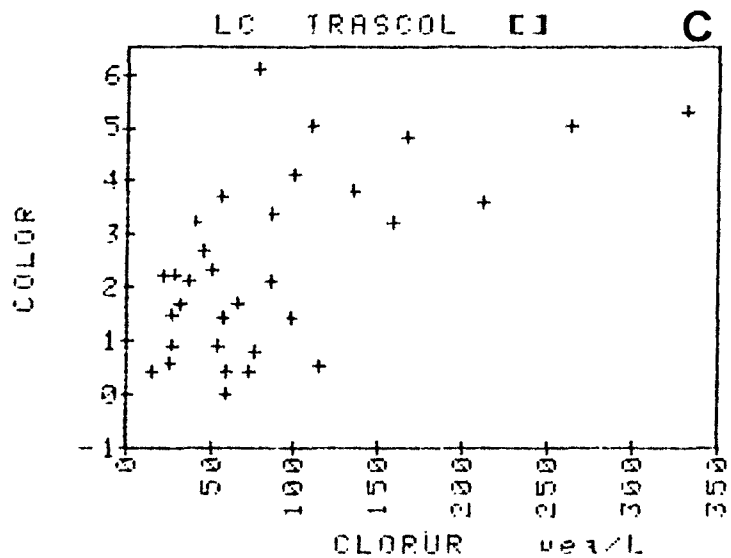
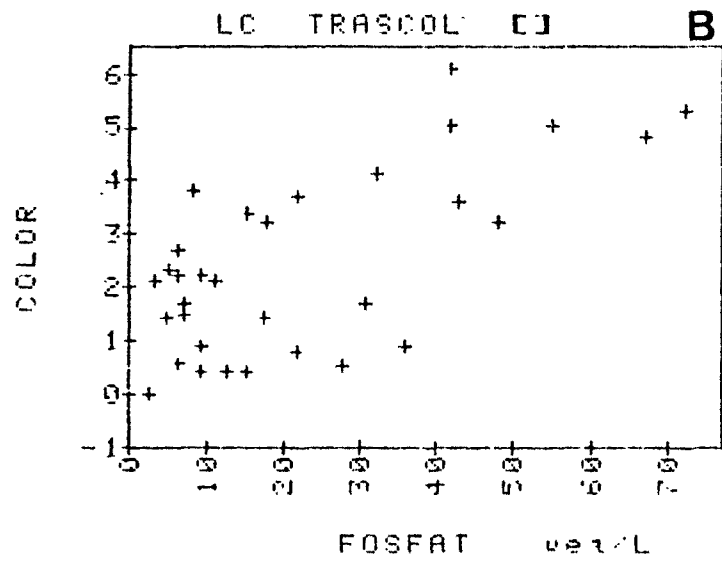
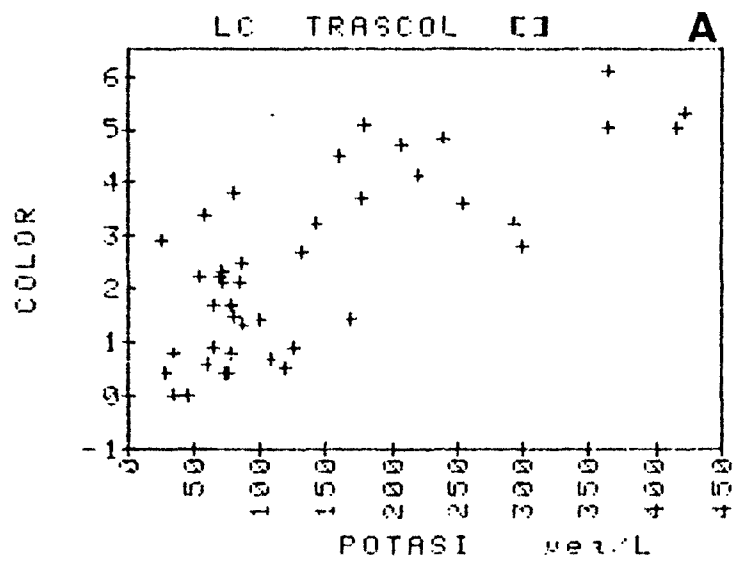


Figura 7.28 Alzinar de La Castanya: relacions entre les concentracions iòniques i la intensitat del color orgànic del trascol (veure text).

(A) potassi (B) ortofosfat (C) clorur

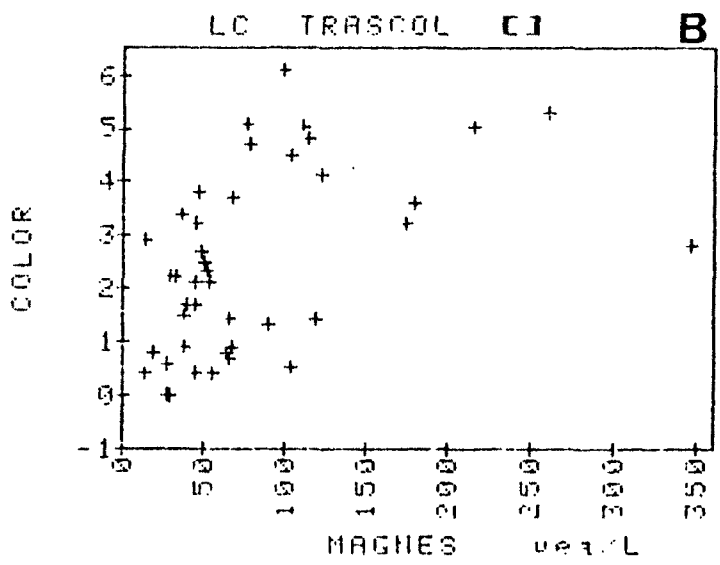
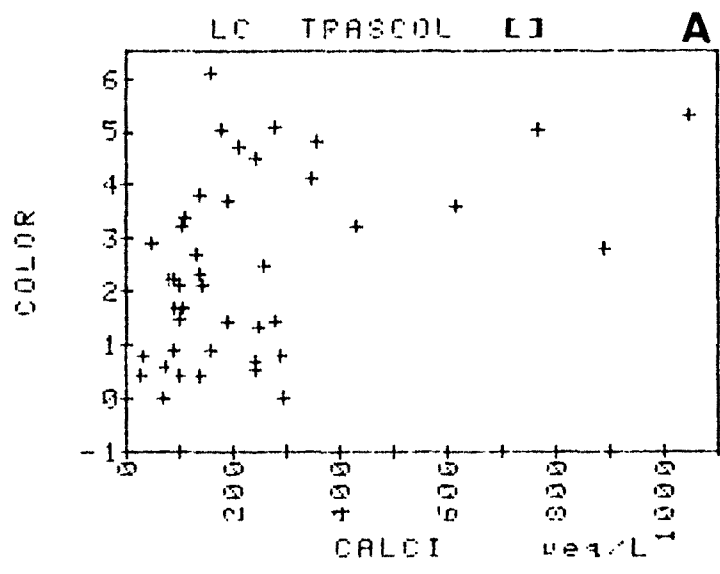


Figura 7.29 Com la fig. 7.28 .
 (A) calci (B) magnesi

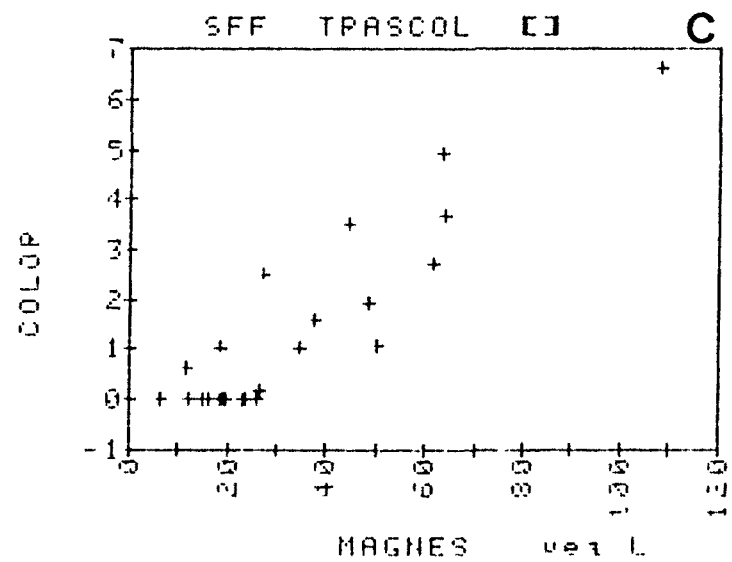
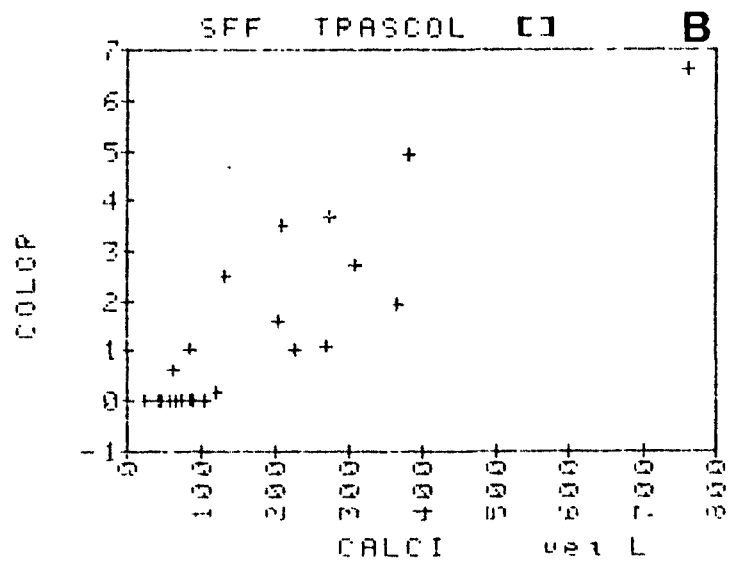
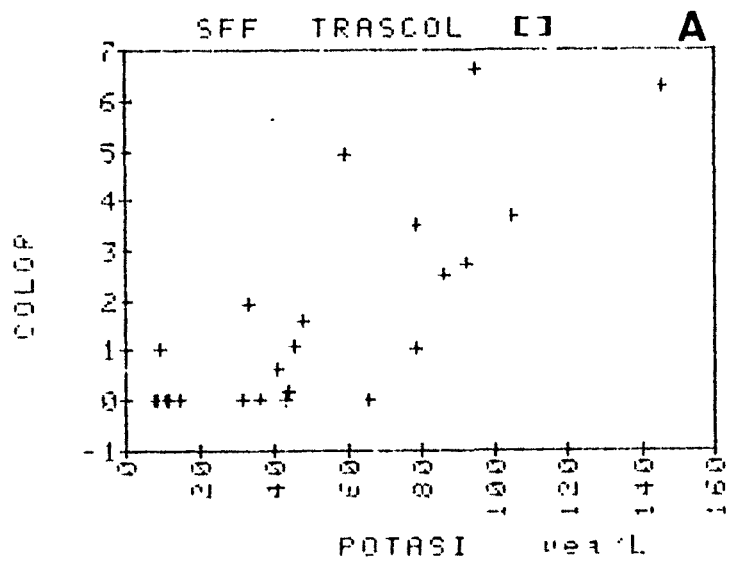


Figura 7.30 Com la fig. 7.28, per a la fageda de Santa Fe.

(A) potassi (B) calci (C) magnesi

El Ca tingué un pic destacat a l'agost 1979 però no a l'agost 1980 (fig. 7.26 a), mentre que a la fageda el pic fou molt important els dos anys (fig. 7.23 a).

El pic de NO_3 a l'abril 1980 (fig. 7.26 c), coincidí amb l'aport de considerables quantitats de pol.len de pí (apartat 6.9.2). A l'alzinar i a la fageda no es produïren màxims d'aports nets de NO_3 en aquest mes (figs. 7.20 c i 7.23 c).

A l'avetosa, al contrari que a l'alzinar i a la fageda, no s'observà cap màxim estacional destacat en la intensitat del color orgànic del trascol. Aquest resultà moderadament colorejat en tota època, i bastant colorejat de juny a setembre 1980. Les concentracions de Na, K, Mg, i Cl estan molt correlacionades amb el color orgànic a l'avetosa (taula 7.8). Aquest és l'únic dels tres boscos en què el Na està correlacionat amb el color orgànic (taula 7.8).