

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



FERRAN RODÀ

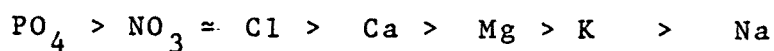
Departament d'Ecologia
Facultat de Ciències
Universitat Autònoma de Barcelona

març 1983

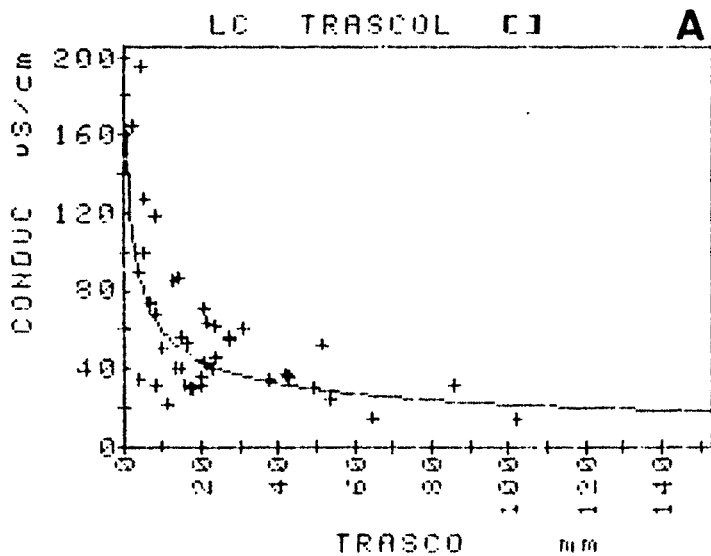
7.6 Relació entre les concentracions i la quantitat de trascol a l'alzinar

A les figures 7.31 a 7.33 es representen la conductivitat i les concentracions iòniques respecte de la quantitat de trascol a l'alzinar. Igual que en la deposició global (apartat 6.5), hi ha una disminució hiperbòlica de les concentracions en augmentar el trascol, però la dispersió dels punts és considerable, especialment per sota de 20 mm de trascol per quinzena. El Na és l'ió menys correlacionat amb el trascol (fig. 7.31 b).

Les regressions potencials ajustades als núvols de punts es poden veure a les figures 7.31 a 7.33 i, sobreposades, a la figura 7.34. En el millor dels casos (Cl, Mg, PO₄, i Ca), la variància de les concentracions "explicable" per la quantitat de trascol és del 40-50%. Excepte per al Na, els exponents de les regressions varien entre -0.34 i -0.68 (figs. 7.31 a 7.33). En termes relatius respecte de les concentracions a precipitacions molt escasses (p. ex. 1 mm. de trascol), la rapidesa de la disminució de les concentracions en augmentar el trascol vé donada pel valor absolut d'aquest exponent, i l'ordenació resultant és:



Només en el cas del K la regressió exponencial dóna millor ajust (r^2 més gran) que la potencial. La regressió exponencial per al K és (K en µeq/L, TR en mm, n=55, $r^2=0.309$):



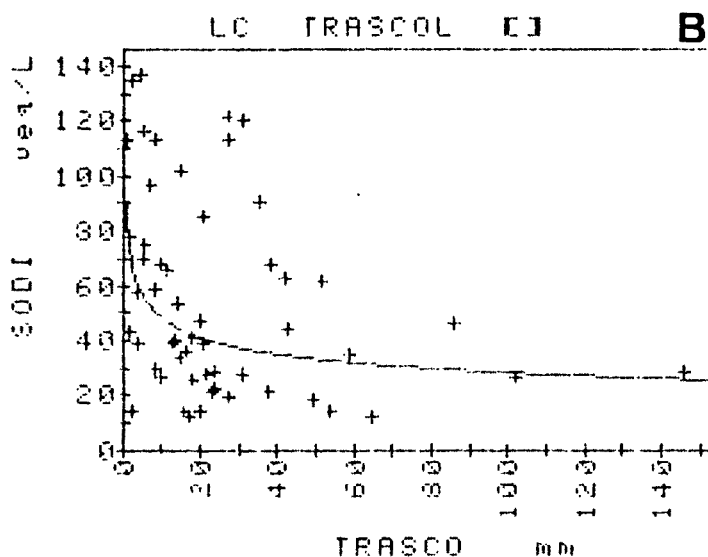
$$\text{COND} = a \text{ TR}^b$$

$$a = 161.46$$

$$b = -0.4351$$

$$n = 42$$

$$r^2 = 0.438$$



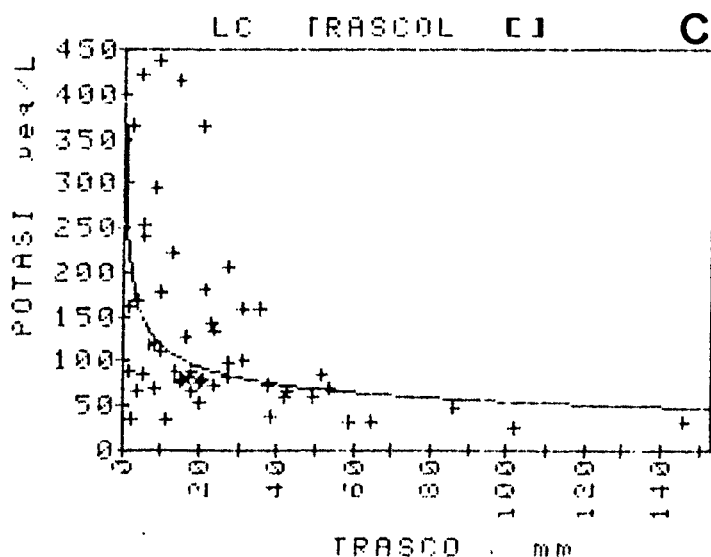
$$\text{Na} = a \text{ TR}^b$$

$$a = 82.16$$

$$b = -0.2306$$

$$n = 54$$

$$r^2 = 0.131$$



$$\text{K} = a \text{ TR}^b$$

$$a = 256.33$$

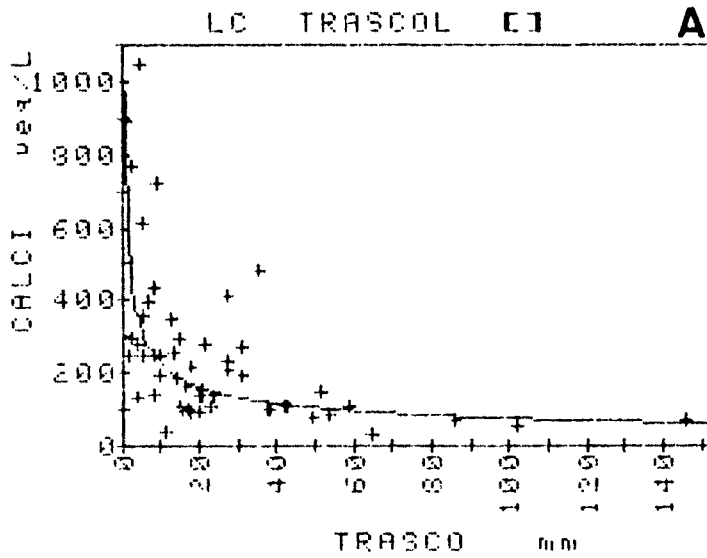
$$b = -0.3363$$

$$n = 55$$

$$r^2 = 0.247$$

Figura 7.31 Alzinar de La Castanya: relació entre les concentracions en el trascol brut soluble i la quantitat de trascol, per períodes de recollida. Regressions al marge.

(A) conductivitat a 20°C (B) sodi (C) potassi



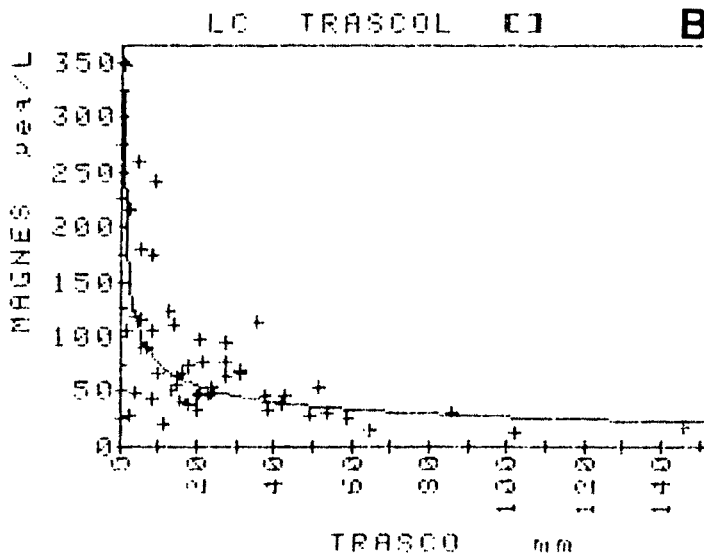
$$\text{Ca} = a \text{ TR}^b$$

$$a = 687.13$$

$$b = -0.4835$$

$$n = 54$$

$$r^2 = 0.423$$



$$\text{Mg} = a \text{ TR}^b$$

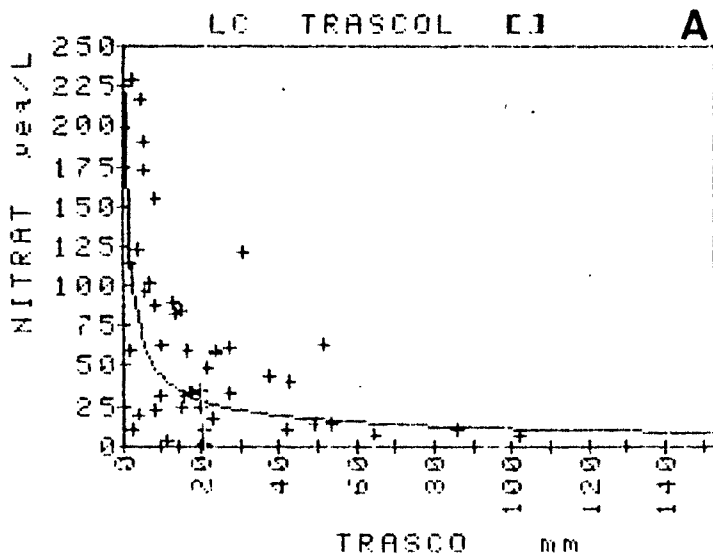
$$a = 215.62$$

$$b = -0.4543$$

$$n = 54$$

$$r^2 = 0.444$$

Figura 7.32 Com la fig. 7.31 .
 (A) calci (B) magnesi



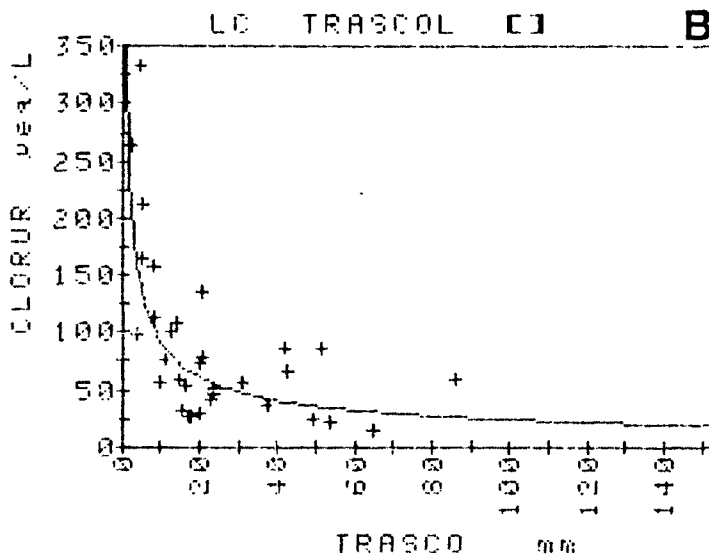
$$\text{NO}_3 = a \text{ TR}^b$$

$$a = 170.70$$

$$b = -0.5936$$

$$n = 47$$

$$r^2 = 0.217$$



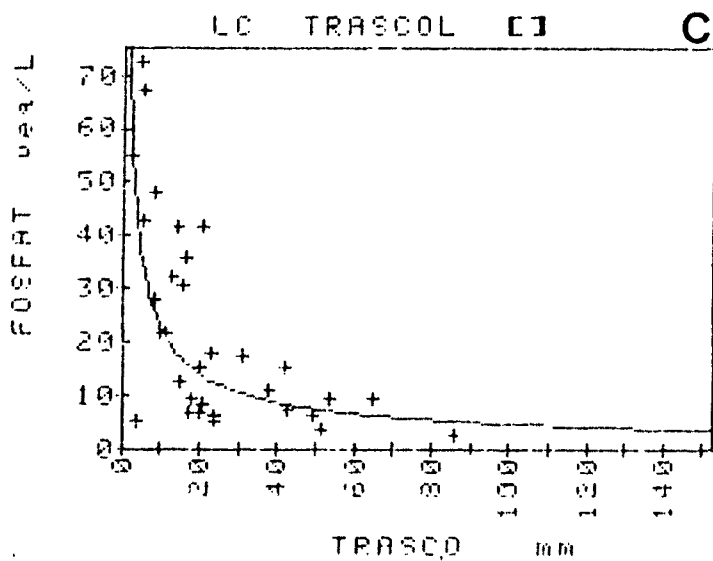
$$\text{Cl} = a \text{ TR}^b$$

$$a = 355.72$$

$$b = -0.5877$$

$$n = 32$$

$$r^2 = 0.472$$



$$\text{PO}_4 = a \text{ TR}^b$$

$$a = 108.50$$

$$b = -0.6833$$

$$n = 32$$

$$r^2 = 0.429$$

Figura 7.33 Com la fig. 7.31.

(A) nitrat (B) clorur (C) ortofosfat

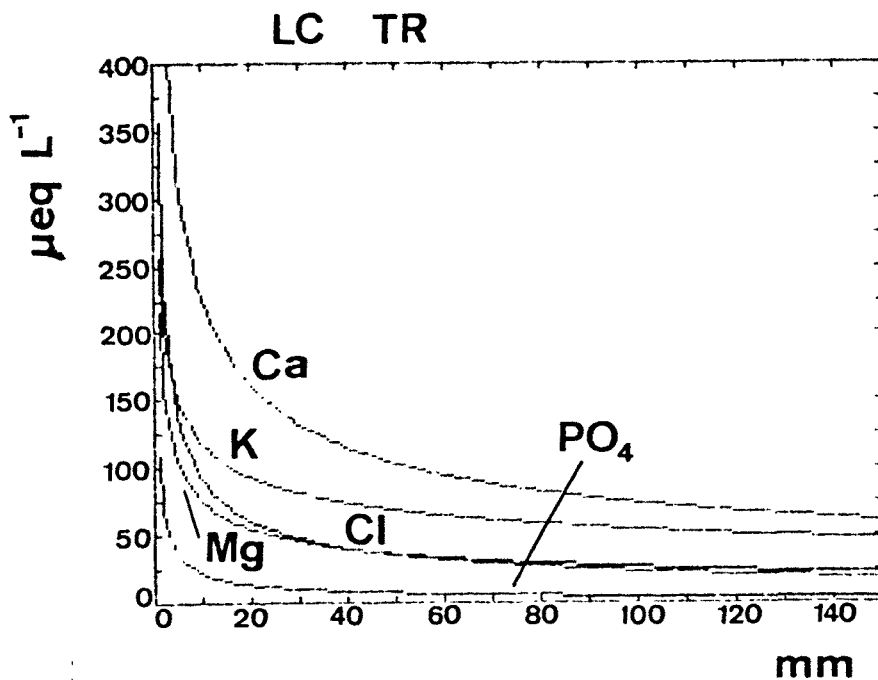


Figura 7.34 Alzinar de La Castanya: regressions potencials entre les concentracions iòniques en el trascol brut i la quantitat de trascol.

La corba del nitrat queda entre la del magnesi i la de l'ortofosfat. La del Na no es representa perquè la correlació és molt baixa. Els paràmetres de les regressions es poden veure en les figures 7.31 a 7.33.

Les corbes representades combinen els efectes de dilució que tenen lloc en la deposició global i en els materials rentats de les capçades.

$$K = 150.15 \exp (-0.0152 TR)$$

Aquesta regressió aventatja a la potencial per la seva major correlació, i pei a donar millors prediccions en la branca horitzontal de la hipèrbola. Els errors estàndar de les estimacions són molt semblants a les dues regressions. En canvi, la regressió potencial prediu millor les concentracions de K en la branca vertical: la concentració màxima predita per l'exponencial és de 150 µeq/L, valor que es supera amplament en realitat (fig. 7.31 c). Per aquest motiu, i per tal de mantenir la comparabilitat entre els ions, retenim la regressió potencial també pel K (fig. 7.31 c).

Amb les corbes sobreposades (fig. 7.34) es pot veure que, en les concentracions mitjanes predites per les regressions, el Ca manté el seu domini al llarg de tota la gamma mesurada de trascol. La diferència entre K i Ca es fa però més petita a precipitacions abundoses. Noti's que les corbes de Cl i Mg són molt semblants (fig. 7.34), malgrat la diferència entre els paràmetres de les regressions respectives (figs. 7.32 b i 7.33 b): una concentració inicial més alta de Cl es veu compensada per un exponent més negatiu pel Mg.

Cal recordar que les corbes de la fig. 7.34 combinen els efectes de dilució que es donen a la deposició global i al rentat de les capçades.

7.7 Correlacions iòniques

En les taules 7.9 a 7.14 es poden veure les matrius de correlació a les concentracions i als aports nets en el trascol dels boscos estudiats. A les taules 7.15 a 7.17 es comparen alguns coeficients de correlació en les concentracions a la deposició global, les concentracions al trascol, els aports al trascol brut, i als aports al trascol net. A les figures 7.35 a 7.48 es representen alguns dels núvols de punts per diferents parells d'ions.

7.7.1 Correlacions a les concentracions en el trascol brut

7.7.1.1 Correlacions amb la quantitat de trascol

A l'apartat 7.6 hem examinat amb cert detall aquestes relacions en el trascol de l'alzinar. Tots els coeficients de correlació lineal entre les concentracions dels ions analitzats i la quantitat de trascol són negatius a tots tres boscos, excepte els de Na i Cl a la fageda, i els de H als 3 llocs (taules 7.9 a 7.11). A l'alzinar i a l'avetosa, el Na és l'ió que té la correlació menys negativa amb el trascol. Aquest comportament del Na (i, en part, del Cl), es deu a la relació entre precipitacions abundoses i origen marítim al Montseny, com hem comentat a l'apartat 6.4.

Taula 7.8 Correlacions amb el color orgànic

Es donen els coeficients de correlació lineal entre la intensitat del color orgànic i les concentracions iòniques ponderades del trascol, per períodes de recollida. El color orgànic s'avaluà en una escala de 0 a 8, i es ponderaren per volum els diferents col·lectors d'un mateix bosc i període.

	ALZINAR ¹	FAGEDA ²	AVETOSA ³
Trascol ⁴	-0.19	-0.33	-0.21
Conductivitat	0.58	0.85	0.60
pH	0.33	0.74	0.48
Na	0.28	0.38	0.80
K	0.76	0.79	0.79
Ca	0.43	0.80	0.68
Mg	0.47	0.80	0.74
NO ₃	0.22	0.65	0.32
Cl	0.60	0.47	0.72
PO ₄	0.67	0.72	0.59

¹ de 24-6-78 a 3-2-81.

² de 3-6-79 a 4-2-81.

³ de 4-8-79 a 1-10-80.

⁴ quantitat de trascol.

Taula 7.9 Alzinar: matriu de correlació per a les concentracions en el trascol

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. El nombre d'observacions per a cada variable és a l'última columna.

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

	TRASCOL	CONDUC	pH	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	n
CONDUC	<u>-0.49</u>									42
pH	-0.19	0.31								49
Na	<u>-0.29</u>	<u>0.73</u>	<u>0.35</u>							54
K	<u>-0.41</u>	<u>0.86</u>	<u>0.32</u>	<u>0.46</u>						55
Ca	<u>-0.43</u>	<u>0.95</u>	<u>0.37</u>	<u>0.73</u>	<u>0.74</u>					54
Mg	<u>-0.45</u>	<u>0.99</u>	<u>0.31</u>	<u>0.66</u>	<u>0.83</u>	<u>0.93</u>				54
NO ₃	<u>-0.39</u>	<u>0.87</u>	<u>0.31</u>	<u>0.63</u>	<u>0.52</u>	<u>0.84</u>	<u>0.90</u>			47
Cl	<u>-0.48</u>	<u>0.93</u>	0.34	<u>0.94</u>	<u>0.74</u>	<u>0.94</u>	<u>0.92</u>	<u>0.82</u>		32
PO ₄	<u>-0.58</u>	<u>0.81</u>	<u>0.46</u>	<u>0.66</u>	<u>0.83</u>	<u>0.77</u>	<u>0.82</u>	<u>0.69</u>	<u>0.78</u>	32

Taula 7.10 Fageda: matriu de correlació per a les concentracions en el trascol

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. Estan incloses totes les fases fenològiques del faig. S'han exclòs del càlcul de les correlacions els valors molt alts obtinguts al juliol 1979. El nombre d'observacions per a cada variable és a l'última columna.

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

	TRASCOL	CONDUC	pH	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	n
CONDUC	-0.16									25
pH	-0.24	<u>0.64</u>								25
Na	0.33	0.28	0.14							25
K	-0.39	<u>0.59</u>	<u>0.76</u>	0.03						24
Ca	-0.27	<u>0.92</u>	<u>0.73</u>	0.18	<u>0.62</u>					25
Mg	-0.21	<u>0.95</u>	<u>0.73</u>	0.23	<u>0.71</u>	<u>0.96</u>				25
NO ₃	-0.38	<u>0.86</u>	<u>0.56</u>	0.09	<u>0.51</u>	<u>0.87</u>	<u>0.84</u>			24
Cl	0.20	0.39	0.29	<u>0.96</u>	0.17	0.30	0.36	0.17		23
PO ₄	-0.29	<u>0.84</u>	<u>0.61</u>	0.12	<u>0.56</u>	<u>0.90</u>	<u>0.87</u>	<u>0.71</u>	0.24	25

Taula 7.13 Fageda: matriu de correlació per als aportats nets en el trascal

Es donen els coeficients de correlació lineal, amb les variables sense transformar, per als aportats nets (aportats en el trascal menys aportats en la deposició global). Les correlacions estan basades en els períodes de recollida, entre el 3-6-79 i el 4-2-81, i inclouen totes les fases fenològiques del faig. Els aportats nets de H s'han calculat a partir del pH. El nombre d'observacions per a cada variable és a l'última columna.

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

	TRASCOL	CONDUC	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	n
CONDUC	-0.16									25
H	<u>-0.53</u>	0.21								25
Na	0.09	0.18	0.21							26
K	0.18	0.24	-0.33	0.27						25
Ca	-0.04	<u>0.73</u>	0.09	<u>0.41</u>	<u>0.41</u>					26
Mg	-0.04	<u>0.71</u>	-0.07	<u>0.59</u>	<u>0.57</u>	<u>0.85</u>				26
NO ₃	0.08	<u>0.69</u>	-0.00	<u>0.48</u>	0.21	<u>0.87</u>	<u>0.81</u>			25
Cl	0.12	0.19	0.30	<u>0.95</u>	0.26	0.36	<u>0.49</u>	<u>0.41</u>		25
PO ₄	-0.00	<u>0.57</u>	0.10	0.36	0.39	<u>0.89</u>	<u>0.74</u>	<u>0.77</u>	0.28	26

Taula 7.14 Avetosa: matriu de correlació per als aportats nets en el trascol

Es donen els coeficients de correlació lineal, amb les variables sense transformar, per als aportats nets (aports en el trascol menys aportats en la deposició global). Les correlacions estan basades en els períodes de recollida, entre el 4-8-79 i el 1-10-80. Els aportats nets de H estan calculats a partir del pH. El nombre d'observacions per a cada variable és a l'última columna.

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

	TRASCOL	CONDUC	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	n
CONDUC	-0.42									16
H	-0.37	0.33								16
Na	<u>0.85</u>	0.09	-0.10							15
K	<u>0.73</u>	0.25	-0.14	<u>0.91</u>						15
Ca	<u>0.71</u>	0.22	-0.17	<u>0.92</u>	<u>0.87</u>					15
Mg	<u>0.77</u>	0.19	-0.18	<u>0.94</u>	<u>0.87</u>	<u>0.98</u>				15
NO ₃	<u>0.53</u>	0.36	-0.02	<u>0.73</u>	<u>0.68</u>	<u>0.83</u>	<u>0.87</u>			16
Cl	<u>0.67</u>	0.23	0.01	<u>0.93</u>	<u>0.93</u>	<u>0.90</u>	<u>0.88</u>	<u>0.68</u>		16
PO ₄	-0.20	<u>0.61</u>	0.19	0.14	0.36	0.37	0.24	0.29	0.46	16

Taula 7.15 Alzinar: correlacions comparades

Es donen els coeficients de correlació lineal en: (1) les concentracions en la deposició global (CON DG); (2) les concentracions en el trascol (CON TR); (3) els aportats bruts en el trascol (AP TR); i (4) els aportats nets en el trascol (AN). A les taules 6.8, 7.9 , i 7.12 es poden veure les matrius de correlació completes, i el nombre d'observacions per a cada variable.

VARIABLES	CON DG	CON TR	AP TR	AN
pH - Ca	0.75	0.37	--	--
pH - Mg	0.60	0.31	--	--
pH - K	0.44	0.32	--	--
Na - Cl	0.79	0.94	0.98	0.73
Na - Mg	0.75	0.66	0.74	0.60
Mg - Cl	0.87	0.92	0.80	0.74
Cl - K	0.65	0.74	0.44	0.45
Mg - K	0.65	0.83	0.82	0.76
NO ₃ - K	0.52	0.52	0.27	-0.26
Mg - Ca	0.77	0.93	0.91	0.68
Mg - NO ₃	0.81	0.90	0.61	0.19
Ca - NO ₃	0.65	0.84	0.70	0.22
K - PO ₄	0.68	0.83	0.62	0.63
Ca - PO ₄	0.66	0.77	0.23	0.06
Mg - PO ₄	0.62	0.82	0.37	0.43
NO ₃ - PO ₄	0.23	0.69	-0.03	-0.25

Taula 7.16 Fageda: correlacions comparades

Es donen els coeficients de correlació lineal en: (1) les concentracions en la deposició global (CON DG); (2) les concentracions en el trascol (CON TR); (3) els aports bruts en el trascol (AP TR); i (4) els aports nets en el trascol (AN). A les taules 6.9, 7.10, i 7.13 es poden veure les matrius de correlació completes, i el nombre d'observacions per a cada variable.

VARIABLES	CON DG	CON TR	AP TR	AN
pH - Ca	0.60	0.73	--	--
pH - Mg	0.43	0.73	--	--
pH - K	0.52	0.76	--	--
Na - Cl	0.99	0.96	1.00	0.95
Na - Mg	0.76	0.23	0.69	0.59
Mg - Cl	0.80	0.36	0.70	0.49
Cl - K	0.09	0.17	0.13	0.26
Mg - K	0.31	0.71	0.53	0.57
NO ₃ - K	0.39	0.51	0.25	0.21
Mg - Ca	0.75	0.96	0.76	0.85
Mg - NO ₃	0.42	0.84	0.84	0.81
Ca - NO ₃	0.65	0.87	0.81	0.87
K - PO ₄	0.80	0.56	0.42	0.39
Ca - PO ₄	0.54	0.90	0.88	0.89
Mg - PO ₄	0.24	0.87	0.61	0.74
NO ₃ - PO ₄	0.45	0.71	0.60	0.77

Taula 7.17 Avetosa: correlacions comparades

Es donen els coeficients de correlació lineal en: (1) les concentracions en la deposició global (CON DG); (2) les concentracions en el trascol (CON TR); (3) els aportats bruts en el trascol (AP TR); i (4) els aportats nets en el trascol (AN). A les taules 6.10, 7.11 i 7.14 es poden veure les matrius de correlació completes, i el nombre d'observacions per a cada variable.

VARIABLES	CON DG	CON TR	AP TR	AN
pH - Ca	0.69	0.68	--	--
pH - Mg	0.60	0.62	--	--
pH - K	0.49	0.71	--	--
Na - Cl	0.99	0.94	0.96	0.93
Na - Mg	0.63	0.81	0.91	0.94
Mg - Cl	0.48	0.86	0.92	0.88
Cl - K	-0.25	0.87	0.90	0.93
Mg - K	0.36	0.82	0.88	0.87
NO ₃ ⁻ - K	0.47	0.81	0.70	0.68
Mg - Ca	0.83	0.98	0.97	0.98
Mg - NO ₃	0.47	0.88	0.88	0.87
Ca - NO ₃	0.52	0.83	0.86	0.83
K - PO ₄	0.88	0.87	0.37	0.36
Ca - PO ₄	0.41	0.79	0.31	0.37
Mg - PO ₄	0.30	0.78	0.16	0.24
NO ₃ ⁻ - PO ₄	0.64	0.58	0.27	0.29

7.7.1.2 Correlacions amb la conductivitat

Al contrari del que passa a la deposició global (apartat 6.5), en el trascol de tots tres boscos el pH i les concentracions iòniques estan bastant o molt correlacionats amb la conductivitat (taules 7.9 a 7.11): totes les correlacions són majors de 0.6 (excepte la del pH a l'alzinar, i les de Na i Cl a la fageda), i moltes són majors de 0.8.

En tots tres boscos, l'ió més correlacionat amb la conductivitat és el Mg ($r=0.95-0.99$), seguit del Ca ($r=0.92-0.95$). Les regressions d'aquests ions sobre la conductivitat tenen bastant valor predictiu. A l'alzinar obtenim (Mg, Ca, i K en $\mu\text{eq/L}$, conductivitat en $\mu\text{S/cm}$ a 20°C):

$$\text{Mg} = -7.38 + 1.3881 \text{ Cond} \quad r^2=0.974 \quad n=42 \quad S_{y.x}=8.76 \text{ (12.1\%)}$$

$$\text{Ca} = 23.58 + 2.0595 \text{ Cond} + 0.01580 \text{ Cond}^2 \quad r^2=0.929 \quad n=42$$

$$S_{y.x}=54.29 \text{ (25.1\%)}$$

$$\text{K} = -3.00 + 2.2160 \text{ Cond} \quad r^2=0.898 \quad n=40 \quad S_{y.x}=29.19 \text{ (23.9\%)}$$

(errors estàndar de les regressions en $\mu\text{eq/L}$. seguits del percentatge respecte de la mitjana aritmètica de la variable dependent. La regressió del K exclou dos períodes de recollida entre mitjans de juny i mitjans de juliol 1980, que donaren molt més K del que prediria la conductivitat. El terme quadràtic de la paràbola del Ca és altament significatiu).

En el cas del Mg, l'error estàndar de l'estimació és lleugerament menor que la mitjana aritmètica dels errors estàndar espacials (taula 7.1).

7.7.1.3 Correlacions entre les concentracions

En general, les correlacions entre les concentracions als tres boscos estudiats són bastant més altes al trascol que a la deposició global (taules 6.8 a 6.10, 7.9 a 7.11, i 7.15 a 7.17). Aquest augment no es deu a que unes poques concentracions extremes dominin les correlacions en el trascol; a l'alzinar, per exemple, després d'una doble transformació logarítmica, les correlacions es mantenen altes i la pauta de correlacions és molt semblant a la de correlacions linials (amb l'excepció del parell Mg-NO₃, que disminueix molt la seva correlació en prendre logarítmes).

Per a molts parells d'ions, les correlacions al trascol pugen o baixen sistemàticament amb respecte de la deposició global (taules 7.15 a 7.17). Entre els que pugen a tots tres boscos tenim: Ca-Mg, Mg-K, Mg-NO₃, Mg-PO₄, Ca-PO₄. La correlació Cl-Mg puja a l'alzinar i a l'avetosa, però baixa a la fageda. La correlació Na-Cl baixa als tres llocs.

7.7.2 Correlacions en els aportats nets

Les matrius de correlació dels aportats nets són molt diferents en cadascun dels boscos estudiats (taules 7.12 a 7.14).

A l'alzinar, les correlacions en els aportats nets són molt baixes (cap passa de 0.76), molt inferiors a les de les concentracions (taules 7.9, 7.12, i 7.15). És a dir, quan expressem els resultats en termes de fluxos i restem la deposició global, les correlacions idòniques en l'alzinar esdevenen molt més febles del que semblava.

A la fageda, algunes correlacions canvien respecte de les concentracions, però, en general, es mantenen a un nivell semblant (taules 7.10, 7.13, i 7.16). Hi ha, però, poques correlacions que siguin molt altes. Les majors són Na-Cl, Ca-NO₃, i Mg-Ca, totes elles superiors a 0.84.

A l'avetosa, al contrari que als altres dos boscos, els aportats nets de tots els ions (excepte H i PO₄) estan molt correlacionats entre ells (taules 7.11, 7.14, i 7.17): són moltes les correlacions superiors a 0.8, i bastants les superiors a 0.9.

7.7.2.1 Grups iònics en els aports nets

Segons les seves correlacions linials en els aports nets (taules 7.12 a 7.14), els ions analitzats poden classificar-se de la manera següent:

ALZINAR :	grup 1	Mg, Ca
	grup 2	K, Mg, PO ₄ (i, potser, Cl)
	grup 3	Na, Cl, Mg
	grup 4	NO ₃
	grup 5	H
FAGEDA :	grup 1	Mg, Ca, NO ₃ , PO ₄
	grup 2	K, Mg
	grup 3	Na, Cl (i, potser, Mg)
	grup 4	H
AVETOSA :	grup 1	Mg, Ca, Na, K, Cl, (i, potser, NO ₃)
	grup 2	PO ₄
	grup 3	H

Com es pot veure, algunes afinitats iòniques es mantenen a tots tres boscos, però l'agrupament és diferent en cada lloc. Observi's que el Mg pertany a tots els grups de més de 1 ió a tots tres boscos: és l'ió més correlacionat amb tots els altres. Això explica que la seva correlació amb la conductivitat sigui màxima (apartat 7.7.1.2), malgrat que

la seva concentració en el trascol sigui menor que la d'altres ions (taula 7.2). Els aportats nets de H no estan correlacionats amb els de cap altre ió analitzat en cap dels tres boscos. El mateix passa amb el NO_3 a l'alzinar, i amb el PO_4 a l'avetosa (la feble correlació positiva entre els aportats nets de H i NO_3 a l'alzinar ratlla la significació al 5%).

7.8 L'origen dels ions en els aportats nets

Les correlacions entre els aportats nets comentades a l'apartat anterior són correlacions entre les variacions temporals dels diferents ions. En principi, és possible que nutrients de diferent origen però amb la mateixa variació estacional en els seus aportats nets donguin correlacions elevades. Malgrat aquesta possibilitat, creiem que els grups iònics definits per les correlacions entre els aportats nets (apartat 7.7.2.1) són un punt de partida útil per a examinar l'origen dels nutrients que es renten de les capçades.

Les hipòtesis bàsiques sobre les que basarem les nostres interpretacions són que: la major part del Na en els aportats nets deriva dels aerosols marins; la major part del Ca, de la pols i aerosols continentals naturals o antropogènics; la major part del NO_3 , dels gasos i aerosols antropogènics; i la major part del K, de la lixiviació dels arbres.

En els apartats següents exposarem per cada bosc els arguments que recolzen aquestes hipòtesis, i les conseqüències que se'n deriven.

7.8.1 L'alzinar

La interpretació dels grups iònics en els aportats nets de l'alzinar (LC), és, potser, menys arriscada que a la fageda i a l'avetosa, perquè a LC Na, Ca, NO_3 , i K pertanyen cadascun a un grup diferent (apartat 7.7.2.1).

7.8.1.1 Deposició seca marina

En els aports nets de LC, Na, Mg, i Cl formen un grup relativament correlacionat (taula 7.12). Aquesta relació seria fruit de la impactació d'aerosols de sals marines en les capçades.

Els quocients Mg/Na i Cl/Na són majors en els aports nets que en la deposició global (taules 6.6 i 7.7), indicant que l'excés de Mg i Cl que existia ja a la deposició global ha augmentat en els aports nets. Això fa que el indicador més adequat de la deposició seca marina en els boscos estudiats sigui el Na.

A LC, els aports nets de Na en el trascol són, només, de 0.39 kg/ha/any. Aquesta és una quantitat molt petita (els aports en la deposició global a LC són de 4.60 kg Na/ha/any), el qual permet de treure les conclusions següents: (1) és probable que els aports nets de Na en el trascol de LC siguin deguts, principalment, a la deposició seca marina; (2) la impactació d'aerosols marins en l'alzinar de LC és, en base anual, escassa; i (3) la lixiviació de Na en aquest bosc és, probablement, petita, i, potser, negligible.

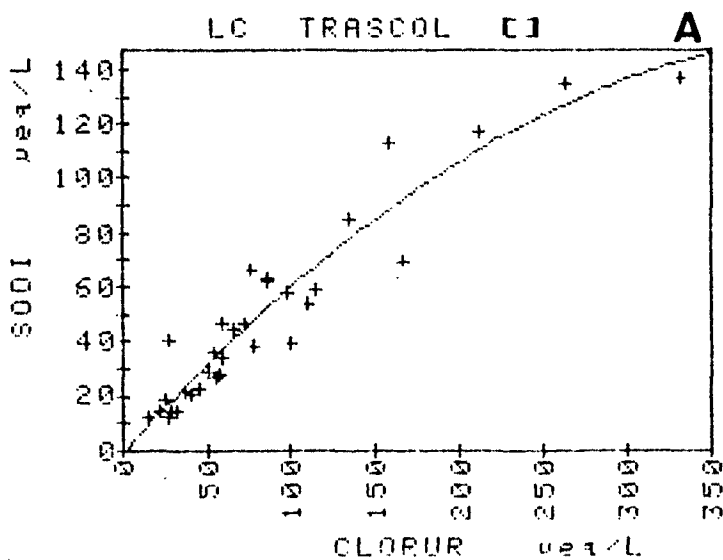
Les raons per les quals la deposició seca a LC podria ser relativament petita s'exposen al apartat següent. Pel que fa específicament a la deposició seca marina, es pot afegir a aquestes raons el fet de que la parcel·la experimental de LC està al fons d'un vessant orientat a W-NW i

que, molt probablement, el turó de Llançà la protegeix, eficaçment, dels vent marins que venen del E, SE, i S. (fig. 3.5).

Suposant que tot el Na en els aportats nets és d'origen marí, que no hi ha fraccionament en els aerosols (o és despreciable), i que no hi ha absorció preferent de Na en les capçades (o és menyspreable), i utilitzant els quocients iònics en l'aigua de mar i en els aportats nets (taules 6.6 i 7.7), es pot calcular que els aerosols marins contribueixen el 2.6% del Mg i el 17% del Cl dels aportats anuals nets en el trascol de LC. És a dir, la deposició seca marina no és la font de la major part del Mg i Cl que es renten de les capçades d'aquest bosc.

Pot sorprendre que els aportats nets de Na i Mg estiguin bastant correlacionats ($r=0.60$) quan només una mínima part dels aportats nets de Mg a LC sembla ser d'origen marí. L'examen del núvol de punts dels aportats nets de Na i Mg revela que la correlació baixaria molt excloent 3 punts perifèrics.

La relació entre Na i Cl es pot veure a la fig. 7.35. El núvol de punts és convex per a les concentracions en el trascol i per als aportats nets, però concau per als aportats bruts. Això es deu a que la concentració i els aportats nets de Cl augmenten més ràpidament que els de Na, però els aportats bruts elevats corresponen a períodes de forta influència marítima, fins i tot en el trascol, amb quocients Na/Cl relativament elevats. Podem recordar aquí que el quocient Na/Cl



$$Na = a + b Cl + c Cl^2$$

$$a = -1.11 \pm 5.0$$

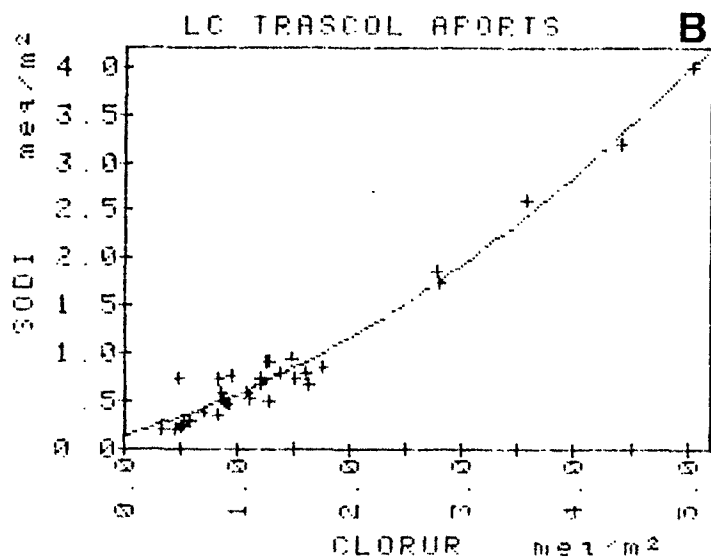
$$b = 0.6900 \pm 0.092$$

$$c = -7.7231 E-4 \pm 2.9 E-4$$

$$n = 32$$

$$r = 0.952$$

$$Sy.x = 11.1$$



$$Na = a + b Cl + c Cl^2$$

$$a = 0.138 \pm 0.084$$

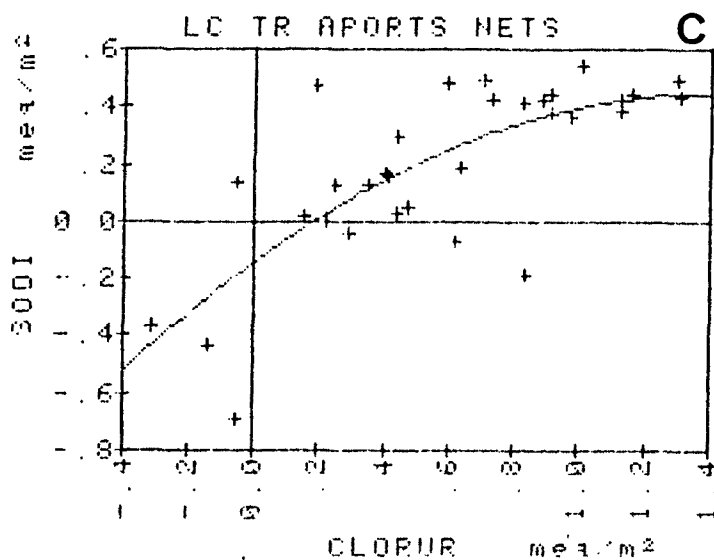
$$b = 0.3466 \pm 0.096$$

$$c = 0.08435 \pm 0.019$$

$$n = 32$$

$$r = 0.986$$

$$Sy.x = 0.151 \quad (16.5\%)$$



$$Na = a + b Cl + c Cl^2$$

$$a = -0.144 \pm 0.0666$$

$$b = 0.8375 \pm 0.225$$

$$c = -0.2958 \pm 0.188$$

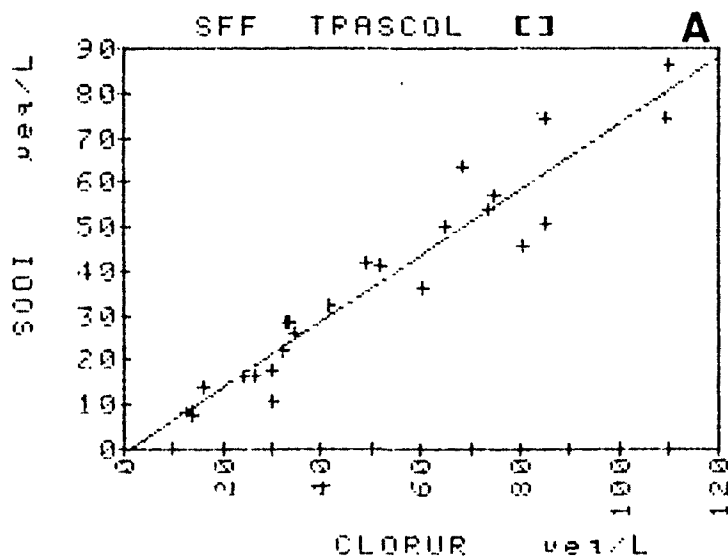
$$n = 32$$

$$r = 0.750$$

$$Sy.x = 0.207 \quad (109\%)$$

Figura 7.35 Alzinar de La Castanya: relació entre sodi i clorur en el trascol soluble. Regressions al marge.

(A) concentracions en el trascol brut
 (B) aportats bruts
 (C) aportats nets



$$Na = a + b Cl$$

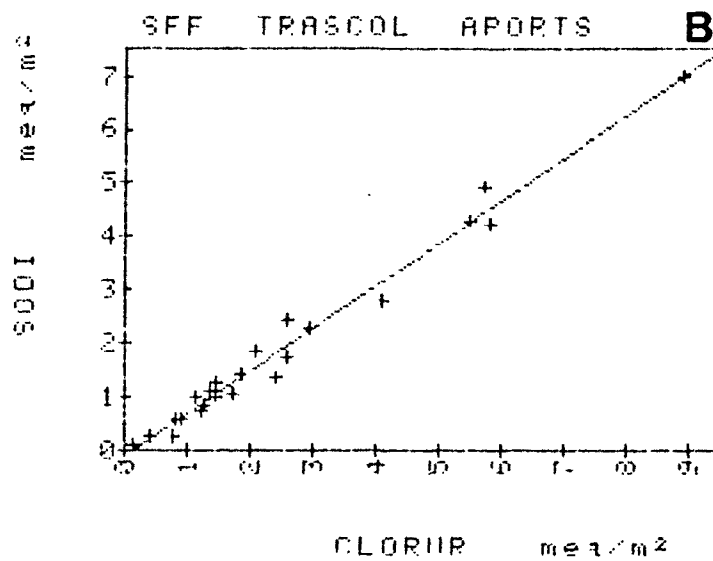
$$a = -1.10 \pm 3.0$$

$$b = 0.7453 \pm 0.050$$

$$n = 23$$

$$r = 0.956$$

$$Sy.x = 6.95 \quad (18.4\%)$$



$$Na = a + b Cl$$

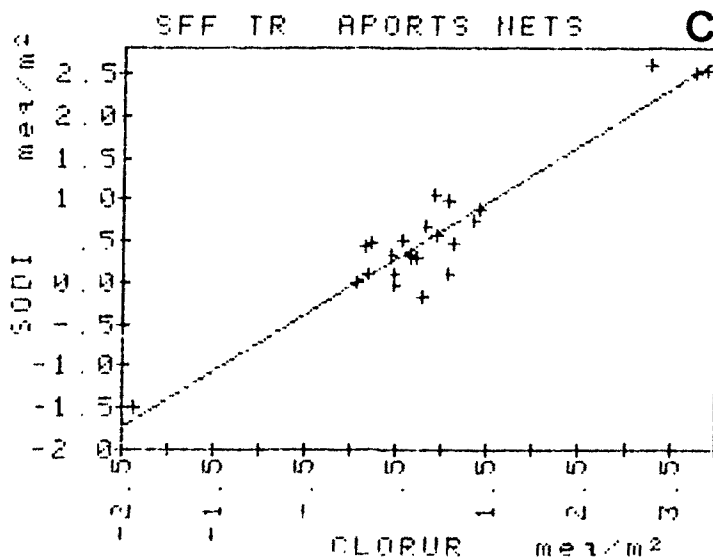
$$a = -0.126 \pm 0.075$$

$$b = 0.7955 \pm 0.023$$

$$n = 23$$

$$r = 0.991$$

$$Sy.x = 0.232 \quad (12.5\%)$$



$$Na = a + b Cl$$

$$a = -0.039 \pm 0.075$$

$$b = 0.6757 \pm 0.048$$

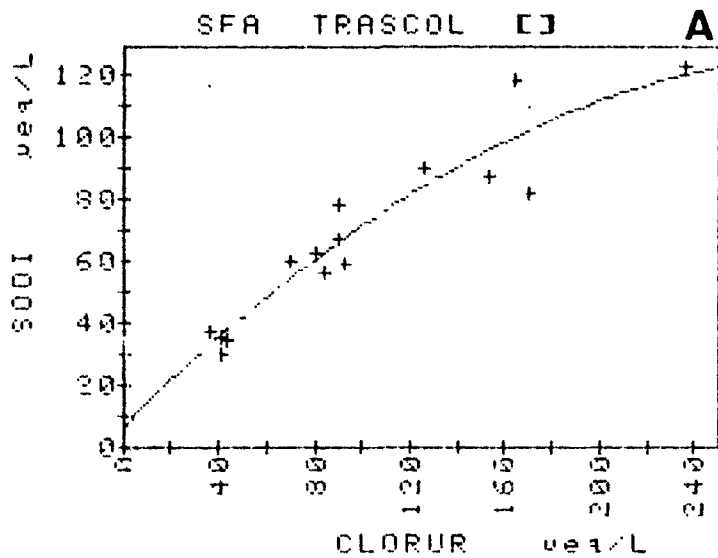
$$n = 24$$

$$r = 0.949$$

$$Sy.x = 0.292 \quad (49.3\%)$$

Figura 7.36 Com la fig. 7.35, per a la fageda de Santa Fe.

En (A), s'ha exclòs juliol 1979 del gràfic i de la regressió. En (B), s'ha exclòs febrer 1980 del gràfic i de la regressió.



$$Na = a + b Cl + c Cl^2$$

$$a = 6.48 \pm 10.2$$

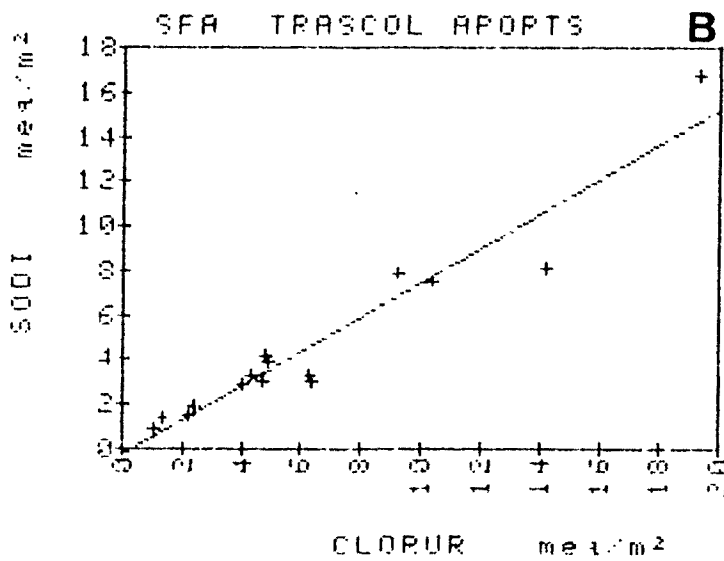
$$b = 0.7710 \pm 0.189$$

$$c = -1.2263 E-3 \pm 7.3 E-4$$

$$n = 15$$

$$r = 0.949$$

$$Sy.x = 9.85 \quad (14.5\%)$$



$$Na = a + b Cl$$

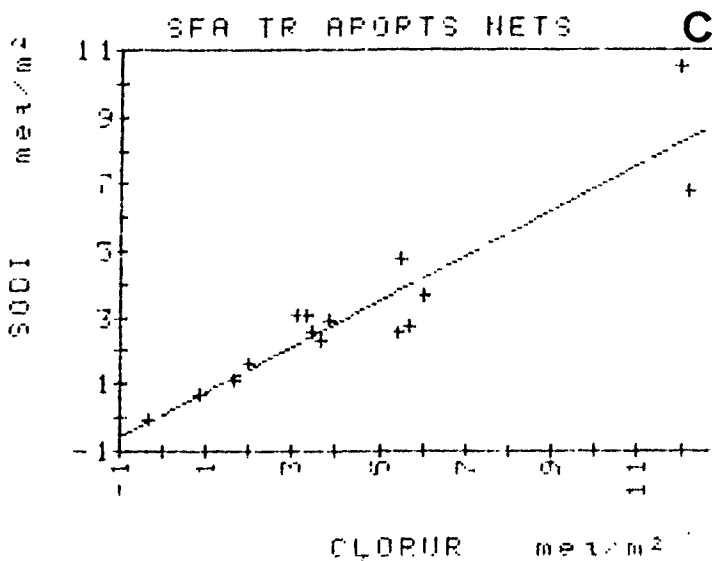
$$a = -0.334 \pm 0.49$$

$$b = 0.7776 \pm 0.061$$

$$n = 15$$

$$r = 0.962$$

$$Sy.x = 1.16 \quad (25.1\%)$$



$$Na = a + b Cl$$

$$a = 0.094 \pm 0.44$$

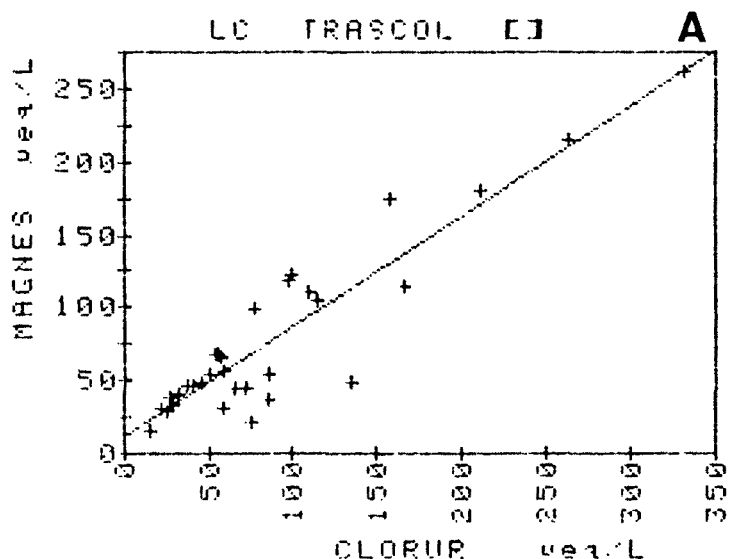
$$b = 0.6796 \pm 0.077$$

$$n = 15$$

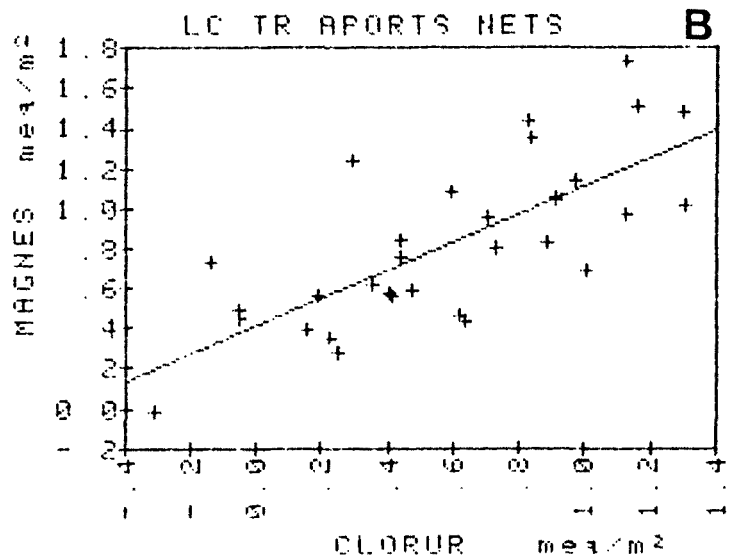
$$r = 0.926$$

$$Sy.x = 1.02 \quad (31.9\%)$$

Figura 7.37 Com la fig. 7.35, per a l'avetosa de Passavets.



$Mg = a + b Cl$
 $a = 10.46 \pm 6.63$
 $b = 0.7591 \pm 0.059$
 $n = 32$
 $r = 0.920$
 $Sy.x = 23.71$



$Na = a + b Cl$
 $a = 0.412 \pm 0.085$
 $b = 0.7018 \pm 0.118$
 $n = 32$
 $r = 0.737$
 $Sy.x = 0.282 \quad (34.4\%)$

Figura 7.38 Alzinar de La Castanya: relació entre magnesi i clorur al trascal soluble, per períodes de recollida. Regressions al marge.
 (A) concentracions en el trascal brut
 (B) aportes nets

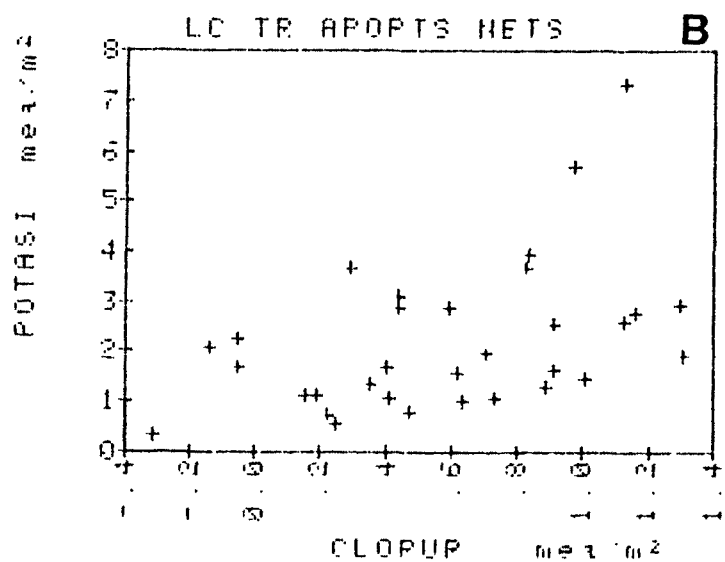
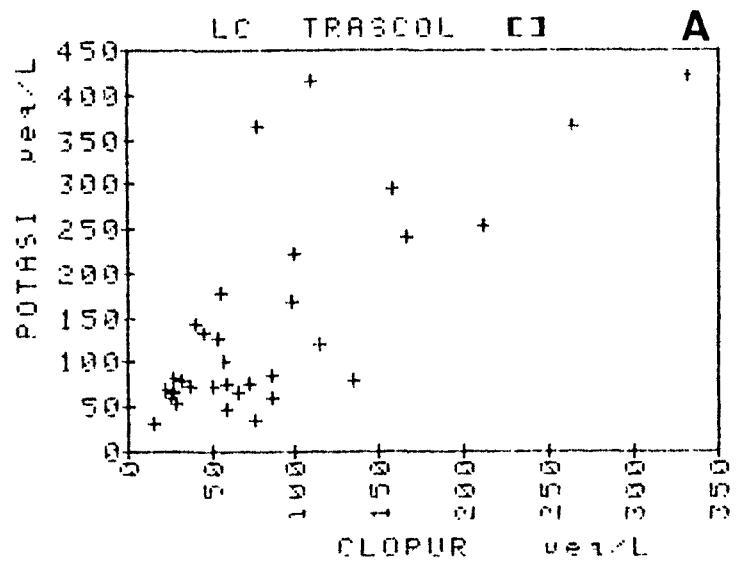
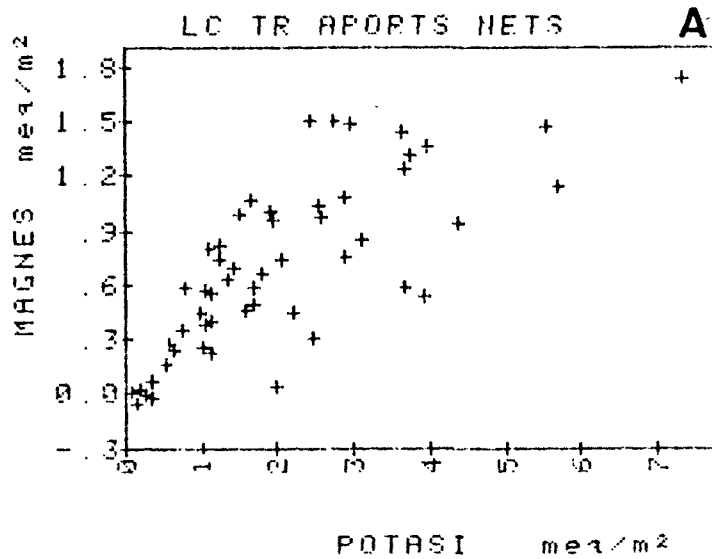


Figura 7.39 Alzinar de La Castanya: relació entre potassi i clorur en el trascal soluble, per períodes de recollida.

(A) concentracions en el trascal brut

(B) aportats nets



$$Mg = a + bK + cK^2$$

$$a = 0.019 \pm 0.12$$

$$b = 0.4187 \pm 0.096$$

$$c = -2.426 E-2 \pm 0.0151$$

$$n = 54$$

$$r = 0.773$$

$$Sy.x = 0.367 \quad (49.6\%)$$

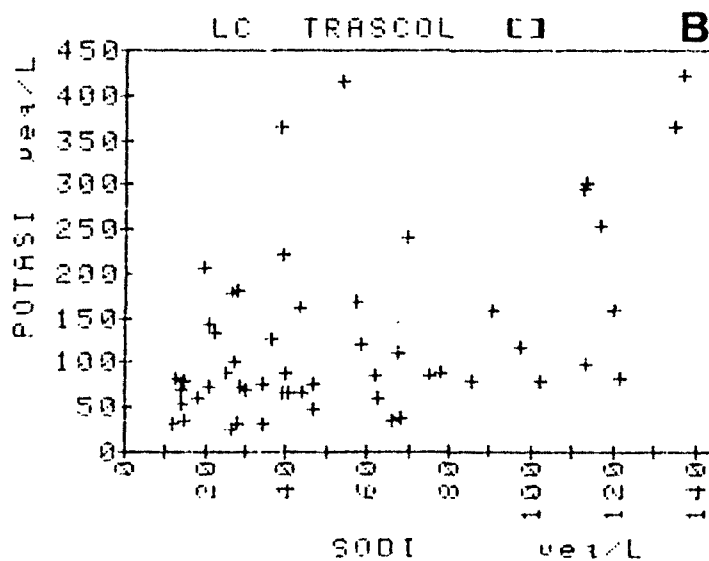


Figura 7.40 Alzinar de La Castanya: relacions iòniques en el trascol soluble, per períodes de recollida.

(A) Magnesi i potassi en els aportes nets.

El gràfic exclou la 2^a quinzena d'agost 1978.
Regressió al marge.

(B) Potassi i sodi en les concentracions del trascol brut.

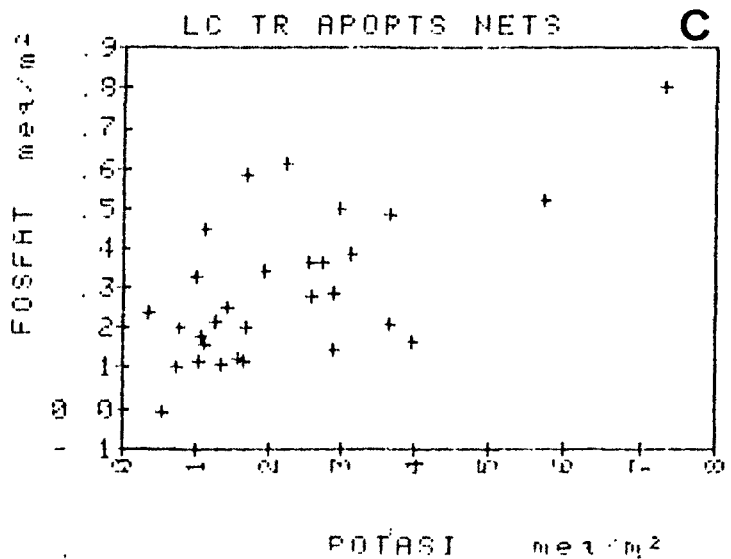
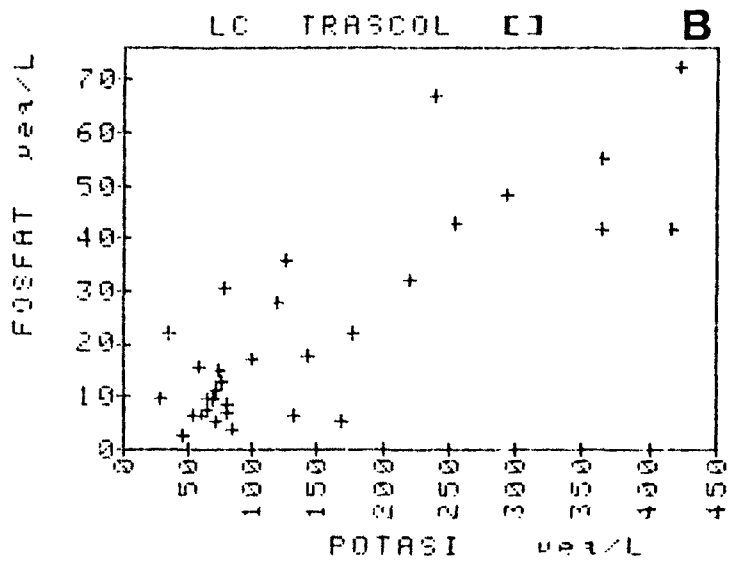
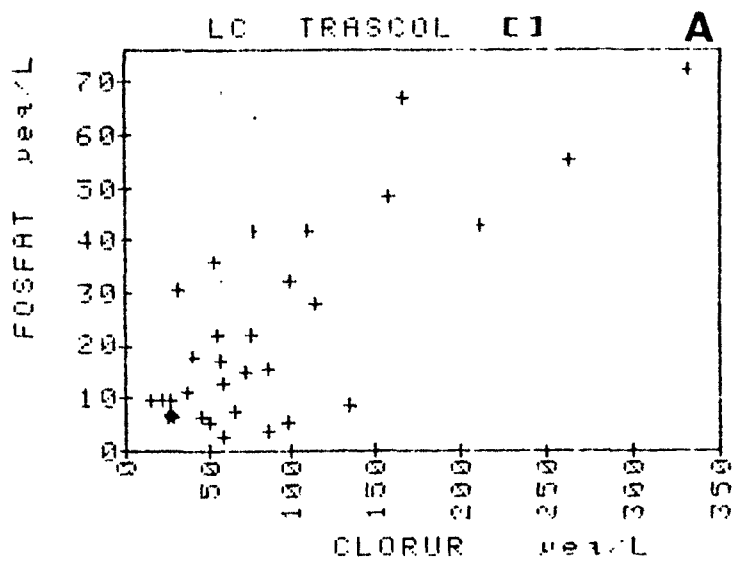
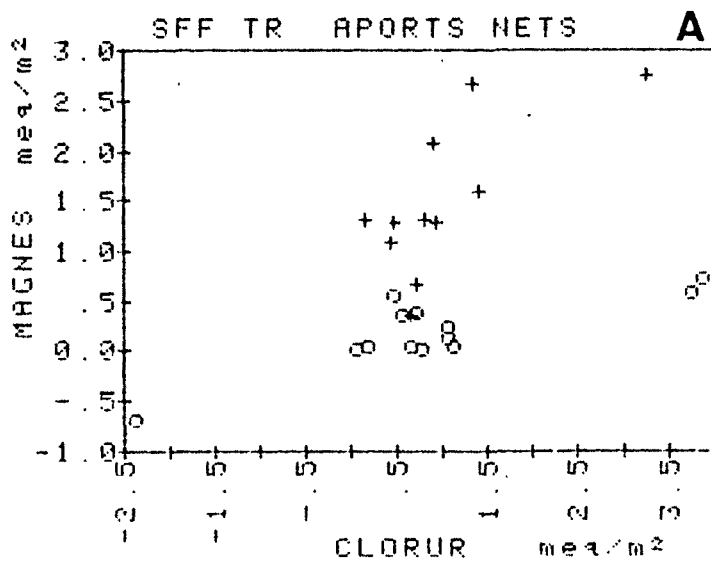


Figura 7.41 Alzinar de La Castanya: relacions iòniques en el trascol soluble, per períodes de recollida.

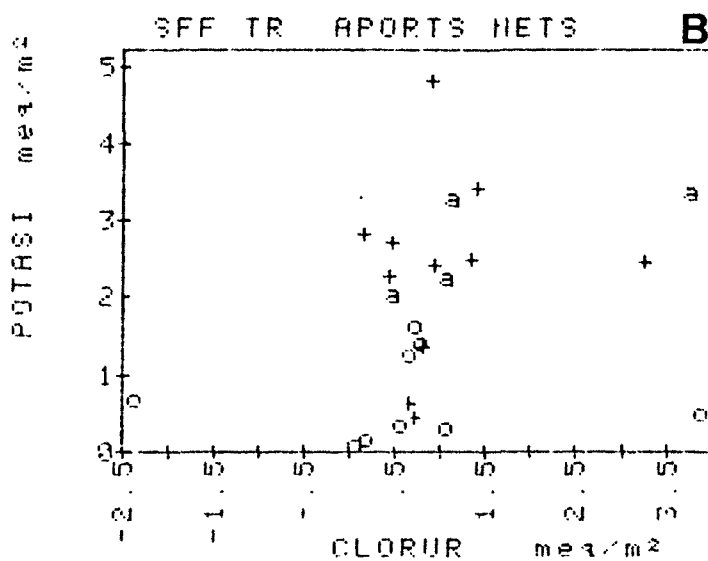
- (A) fosfat i clorur en les concentracions brutes
- (B) fosfat i potassi en les concentracions brutes
- (C) fosfat i potassi en els aports nets



fases fenològiques:

+ = estival

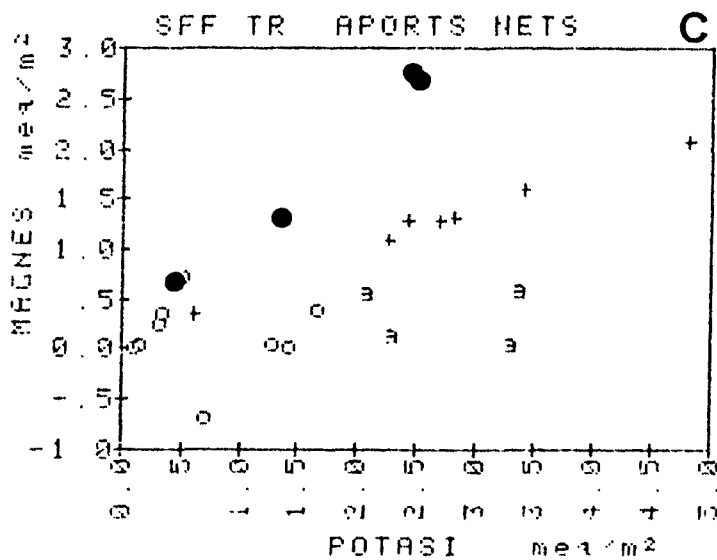
o = senescent i
hivernal



+ = estival

a = senescent

o = hivernal



+ = maig, juny, o
setembre

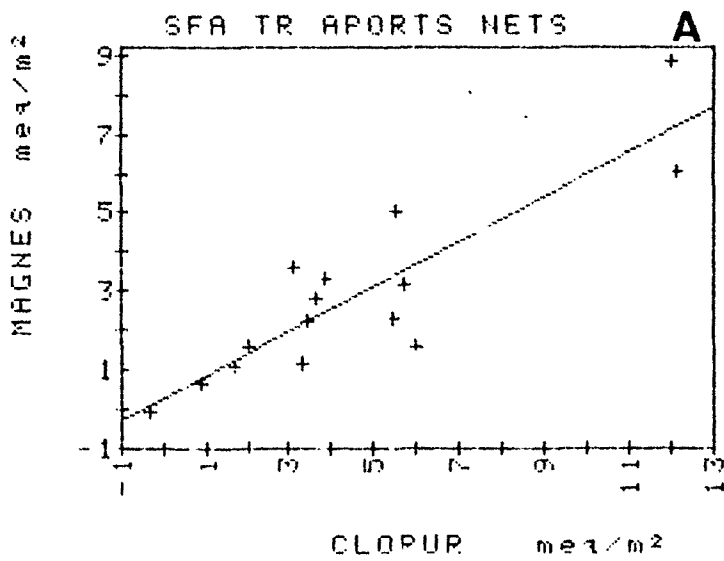
● = juliol i agost

a = senescent

o = hivernal

Figura 7.42 Fageda de Santa Fe: relacions iòniques en els aportats nets en el trascol soluble, per períodes de recollida. S'ha exclòs la 1^a quinzena de novembre 1980 en els 3 gràfics.

(A) Mg-Cl (B) K-Cl (C) Mg-K



$$\text{Mg} = a + b \text{Cl}$$

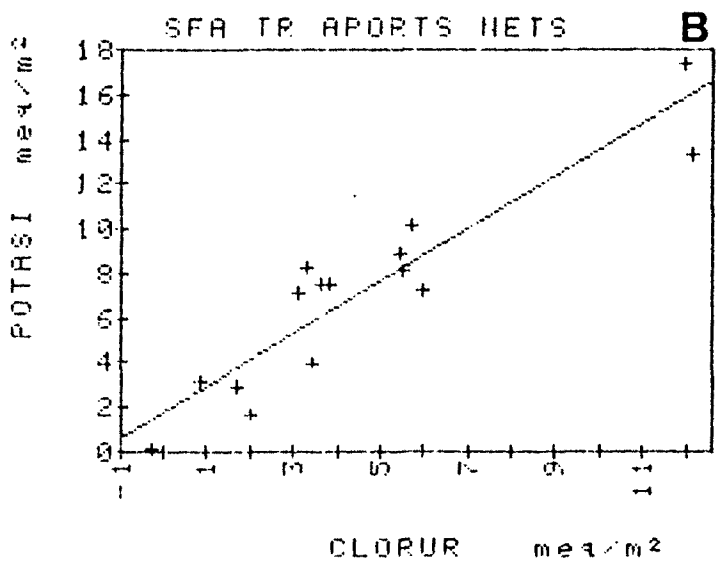
$$a = 0.286 \pm 0.49$$

$$b = 0.5705 \pm 0.086$$

$$n = 15$$

$$r = 0.878$$

$$S_{y.x} = 1.14 \quad (39.6\%)$$



$$\text{K} = a + b \text{Cl}$$

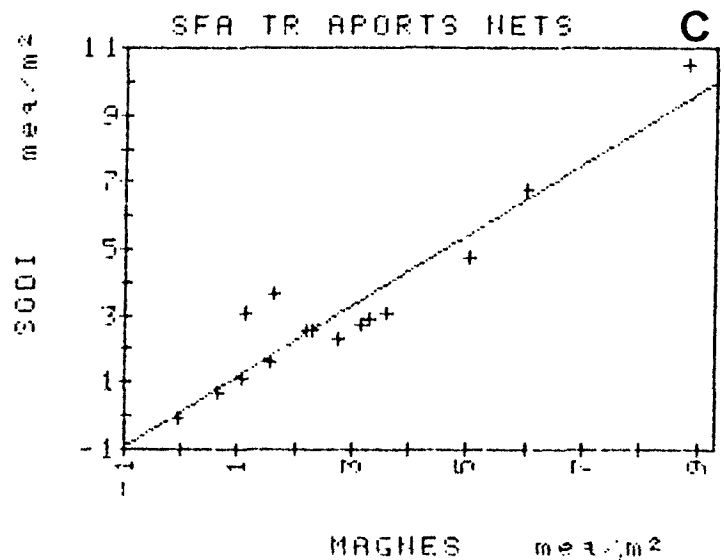
$$a = 1.770 \pm 0.763$$

$$b = 1.1760 \pm 0.134$$

$$n = 15$$

$$r = 0.925$$

$$S_{y.x} = 1.78 \quad (24.9\%)$$



$$\text{Na} = a + b \text{Mg}$$

$$a = 0.116 \pm 0.38$$

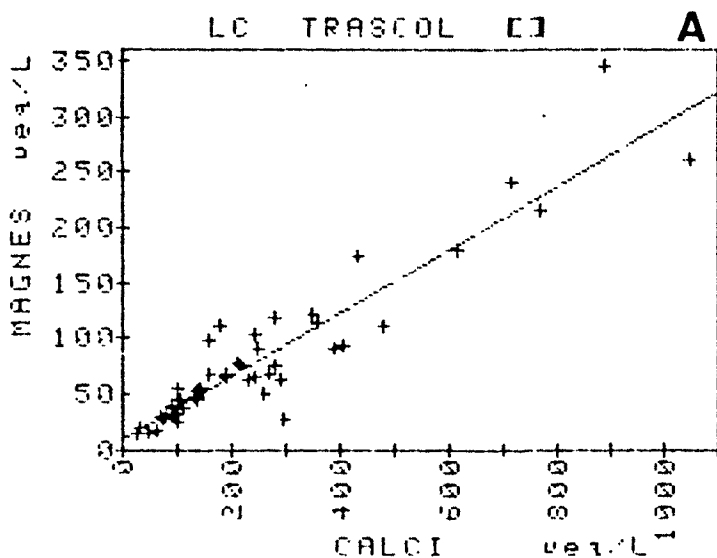
$$b = 1.0657 \pm 0.104$$

$$n = 15$$

$$r = 0.944$$

$$S_{y.x} = 0.892 \quad (28.0\%)$$

Figura 7.43 Avetosa de Passavets: relacions iòniques en els aportos nets en el trascol soluble, per períodes de recollida. Regressions al marge.
 (A) Mg-Cl (B) K-Cl (C) Na-Mg



$$\text{Mg} = a + b \text{ Ca}$$

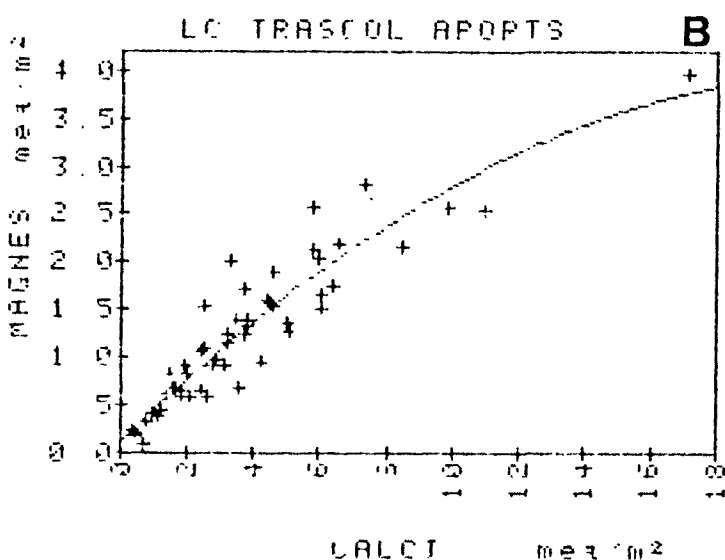
$$a = 9.88 \pm 4.97$$

$$b = 0.2851 \pm 0.0154$$

$$n = 54$$

$$r = 0.932$$

$$\text{Sy.x} = 24.1$$



$$\text{Mg} = a + b \text{ Ca} + c \text{ Ca}^2$$

$$a = 0.104 \pm 0.0955$$

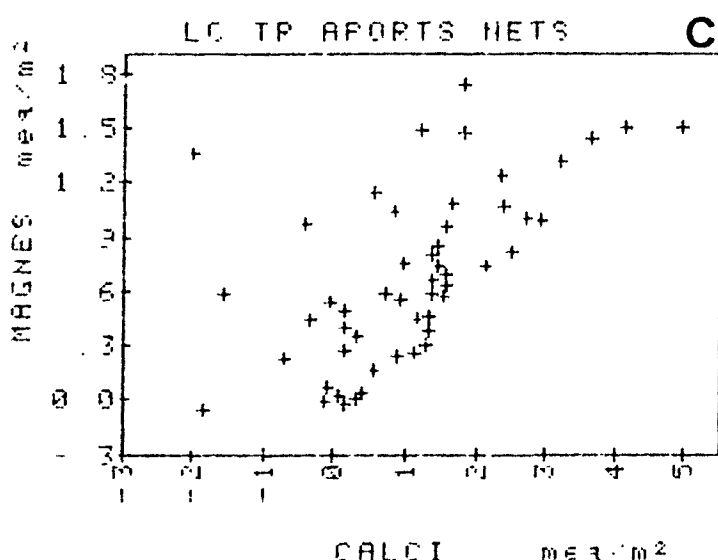
$$b = 0.3457 \pm 0.0353$$

$$c = -7.6724 \text{ E-3} \pm 2.37 \text{ E-3}$$

$$n = 54$$

$$r = 0.928$$

$$\text{Sy.x} = 0.298 \quad (24.0\%)$$



$$\text{Mg} = a + b \text{ Ca}$$

$$a = 0.384 \pm 0.063$$

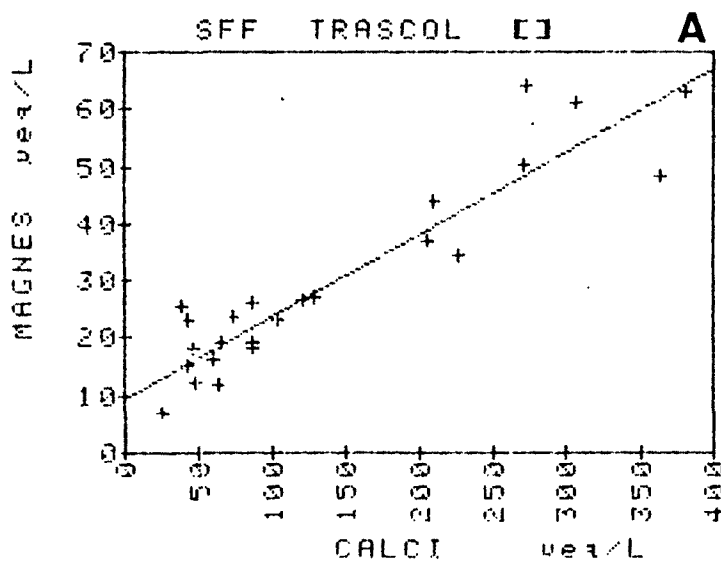
$$b = 0.2529 \pm 0.037$$

$$n = 51$$

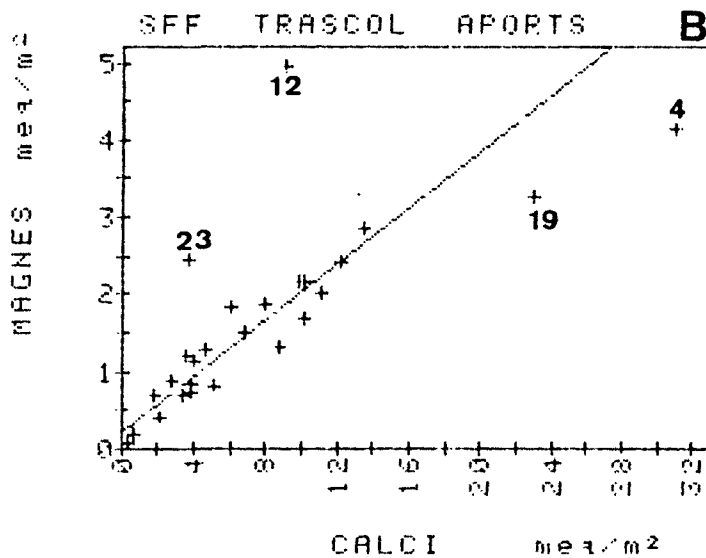
$$r = 0.704$$

$$\text{Sy.x} = 0.336 \quad (49.9\%)$$

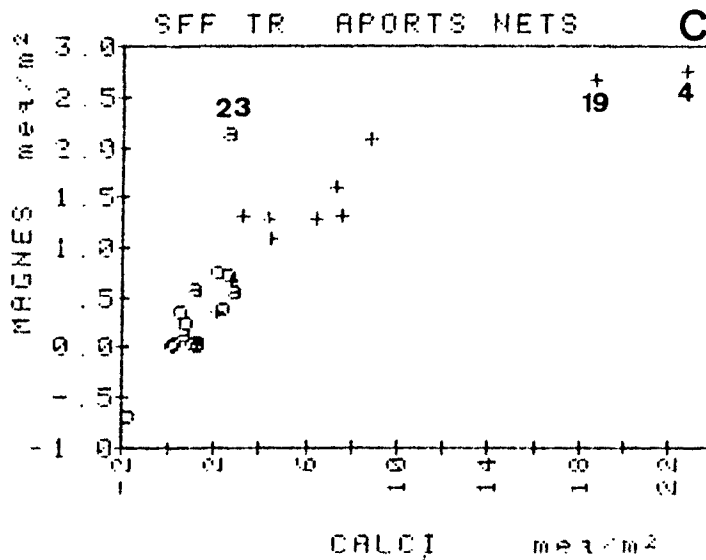
Figura 7.44 Alzinar de La Castanya: relació entre magnesi i calci al trascal soluble, per períodes de recollida. Regressions al marge. A (C) han estat exclosos de la regressió: principis de juliol 1978, 2^a quinzena d'agost 1978, i abril 1980 (indicat per *); els dos primers han estat exclosos del gràfic (C).
 (A) concentracions (B) aportos bruts (C) aportos nets



Mg = a + b Ca
 a = 9.38 ± 1.56
 b = 0.1441 ± 0.0039
 n = 26
 r = 0.991
 Sy.x = 6.59 (15.9%)



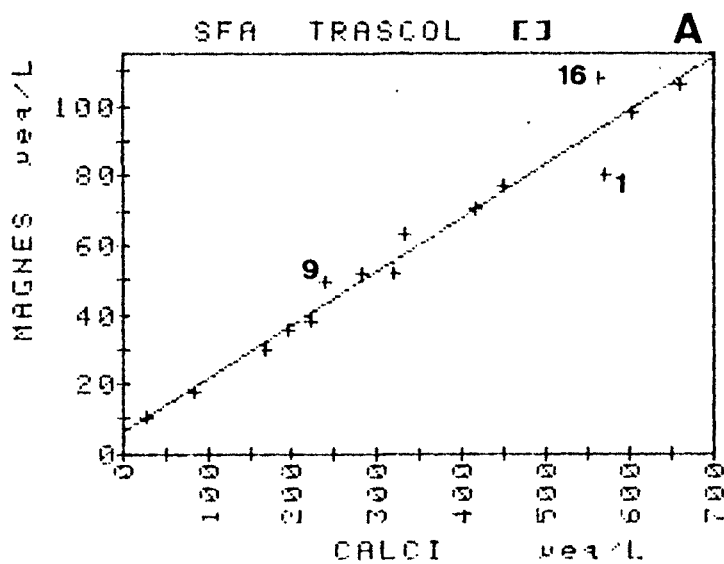
Mg = a + b Ca
 a = 0.213 ± 0.104
 b = 0.1818 ± 0.015
 n = 22
 r = 0.940
 Sy.x = 0.261 (20.0%)



Mg = a + b Ca
 a = 0.030 ± 0.072
 b = 0.2221 ± 0.019
 n = 23
 r = 0.931
 Sy.x = 0.240 (38.3%)

Figura 7.45 Com la fig. 7.44, per a la fageda de Santa Fe. En el gràfic (A) s'han exclòs juliol 1979 i agost 1980. En (B) i (C) els períodes numerats s'han exclòs de les regressions: 4=agost 79, 12=febrer 80, 19=agost 80, 23=1ª meitat de novembre 1980.

+ = estival, a = senescent, o = hivernal.



$$Mg = a + b Ca$$

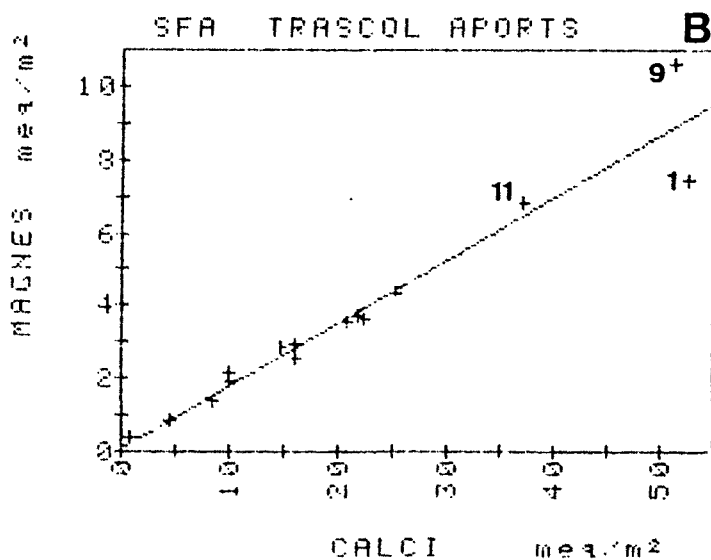
$$a = 6.59 \pm 3.36$$

$$b = 0.1536 \pm 0.0086$$

$$n = 15$$

$$r = 0.980$$

$$Sy.x = 6.28 \quad (10.6\%)$$



$$Mg = a + b Ca$$

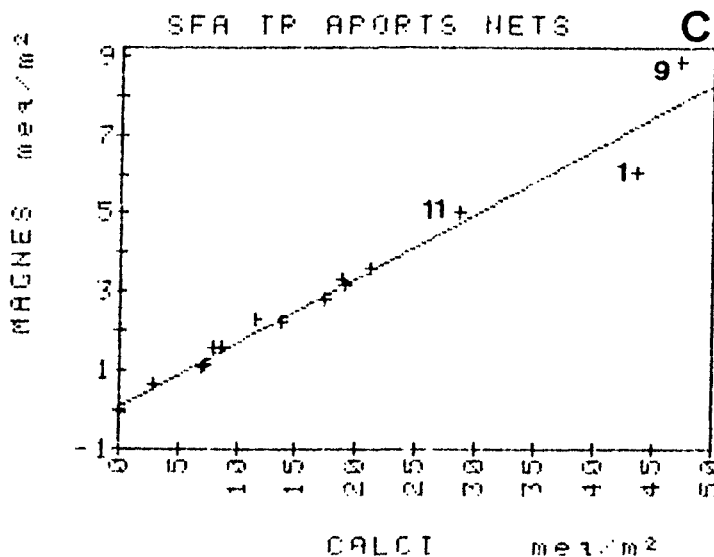
$$a = 0.093 \pm 0.31$$

$$b = 0.1716 \pm 0.012$$

$$n = 15$$

$$r = 0.970$$

$$Sy.x = 0.698 \quad (19.0\%)$$



$$Mg = a + b Ca$$

$$a = 0.096 \pm 0.20$$

$$b = 0.1642 \pm 0.0091$$

$$n = 15$$

$$r = 0.981$$

$$Sy.x = 0.467 \quad (16.2\%)$$

Figura 7.46 Com la fig. 7.44, per a l'avetosa de Passavets.

1 = agost 1979
 9 = febrer 1980
 11 = abril 1980
 16 = setembre 1980

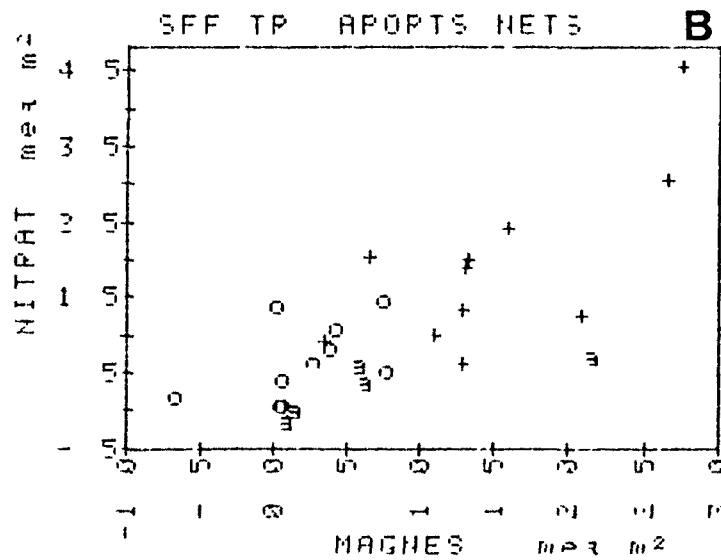
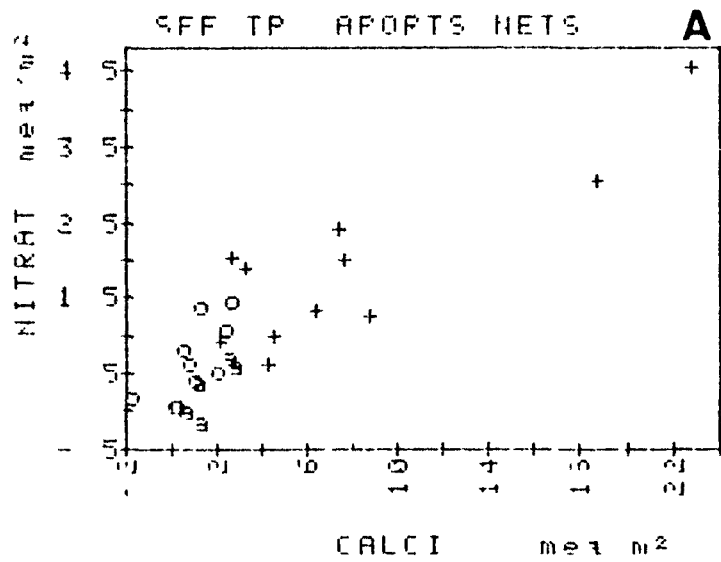


Figura 7.47 Fageda de Santa Fe: relacions iòniques en els aportats nets en el trascol soluble, per períodes de recollida.

(A) nitrat - calci

(B) nitrat - magnesi

fases fenològiques: + = estival, a = senescent, o = hivernal

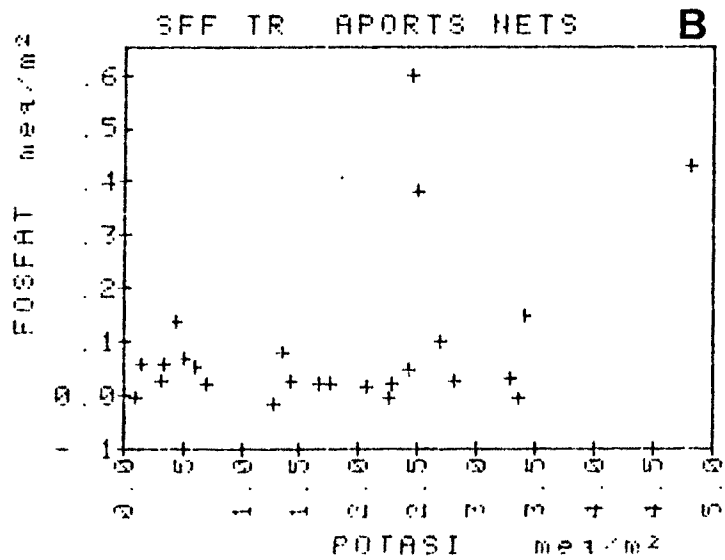
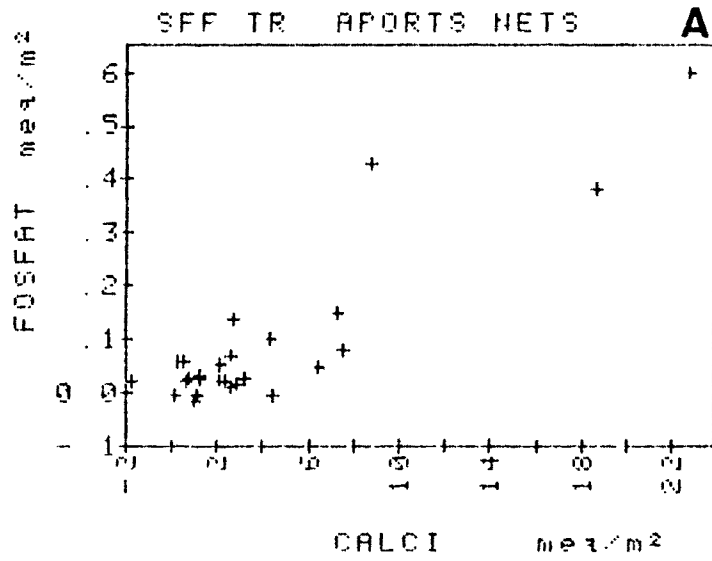


Figura 7.48 Fageda de Santa Fe: relacions iòniques en els aportats nets en el trascol soluble, per períodes de recollida.

(A) ortofosfat - calci

(B) ortofosfat - potassi

en els aports anuals nets de LC és molt baix, molt inferior tant al de la deposició global com al del trascol de la fageda i l'avetosa (taules 7.7 i 6.6).

7.8.1.2 Deposició seca continental

Els aports nets de Ca en el trascol de LC són de 4.09 kg/ha/any, xifra relativament petita comparada amb els aports a la deposició global: 10.50 kg/ha/any.

Donada la poca importància dels aports nets de Na a LC el Ca rentat de les capçades només pot derivar de la pols i aerosols o continentals o de la lixiviació dels arbres. No ens és possible dir en quins percentatges contribueixen aquestes dues fonts. Els arguments a favor d'una participació important de la deposició seca en els aports nets de Ca a LC són:

- (1) la magnitud dels aports nets és prou petita com per a ser atribuïble a la impactació d'aerosols en les capçades.
- (2) l'enriquiment relatiu del Ca en el trascol és petit: 2.11 vegades.
- (3) els aports nets de Ca no varien estacionalment (fig. 7.20 a).
- (4) els aports nets de Ca no estan gaire correlacionats amb els de K (taula 7.12).

- (5) la concentració de Ca no està molt correlacionada amb la intensitat del color orgànic del trascol (taula 7.8, fig. 7.29 b).
- (6) Els aportats nets de Ca no estan correlacionats amb la quantitat de trascol (taula 7.12).

Nogensmenys, la contribució de la lixiviació podria no ser menyspreable. Al laboratori Tukey et al. (1958), trobaren que el Ca era bastant lixiviable (més que el K), en fulles joves de carbassa i mongeta. Thomas (1969), inoculà ⁴⁵Ca en les tiges de Cornus florida a principis de maig. Sis mesos després, el 6% del inòcul havia sigut lixiviat per la pluja, mentre que el 64% havia caigut amb la virosta. Les dades de Thomas no permeten calcular el percentatge del Ca foliar que es lixivia, que seria el paràmetre d'interès, però indiquen una lixiviació apreciable de Ca. Durant tota l'estació vegetativa es lixivia un 8.2% del contingut màxim de ⁴⁵Ca foliar. Aquestes dades, junt amb les de Mecklenburg i Tukey (1964), Mecklenburg et al. (1966), i Tukey i Mecklenburg (1964), permeten de concloure que sovint es lixivia més Ca dels que hom podria pensar en aquest element "estructural" i "poc mòvil".

L'enriquiment relatiu de Ca en el trascol de LC és major que el de Na (2.109 v. 1.646). Això pot significar: (1) les capçades de l'alzinar capturen amb més eficàcia que la deposició global els aerosols de Ca soluble que els de Na soluble; (2) es lixivia més Ca que Na; o (3) s'absorbeix més Na que Ca en les capçades. El quocient Ca/Na, en equivalents, passa de

2.617 en la deposició global a 12.046 en els aportats nets.

Calci i Mg estan bastant correlacionats en el trascol de LC (taula 7.15, fig. 7.44). Interpretem aquesta correlació, igual que la relació Ca-Mg en la deposició global (apartat 6.8.1), com l'efecte de la impactació de pols i aerosols continentals, naturals o antropogènics.

En les concentracions al trascol, Ca i Mg estan linialment relacionats (fig. 7.44 a), mentre que la relació esdevé lleugerament convexa en els aportats bruts (fig. 7.44 b). El terme quadràtic d'aquesta paràbola és significatiu. Pot semblar que aquesta regressió està molt dominada per un sol punt d'aportats bruts extremadament alts de Ca i Mg (segona quinzena d'agost 1978); fig. 7.44 b), però si excluïm aquest punt tant la regressió linial com la parabòlica són molt semblants i, en conjunt, menys satisfactòries que si l'incluïm.

En els aportats nets, la relació Ca i Mg és més laxa que en les concentracions i els aportats bruts (fig. 7.44 c). En el núvol de punts hi ha 3 períodes de recollida molt perifèrics, que han estat exclosos de la regressió (2 d'aquests 3 punts són els mateixos que hem citat en parlar de la relació Na-Mg, i corresponen a l'estiu 1978). Sense aquests punts, el núvol és linial, amb bastant de dispersió (fig. 7.44 c). El més interessant, però, és la presència d'una envoltant inferior rectilínia molt ben definida, amb pendent de 2.8:1 (Ca:Mg). És a dir, en la regió de l'envoltant, no

es poden augmentar els aportats nets de Ca en sense augmentar simultàniament els de Mg com a mínim en la proporció de 1 equivalent de Mg per cada 2.8 equivalents de Ca. Es recordarà que en la deposició global hi ha també una envoltant inferior, però amb una pendent de 8:1 (Ca:Mg). L'envoltant inferior en els aportats nets no es pot deure als aportats marins (molt més rics en Mg que en Ca); tampoc es deu, probablement, a la lixiviació, perquè aquesta sembla ser, almenys en termes relatius, més important pel Mg que pel Ca (apartat següent) i, per tant, hauria de ser una envoltant superior. Per exclusió, interpretem, doncs, l'envoltant inferior en els AN com deguda a la impactació d'aerosols continentals. L'excés de Mg respecte d'aquesta envoltant, evident en molts punts de la fig. 7.44 c, es pot deure a les contribucions dels aerosols marins, a aportats continentals amb relació Ca:Mg inferior a 2.8:1, o a lixiviació de Mg. Hem vist en l'apartat anterior que els aportats marins de Mg no semblen ser importants en el rentat de les capçades de LC.

Suposant que tots els AN de Ca en el trascol de LC fossin de deposició seca continental, i que tinguessin sempre una relació Ca:Mg de 2.8:1, es pot calcular que el 49% dels AN de Mg podria derivar de la impactació de pols i aerosols continentals en les capçades. Per diferència amb aquesta xifra i els aportats marins (2.6%), trobaríem que la lixiviació de Mg contribuiria un 48% dels seus aportats nets. Si una fracció important del Ca fos de lixiviació, caldria augmentar aquest darrer percentatge.

Una conclusió de les anteriors consideracions és que el quocient Ca/Mg és molt diferent en els aportats continentals en la deposició global (8:1, apartat 6.8.1), que en els aerosols continentals impactats en les capçades (2.8:1). Una diferència tan gran és inesperada i, si les interpretacions fetes són vàlides, es dedueix una diferència geoquímica en els aerosols respectius, potser lligada a diferències d'origen geogràfic o de tamany. El que és cert és que en els aportats nets de LC no es retroben aparentment materials amb relacions Ca/Mg tan altes com 8, a l'inrevés del que passa en la deposició global. Si això es volgués interpretar com un efecte d'una hipotètica lixiviació molt important de Mg, no seria esperable l'envoltant inferior de la fig. 7.44c, o ho seria amb pendent 8:1. Si es volgués interpretar dita envoltant inferior com una casualitat o artefacte, i suposant que tots els AN de Ca fossin deguts a la deposició seca continental, i que aquesta tingués sempre una relació Ca:Mg de 8:1, aleshores el percentatge de lixiviació de Mg pujaria al 80%.

L'enriquiment relatiu de Mg en el trascol és molt més alt que el del Ca: 3.624 v.2.109. El quocient Ca/Mg passa de 4.905 en la DG a 1.378 en els AN de LC. Suposant que el Ca no es lixiviiés, i que l'eficàcia de captura de les capçades de LC respecte de la deposició global fos la mateixa pels aerosols de Ca soluble que pels de Mg soluble, la lixiviació podria explicar el 72% dels AN de MG.

De les tres estimacions que fins ara hem derivat pel % de la lixiviació de Mg, la que ens sembla més adequada és la primera: 48%. Donades les incerteses d'aquesta estimació, concluïm que, probablement, la magnitud de la deposició seca i de la lixiviació siguin comparables en els AN de Mg al trascol de LC.

A LC, els aportats nets en el trascol de NO_3 són els més petits entre els ions analitzats (excepte H i Na), i són molt menors que els aportats nets de NO_3 a la fageda i a l'avetosa (taula 7.4). Això permet de deduir que : (1) la lixiviació de NO_3 a LC pot ser petita o negligible; (2) la deposició seca de NO_3 també deu ser escassa, a menys de que (3) hi hagi una absorció de NO_3 en les capçades que contraresti l'augment degut a la deposició seca (o a la lixiviació en nivells superiors de la capçada).

El fet de que els aportats nets de Na, Ca, i NO_3 a LC siguin relativament petits fan pensar que la impactació d'aerosols i la adsorció o absorció de gasos en les capçades d'aquest bosc deuen ser petites, i menors que les de la fageda i l'avetosa. A primera vista, pot semblar sorprenent que la deposició seca als boscos de La Castanya sigui menor que la de Santa Fe, ja que la menor altitud, la major sequedat, i la major proximitat de terrenys conreuats serien favorables a una major deposició seca a LC.

La raó que ens sembla més important per a explicar una hipotètica menor deposició seca a LC és la protecció topogràfica de que gaudeix la parcel·la experimental, situada al fons d'una vall abrupta; d'aquesta protecció se'n deriva un (presumible) menor recorregut del vent i una limitació atmosfèrica al transport de gasos i aerosols fins i a través de la capa límit (boundary layer) de les capçades. Altres factors podrien ser : (comparativament amb SFF i SFA)

- . la menor altura dels arbres i, en particular, el menor gruix de les capçades (~5-7 m)
- . el caràcter tomentós de la cara inferior de les fulles, que crearia una capa d'aire "mort", amb augment de la resistència superficial a la deposició; Little (1977) trobà menys deposició d'aerosols en les fulles tomentoses de Populus alba que en les esparsament piloses de Urtica dioica
- . la menor freqüència i durada dels períodes en que les capçades estan molles: la velocitat de deposició dels gasos solubles en aigua i dels aerosols higroscòpics augmenten molt quan la superfície receptora està molla (Fowler 1980 a).
- . la poca freqüència de les boires; les gòtules dels núvols són interceptades per les capçades, deixant la seva càrrega d'aerosols (Schlesinger i Reiners 1974).

7.8.1.3 Lixiviació

La lixiviació de potassi.

Es opinió generalitzada entre els autors que la major part dels aportats nets de K deriven de la lixiviació dels arbres (o del rentat d'epibionts o de les seves restes, el K dels quals probablement derivi dels arbres). L'evidència en favor d'aquesta opinió és abundant:

- (1) els aportats nets de K són alts en gairebé tots els boscos temperats que s'han estudiat. Els valors més freqüents (sense distingir entre aportats nets totals i aportats en el trascol net) estan entre 8 i 25 kg/ha/any; molt poques vegades són inferiors a 7 kg/ha/any.
- (2) sovint els aportats nets de K presenten màxims molt acusats en determinats moments fenològics, com és ara la senescència foliar.
- (3) experimentalment, el K es renta amb gran facilitat de les fulles madures, de les fulles senescentes, i de la virosta recent caiguda (Gosz et al. 1975, Rapp 1970, Tukey et al. 1958).
- (4) una elevada lixiviació de K és possible degut a que la seva concentració en els teixits vegetals és alta i, sobretot, a que el K es troba com a ió lliure en la solució

inter- i intracel.lular, sense estar associat a cap estructura orgànica que limiti la seva movilitat. El K és retranslocat de les fulles velles a les joves i als fruits.

- (5) en canvi, el contingut de K soluble en els aerosols atmosfèrics és baix, perquè no hi ha cap font important de K soluble. Això fa que els aportats de K en la deposició global siguin molt baixos: típicament estan entre 1 i 3 kg/ha/any, i en rares ocasions superen els 6 kg/ha/any. Els llocs amb aportats relativament alts de K en la deposició global freqüentment tenen una influència marítima molt gran o reben considerables aportats d'origen urbà, industrial, o agrícola.
- (6) pels motius anteriors, és difícil que la impactació d'aerosols en les capçades pugui explicar les grans quantitats de K soluble que es troben en els aportats nets.

En conclusió, les precipitacions lixivien grans quantitats de K de les capçades i dels troncs dels arbres. No es pot afirmar el mateix, almenys amb seguretat, de cap dels altres ions inorgànics importants en el tràscol (excepte del Mn, no analitzat en el present estudi (Mayer i Ulrich 1977, 1980)).

No sempre el K es lixivia amb facilitat. Utilitzant isòtops radioactius, Tukey et al. (1958), trobaren que el K era el nutrient que es lixivava amb més facilitat de les fulles madures de carbassa i mongeta. En canvi, en les fulles joves

de les mateixes espècies, la lixivibilitat relativa (percentatge del contingut foliar lixiviat) del K va resultar molt menor que la del Na i Mn, i menor que les del Ca i Mg. Igual que en aquest exemple, els experiments de lixiviació fets al laboratori sovint donen els resultats com el percentatge de la quantitat lixivuada respecte el contingut foliar inicial. Això dificulta l'extrapolació al cas de l'enriquiment del trascol, perquè és possible que un ió d'alta lixivibilitat relativa però baixa concentració foliar (com, en alguns casos, pot ser el Na), contribueixi menys als aportats nets que altres nutrients de baixa lixivibilitat relativa però alta concentració foliar (com, en alguns casos, poden ser Ca i N).

Matzner et al. (1982), calcularen els aportats de K per impactació d'aerosols en les capçades dels boscos de Solling. Les mitjanes anuals (1969-1979) foren: fageda 3.76, Picea abies 5.06 kg/ha/any. Aquestes quantitats representen el 15% i el 19% de la mitjana anual dels aportats nets totals de K en els boscos respectius (i el 24% dels aportats nets de K en el trascol, a la fageda). És a dir, inclús per a aquests accèrrims advocats de la deposició seca, el 81-85% del rentat de K es produiria per lixiviació.

Al Montseny, no coneixem la impactació d'aerosols a les capçades. Com exercici de càlcul, i suposant que com a màxim la impactació d'aerosols sigui el doble de la deposició global, resulta que la contribució mínima de la lixiviació al rentat de K en el trascol al Montseny seria del 78-93%, segons els boscos estudiats.

A l'alzinar de LC, els aportats nets de K en el trascol:

- (1) varien estacionalment, amb màxims al juny-juliol, tot coincidint amb l'època de caiguda de la fulla (fig. 7.21 a);
- (2) estan positivament correlacionats amb la quantitat de trascol (taula 7.12); (3) estan correlacionats amb la intensitat del color orgànic del trascol (taula 7.8, per a les concentracions).

Les anteriors propietats serien fruit de la importància de la lixiviació en els aportats nets de K.

La lixiviació d'altres ions

En els aportats nets de LC, Mg i PO_4 estan bastant correlacionats amb el K. El Cl ho està en menor grau (taula 7.12). Sodi, Ca, i NO_3 ho estan molt poc o gens.

Aquestes correlacions, i les propietats següents, fan pensar que una part important dels AN de Mg i PO_4 en el trascol de LC deriven de lixiviació:

- (1) l'enriquiment relatiu del PO_4 en el trascol és molt alt (17.7 vegades), només menor que el del K. El del Mg és bastant major que el de la resta dels ions (Ca, Na, NO_3 i Cl).
- (2) els AN de Mg i PO_4 varien estacionalment, amb màxims a l'època vegetativa.

- (3) els AN de Mg i PO_4 presentaren els mateixos màxims que el K al juny-juliol 1980.
- (4) Les concentracions de Mg i PO_4 estan correlacionades amb el color orgànic (taula 7.8; figs. 7.28). La correlació per al Mg puja considerablement, excloent un sol punt perifèric (fig. 7.28 c), i puja també en els aportats nets.
- (5) Mg i PO_4 són els únics ions, a més del K, que tenen coeficients de correlació positius entre els seus aportats nets i la quantitat de trascol (taula 7.12).
- (6) La deposició seca de Mg sembla explicar només part dels AN d'aquest ió (apartat 7.8.1.2).
- (7) els AN de PO_4 són molt més grans a LC que a la fageda i a l'avetosa. Els AN de Mg són més grans que els de la fageda, i poc menors que els de l'avetosa (taula 7.4.). Els aportats nets de tots els altres ions (excepte K), són molt menors que els de l'avetosa, i (excepte Cl), són, també, menors que els de la fageda.

En l'apartat 7.8.1.2., hem arribat a la conclusió de que els aportats nets de Mg per lixiviació podien ser de la mateixa magnitud que els de deposició seca a les capçades. Es difícil derivar una estimació anàlega, encara que sigui grollera, per al PO_4 . Utilitzant el seu enriquiment relatiu (17.7) i suposant que el degut a la impactació d'aerosols fos de

2.1 (el del Ca), el 88% del PO_4 dels AN en el trascol de LC serien de lixiviació. Suposant que la relació PO_4/Ca en els aerosols impactats fos la mateixa que a la deposició global i que tots els AN de Ca fossin de deposició seca, el 97% del PO_4 seria de lixiviació. Aquestes estimacions ens semblen molt més incertes que les utilitzades pel Mg, i la seva única virtut és verificar la possibilitat de que la major part dels AN de PO_4 siguin de lixiviació.

El gran excés de Cl sobre Na en els AN de LC (taula 7.7), sembla indicar que, donada l'aparent escassa importància de la deposició seca continental a LC (apartat 7.8.1.2.), la major part del 83% dels AN de Cl no atribuïbles als aerosols marins (apartat 7.8.1.1.), serien de lixiviació. Les correlacions del Cl amb el K (taula 7.15) i amb el color orgànic (taula 7.8., fig. 7.29 a), i la seva variació estacional amb pics al juny-juliol (fig. 7.21 b), semblen corroborar aquesta hipòtesi. Nogensmenys, el Cl presenta les anteriors propietats en menor grau de l'esperable per a explicar el 83% dels seus AN, i creiem que el comportament del Cl en el trascol de LC no queda satisfactoriament explicat. Una possibilitat és que el Cl es lixivi amb certa independència del K. En parlar de la fageda hi tornarem sobre la lixiviació del Cl.

7.8.2 La fageda

7.8.2.1 La deposició seca marina

Sodi i Cl estan molt més correlacionats en el trascol de SFF que a l'alzinar, tant en les concentracions, com en els aportats bruts, com en els aportats nets (taules 7.15 i 7.16). A diferència de l'alzinar, les relacions entre Na i Cl són lineals a la fageda (fig. 7.36).

Per altra banda, els aportats nets de Na en el trascol de la fageda són unes 6 vegades més grans que els de l'alzinar (taula 7.4).

Aquests fets indiquen, probablement, una major impactació d'aerosols marins en les capçades de la fageda, el qual és consistent amb les diferències trobades entre les deposicions globals dels dos llocs (apartat 6.2.3). De tota manera, cal dir que els aportats nets de Na a SFF són bastant moderats. És possible que la proximitat del mar quedi contrarrestada en part pels vents dominants de l'oest, i per la dilució dels aerosols en l'atmosfera com a conseqüència de l'ascensió orogràfica de les masses d'aire (Junge y Werby 1958).

En els aportats nets de SFF hi ha major excés de Cl, respecte de les proporcions marines amb Na, que a la deposició global (taules 6.6 i 7.7). Suposant que tots els AN de Na a SFF fossin d'origen marí, i que no hi hagués fraccionament ni absorció preferent en les capçades, la impactació d'aero-

sols marins podria explicar el 73% dels AN de Cl, i el 18% dels de Mg. El contrast amb l'alzinar és palès (apartat 7.8.1.1.).

La relació entre Na i Cl als AN de SFF és menys estreta del que la seva correlació faria pensar. L'examen del núvol de punts revela que l'elevada correlació es deu a 4 punts perifèrics. Amb aquests punts, la regressió linial s'allunya bastant de l'esperada per als aportos marins (veure apartat 6.7.1). Sense aquests punts, la correlació baixa, i la regressió s'allunya encara més de les proporcions marines: (Na i Cl en meq/m²/període, n=20 r=0.553 Sy.x=0.291).

$$\text{Na} = 0.068 + 0.4824 \text{ Cl}$$

Els aportos nets de Mg estan només moderadament correlacionats amb els de Na i Cl (taula 7.16). La relació entre Mg i Cl és diferent a les fases senescent i hivernal que a l'estival, amb majors proporcions de Mg en aquesta darrera (fig. 7.41 a). Durant les fases senescent i hivernal, els aportos nets de Mg i Cl cauen al voltant de les proporcions marines. Sorprenentment, durant aquestes fases hi ha un gran excés de Cl sobre Na (taula 7.7). Aquestes observacions contradictòries es poden reconciliar amb una d'aquestes hipòtesis: (1) durant la fase hivernal hi ha una absorció de Na en les capçades o (2) durant la fase hivernal, tots els AN de Na són d'origen marí, i hi ha altres fonts d'aports nets de Cl i Mg, en proporcions (casualment) semblants a la de l'aigua de mar. Cap de les dues és gaire convincent.

7.8.2.2 Deposició seca continental i lixiviació

En la fageda la distinció entre deposició seca i lixiviació es veu dificultada, més que a l'alzinar, per la correlació entre Ca, Mg, NO_3 , i PO_4 (apartat 7.7.2, taula 7.13).

A SFF només el Mg està correlacionat amb el K d'una manera destacable, encara que moderada ($r=0.57$), en els AN (taula 7.13). Els pics de lixiviació de K al juny van acompanyats de pics de Mg (fig. 7.23 b i 7.24a).

A diferència de l'alzinar, a SFF els AN de PO_4 i Cl estan molt poc correlacionats amb els de K (taula 7.16, fig. i 7.48b, 7.41b). Això pot indicar que PO_4 i Cl es lixivien menys que els majors aportats marins emmascaren la relació entre Cl i K. Com els aportats nets de PO_4 són molt menors a SFF que a LC, i els de Cl són semblants (quan els de Na són molt majors a SFF) ens inclinem per la primera de les anteriors explicacions.

Com hem comentat ja, la senescència del faig a la tardor de 1980 vingué endarrerida, de manera que quan es produí una nevada important a primers de novembre quedaven encara bastant de fulles. En conseqüència, els embuts dels col·lectors de trascol, que no duien caputxó, quedaren plens fins a la meitat de fulles de faig caigudes en un estat de senescència avançada. El trascol resultant tingué una concentració de K molt alta i donà uns aportats nets extraordinàriament alts (37.3 meq/m^2 en 16 dies). Aportats alts de K eren esperables en aques-

ta ocasió, per tractar-se d'una precipitació abundosa al final de la senescència després d'un octubre relativament sec. Considerarem però que els aportats nets mesurats indicaven contaminació del trascol per les fulles en l'embut, i els corregíem mitjançant regressió múltiple amb els altres cations, obtenint un valor de 6.68 meq/m^2 , que segueix essent el més alt de tots els períodes de recollida d'aquest estudi. L'aspecte més interessant és que cap altre ió destacà per concentracions excepcionalment altes. En examinar les relacions en els aportats bruts resultà, però, que els de Cl foren molt més alts del que seria esperable a partir dels de Na, i per regressió amb aquests els corregíem de 6.76 a 3.23 meq/m^2 . Això vol dir que el rentat de les fulles a l'embut podia haver contribuït 3.53 meq/m^2 de Cl, que representa un 9.4% de la lixiviació del K. Els aportats nets de Mg també destacaren molt respecte dels que serien esperables a partir dels de Ca (fig. 7.45 c), però com això era en part esperable per la contribució dels aportats marins (els aportats de Na foren molt alts) i del rentat en les capçades, i el valor de Mg no es corregí.

Aquest episodi fou lamentable perquè implicà una incertesa gran en els aportats nets durant un període clau en una de les dues fases de senescència de l'estudi de la fageda, però per altra banda forní informació molt interessant: no-més el K es renta en grans quantitats de les fulles de faig en estat de senescència avançada; quantitats menors, però, substancials de Mg i Cl semblen tanmateix lixiviar-se en aquestes condicions; el rentat de PO_4 fou nul, i el de Na,

Ca, i NO_3 , si existí, fou prou petit com per a no destacar de les fluctuacions habituals. (Figs. 7.22 a 7.24). Segurament, les quantitats absolutes que es rentaren en els embuts foren més grans de les que s'haguessin rentat en les capçades, degut a un contacte més perllongat amb la neu en fusió, però és probable que les proporcions iòniques fossin semblants. El pH del trascol fou molt alt (6.11), i els aportats nets de H molt negatius (-1.85 meq/m^2).

La lixiviació en altres estadis fenològics de les fulles (joves, madures, principi de la senescència) o en altres òrgans (branquillons, escorça, inflorescències, borrons) no té perquè ser semblant a la que acabem de descriure. Amb Fagus grandifolia, Gosz et al. (1975), lixivieren fulles recent agafades dels arbres per immersió continua durant 4-5 setmanes amb aigua desionitzada sense aireació.

Al 1966, recolliren fulles de 3 nivells de la capçada: superior, mitjà, i inferior. Per a les fulles agafades el 26 de juliol, i parlant en termes absoluts (quantitats de nutrients lixiviats per m^2 de fulla), els resultats al final de l'experiment foren: (1) les fulles de tots tres nivells perderen molt K i N Kjeldahl, però les del nivell superior perderen molt més que les dels altres dos; (2) les fulles del nivell superior, perderen bastant Ca i Mg, però les dels altres dos en perderen poc; i (3) les pèrdues de Na foren nul·les o indetectables a tots tres nivells. Mitjançant branques tancades amb borses, el 25 d'octubre es recolliren fulles després de l'abscissió, però que no havien caigut

a terra. En aquesta ocasió: (1) tots 3 nivells perderen molt K (però no més que al juliol) i bastant o molt Ca, Mg, i N; i (2) igual que al juliol, cap dels 3 nivells perdé Na en quantitat apreciable. Les nostres conclusions sobre l'experiment (no necessàriament idèntiques a les de Gosz et al. (1975) perquè ells s'interessaren pel canvi en les fulles, i nosaltres ho fem pel canvi en el trascol) són: (1) el Na no sembla lixiviar-se de les fulles de F. grandifolia, independentment del moment fenològic i de la posició de la fulla en l'arbre; (2) quantitats grans de K es lixivien tant en les fulles madures com en les senescents, independentment de la posició de l'arbre; (3) quantitats bastant grans de Ca i Mg es lixivien de les fulles senescents a tots nivells de les capçades, i de les fulles madures en el nivell superior, però no de les fulles madures mitjanes i inferiors; i (4) quantitats grans de N es lixivien de les fulles madures i de les senescents (Gosz et al. (1975), no diuen en quines formes aparegué aquest N en la solució; és possible que la major part ho fes com a N orgànic, però la contribució del NO_3 i NH_4 podria no ser menyspreable).

A SFF, el grup format per Ca, Mg, NO_3 i PO_4 engloba els ions amb màxims estivals als aportats nets, i especialment amb màxims d'agost. La interpretació més senzilla és que aquests ions deriven majorment de la deposició seca continental. Els 4 estan bastant correlacionats entre ells (taula 7.13) i poc correlacionats amb el K (excepte el Mg). Hi ha, però, els punts següents foscos en aquesta interpretació:

1. A LC els aportats nets de Ca i de NO_3 no varien estacionalment.
2. A SFA es donà un pic important de AN de Ca a l'agost 1979, com a la fageda, però no a l'agost 1980.
3. L'estudi de Gosz et al (1975) abans comentat suggereix que pot haver certa lixiviació de Ca, Mg, i N en fulles madures del faig americà.
4. A l'agost 1980 es donà el màxim de coloració orgànica del trascol a SFF. Les concentracions dels 4 ions que comentem estan bastant correlacionades amb el color orgànic (taula 7.8, fig. 7.30).
5. Els aportats nets de PO_4 presentaren una variació estacional extrema, tan a SFF com a SFA: aportats nets detectables només es donaren de juny a setembre (figs. 7.24 c i 7.27 c).

Les observacions anteriors no permeten de rebutjar la hipòtesi de que la lixiviació contribueix apreciablement als aportats nets estivals de Ca, Mg, NO_3 i PO_4 .

Al contrari que a l'alzinar, no hi ha evidència clara d'una envoltant inferior en els aportats nets de Mg respecte dels de Ca (fig. 7.45 c). Excepte la primera quinzena de novembre 1980 i els dos mesos d'agost, el núvol de punts és bastant rectilini, sense que la relació varii gaire en les diferents fases fenològiques. En els dos mesos d'agost es donà un gran excés de Ca sobre Mg: els quocients Ca/Mg als aportats nets foren de 8.25 i 6.99 a l'agost 1979 i 1980, respectivament. Aquests valors són semblants a la proporció Ca/Mg en els aportats continentals a la deposició global (apartat 6.8.1), i poden indicar ó bé que aquest és l'origen predo-

minant en els aportats nets d'agost ó bé que a l'agost es lixivava molt més Ca que Mg.

Un ajut per a la deducció de l'origen dels AN a SFF serien les correlacions idòniques dintre de cada fase fenològica. Dissortadament, el nombre de períodes de recollida per fase és bastant baix (taula 7.5). Per altra banda, un ó dos punts perifèrics dominen de vegades aquestes correlacions.

Les comparacions següents estan basades no només en els coeficients de correlació sinó en l'examen dels núvols de punts.

Juntant totes les fases fenològiques (taula 7.13), capió està positivament correlacionat en els seus aportats nets amb la quantitat de trascol. El coeficient més alt ($r=0.18$), és el del K i no és estadísticament significatiu. En la fase estival, però, Mg ($r=0.59$), K ($r=0.51$), Ca ($r=0.40$), i Na ($r=0.44$) (però no NO_3 , Cl, i PO_4) estan bastant correlacionats amb la quantitat de trascol, tot indicant que quan més plou més cations es renten. Això podria suggerir una lixiviació estival dels cations, però no dels anions analitzats. En la fase hivernal, només K ($r=0.36$) i NO_3 ($r=0.36$) tenen correlacions positives amb el trascol, però són bastant més febles que a l'estival (cap dels coeficients de correlació citats en aquest paràgraf seria estadísticament significatiu al nivell del 5%, excepte el de Mg a la fase estival, que ratlla la significació).

L'examen del núvol de punts dels AN de Mg i K és especialment interessant. En les fases senescent i hivernal la relació entre els dos ions és bastant feble (fig. 7.41 c). A la fase estival hi ha, en canvi, una bona correlació ($r=0.78$). Però, dintre d'aquesta fase, els 6 punts de maig-juny i de setembre queden molt ben alineats ($r=0.988$ $Mg=0.293 + 0.3736K$) amb proporcions Mg/K relativament baixes, mentre que els 4 punts de juliol i agost queden també molt alineats ($r=0.991$ $Mg=0.102 + 1.040 K$), però amb una proporció de Mg molt més alta. És a dir, al juliol i agost es lixivia més Mg que K, o hi ha abundant deposició seca de Mg (però no de K).

Els núvols de punts dels aportats nets de NO_3 respecte dels de Ca i de Mg (fig. 7.47), revelen la riquesa relativa de NO_3 a l'hivern, la pobresa relativa de NO_3 a la fase senescent, i l'abundància de Ca i Mg en fase estival, sense que això ens informi massa sobre l'origen dels 3 ions.

7.8.3 L'avetosa

Com hem vist a l'apartat 7.4, l'avetosa es caracteritza per uns aportats nets molt elevats (taula 7.4). Tant la deposició seca com la lixiviació poden ser majors a l'avetosa que a la fageda i a l'alzinar. Els factors que contribuirien a una major deposició seca en l'avetosa són:

- (1) la forma estreta i allargada de les fulles
- (2) el caràcter perennifoli (respecte de la fageda)
- (3) la major àrea foliar
- (4) la major altura dels arbres i, en particular, el major gruix de les capçades
- (5) la major rugositat de les capçades (canopy roughness)
- (6) la major àrea de branques i branquillons
- (7) la major freqüència i duració de les boires
- (8) (potser) la major duració dels períodes en que les capçades estan molles, degut a la presumible menor evaporació pel caràcter obac de l'avetosa
- (9) (potser) el caràcter resinós

L'únic factor que coneixem que pugui ser desfavorable a la deposició seca a l'avetosa és la protecció topogràfica.

Dels punts anteriors, els números 2, 3, 4, 6, 7, i, potser, el 1, 8 i 9, afavoreixen també la lixiviació, bé sigui allargant el temps de residència de l'aigua a les capçades, bé augmentant l'àrea d'òrgans vegetals susceptible de ser rentada. Com a punt adicional que afavoreixen la lixiviació

ció podem afegir:

(10) la major abundància de branques mortes en peu

Woodcock (1953), trobà que els objectes llargs i estrets capturaven aerosols amb més eficàcia per unitat d'àrea que els objectes amples, diferència que probablement és aplicable als aciculifolis i planifolis. Això es deu a que la part on es depositen més aerosols és la vora exposada al vent (Rosinki i Nagamoto 1965, citats per Smith 1981).

Little (1977) trobà molta més impactació d'aerosols, per unitat d'àrea, sobre els pecíols i els branquillons de faig que sobre els limbes foliars. Igualment, White i Turner (1970) trobaren una deposició seca més eficaç en les branques de menor diàmetre que en les més gruixudes.

En conjunt, White i Turner (1970) creieren que el fullatge de les coníferes era el més eficaç per a la captura d'aerosols. Graustein (1978), utilitzant les porporcions d'isòtops a l'estronci, determinà que el flux de Sr sota Picea engelmanni a les muntanyes de New Mexico era unes 4 vegades superior que en terreny obert; en el mateix lloc, Populus tremuloïdes capturava aerosols de Sr.

Al mateix temps la importància de la lixiviació sota coníferes és sovint molt gran, com indiquen els elevats aportats nets de K. Per exemple, 36 kg K/ha/any es renten de les capçades a l'abetosa de Passavets, la major part dels quals deuen ser de lixiviació (apartat 7.8.1.3). No necessàriament la lixiviació és major en les coníferes que en els planifòls. Per exemple, a la fageda de Solling els aportats nets totals (1969-1979) són de 24.4 kg/ha/any de K, i 7.4 kg/ha/any de N orgànic; en la plantació adjacent de Picea abies les xifres respectives en els aportats nets en el trascol són 26.0 i 7.1 kg/ha/any. (Matzner et al. 1982). Com en aquesta plantació l'escolament cortical es considera petit, la lixiviació sembla ser de la mateixa magnitud en les dues espècies. En 12 precipitacions, Nihlgård (1970) trobà al sud de Suècia uns aportats nets totals de 25.2 kg/ha/any de K sota Picea abies, i 11.2 sota faig. Best i Monk (1975) trobaren uns aportats nets en el trascol de 25.8 kg/ha/any de K en un bosc de roures i Carya, i 25.6 en una plantació adjacent de Pinus strobus de 13 anys a Coweeta (NC, USA). A Oak Ridge, Henderson et al. (1977) trobaren uns aportats nets de K en el trascol de 12.4-15.0 kg/ha/any en 3 diferents boscos de caducifolis (Liriodendron; Quercus prinus; i Quercus-Carya), i 17.4 en un bosc de Pinus). Rapp (1969) trobà uns aportats nets de K en el trascol de 9.0, 12.7, i 19.3 en, respectivament, boscos de Pinus halepensis, Quercus pubescens, i Quercus ilex.

A l'avetosa de Passavets (SFA), Na, K, Ca, Mg, NO_3 , i Cl estan molt correlacionats entre ells en els aportats nets, cosa que no passa a l'alzinar ni a la fageda. Entre Na, K, Ca, Mg, i Cl, els 10 coeficients de correlació lineal són superiors a 0.86, i 7 són superiors a 0.90. Les correlacions del NO_3 són molt altes amb Ca i Mg, i menors amb Na i K. És a dir, als AN de SFA trobem en un sol grup els ions que a LC (i en part a SFF) trobàvem separats en els grups de deposició seca marina, deposició seca continental, i lixiviació. Aquesta situació pot indicar que un dels orígens domina molt sobre els altres dos o que les correlacions elevades són fruit de factors que afecten semblantment a tots aquests ions. Donada la importància de la lixiviació a SFA (deduïda dels aportats de K), i la presumible importància de la deposició seca en les capçades dels avets, ens inclinem per la segona hipòtesi. En relació amb això és interessant d'observar que a SFA els AN dels ions que comentem, i especialment els dels cations, estan molt correlacionats amb la quantitat de trascol (taula 7.14), cosa que no passa a l'alzinar ni a la fageda. També a diferència d'aquests dos boscos, l'ió més correlacionat amb el trascol és el Na, en lloc del K. Això vol dir que quan més plou més nutrients es renten de les capçades de SFA. La disponibilitat d'aigua per a rentar sembla ser molt més important a SFA que a l'alzinar o a la fageda, on importaria més la disponibilitat de substàncies per a ser rentades. Aquestes consideracions apunten a la lixiviació com font important de nutrients en el trascol de SFA. No es pot però excloure un paper important de la deposició seca en aquestes correlacions. La intrincada estructura de les

capçades dels avets pot determinar: (1) que en augmentar la precipitació, l'increment de superfícies mullades perduri durant més temps que a l'alzinar i a la fageda, exposant noves superfícies al rentat del material depositat; i (2) durant la precipitació s'acceleri molt la deposició "seca" de gasos solubles i d'aerosols higroscòpics.

Un argument de pes considerable en pro de la importància de la deposició seca a SFF i SFA el tenim en la gran semblança de les proporcions iòniques dels aportats nets respectius (figs. 7.2 i 7.3, taula 7.7, apartat 7.4.3). Tractant-se de dos espècies taxonòmica i fisiològicament distants, que creixen en localitats properes però amb diferent tipus de sòl i microclima, sembla que el principal agent homogeneitzador dels resultats han de ser els aportats atmosfèrics. Ara bé, aquest argument es debilita per la presència del K, certament derivat de lixiviació, en el conjunt d'ions que tenen proporcions semblants. És possible que la semblança de proporcions iòniques sigui fruit de propietats estructurals de les capçades que afectin en un mateix grau a la lixiviació i a la deposició seca, de manera que no es pot utilitzar aquella semblança per a deduir-ne l'origen dels aportats nets.

Les elevades correlacions en els AN de SFA fan que aquestes tinguin escàs poder discriminatori.

A SFA, els AN de Na i Mg estan extremadament correlacionats (fig. 7.42 c). La regressió no és estadísticament diferent de $y=x$, i 11 dels 15 punts cauen molt aprop de la recta $y=x$. És a dir, per cada equivalent de Mg es renta un equivalent de Na. Recordem que en l'aigua de mar la relació Na/Mg és de 4.42 i que, per tant, els AN de SFA són molt més rics en Mg del que seria esperable pels aportats marins. Tres dels 4 períodes de recollida que donaren bastant més Na que Mg foren a l'octubre 1979 i febrer 1980, amb forta influència marítima (apartat 6.6). El quart fou l'agost 1979. El fet de que el pendent de la regressió sigui molt proper a 1, sembla indicar que els aportats nets de Na i Mg a SFA són de lixiviació, doncs aquesta és una proporció estranya tant als aerosols marins com als continentals. És una mica sorprenent que els aportats marins no tinguin més pes en aquesta regressió. És possible que això indiqui que la impactació d'aerosols marins a SFA és molt menor que la lixiviació, potser degut a l'orientació NW (apartat 6.3.6).

Els aportats nets de Ca i Mg estan extremadament correlacionats a SFA (fig. 7.46 c).

Als AN de Ca i Mg, només 2 dels 15 períodes de recollida es separen apreciablement de la recta de regressió (fig. 7.46 c): febrer 1980 amb excés de Mg, i agost 1979 amb excés de Ca. A diferència de la fageda, agost 1980 no destaca a SFA per una proporció alta Ca/Mg (i agost 1979 ho fa més moderadament). Exceptuant els mesos d'agost, una comparació de la relació entre Ca i Mg als aportats nets de SFF i SFA

revela una major importància relativa dels aportes de Mg a SFF, que podrien ser fruit tant dels aerosols marins com de la lixiviació (apartat 7.8.2.2; figs. 7.45 c i 7.46 c).

A SFA tots els ions (excepte NO_3) estan molt correlacionats amb el color orgànic, els que més Na i K (taula 7.8).

El fet de que el PO_4 a SFA no estigui correlacionat amb els altres ions es deu només a que els seus aportes nets són gairebé nuls fora de l'estació vegetativa, cosa que no passa amb els altres ions, i això fa que les seves correlacions al llarg de tot l'any siguin molt baixes. Les correlacions lineals amb els aportes nets de PO_4 , calculades en 7 períodes de recollida de les estacions vegetatives de 1979 i 1980 (juny a primers d'octubre), són (r):

TRASCOL	0.678
CONDUC	0.243
H	0.513
Na	0.777
K	0.812
Ca	0.802
Mg	0.804
NO_3	0.891
Cl	0.837

Es a dir, durant l'estació vegetativa, els aportats nets de PO_4 estan també molt correlacionats amb els dels altres ions i se'l pot considerar dintre del mateix grup que tots els altres (excepte H).

L'origen del PO_4 en els aportats nets a SFA i SFF és dubtós. A l'alzinar hem vist que la lixiviació de PO_4 sembla ser important. Els enriquiments relatius de PO_4 a SFF i SFA són molt menors que a l'alzinar, però són els majors després del K (apartat 7.2.2). Els aportats nets de PO_4 a SFF i SFA són molt baixos (taula 7.4), però tenen una variació estacional accentuadíssima (fig. 7.21 c i 7.24 c). Aquesta variació temporal pot indicar que només es lixivia PO_4 dels avets i dels faigs, a diferència de les alzines, durant l'estació vegetativa. Una explicació alternativa seria una variació estacional de la deposició seca, deguda potser a la fluctuació en l'abundància d'aerosols biològics. Sovint es considera que el P és poc lixiviable, el qual tindria sentit adaptatiu donada la baixa disponibilitat d'aquest nutrient essencial en molts sòls. Tiedemann et al. (1980) trobaren, però, que les fulles de Abies grandis alliberaven considerables quantitats de P total quan es lixivien per immersió durant 12 hores. Utilitzant isòtops radioactius, Tukey et al. (1958) trobaren que el P es lixivava amb dificultat (menys del 1% del contingut foliar en 24 hores en un mist spray) de les fulles joves de carbassa i mongeta. Els mateixos autors trobaren molta més lixiviació de P en les fulles de carbassa crescudes en un medi deficient de P que en plantes crescudes amb un subministrament normal de P.

En conclusió, els aportats nets a l'abetosa poden, encara més que a la fageda i l'alzinar, ser una barreja indistria-ble de deposició seca i llixiviació. És possible que, a més del K, la llixiviació dels avets contribueixi significativament als aportats nets de la resta dels ions analitzats.

7.9 Comparació amb altres boscos semblants

7.9.1 L'alzinar

A la taula 7.18 reproduïm els aportats de nutrients trobats durant 2 anys a l'alzinar de Le Rouquet, prop de Montpellier (Rapp 1970). Les dades de Rapp (1969) d'un any anterior en el mateix lloc són lleugerament diferents.

En conjunt, hi ha més semblances que diferències entre els aportats nets en el trascol dels alzinars de Rouquet i de La Castanya (taula 7.18). Les diferències que s'observen poden ser degudes a diferències en la deposició seca o en la lixiviació. Tots dos conceptes poden ser afectats per les diferents pluviositats dels dos llocs.

Els aportats nets de K i de Mg en el trascol són semblants a Rouquet i a LC. Com la precipitació anual és bastant inferior a Rouquet, es podria dir que el K es lixiviat amb més facilitat a l'alzinar francès. Una major lixivibilitat a Rouquet és potser esperable perquè l'estació vegetativa és presumiblement més llarga, degut a les temperatures més elevades i l'alzinar brota i perd la fulla dos cops a l'any (Rapp 1969).

Malgrat les diferències en el procediment analític, els aportats nets de P en el trascol de Le Rouquet són molt semblants als de PO_4-P a LC (taula 7.18). Rapp analitzà el P després d'atacar la mostra amb barreja tri-àcida en fred,

i els seus resultants deuen de incloure el PO_4 -P i quelcom de P orgànic.

Els aportos nets de Ca en el trascol de Le Rouquet són molt més alts que els de LC (taula 7.18). Com Rouquet està en país calcari, tant la deposició seca com la lixiviació de Ca hi poden ser majors que a LC. Pel mateix motiu, hom esperaria majors aportos de Ca en la deposició global a Rouquet, i això no ha estat observat (taula 6.5). Com la lixiviació afecta fonamentalment als nutrients intercanviables dels "espais lliures" foliars, i com aquests representen sobretot nutrients en excés de les necessitats immediates (Tukey 1970), és possible que la disponibilitat de Ca lixiviable sigui major a Rouquet que a LC.

Els aportos nets de Na en el trascol són 7 vegades més grans a Rouquet que a LC, però la diferència entre els dos llocs és només de 1.4 kg/ha/any (taula 7.18). Com els aportos nets de Na s'obtenen com a diferències petites entre dues quantitats grans (els aportos incidents i els aportos bruts), la diferència entre els dos llocs podria o no ser significativa (noti's que en el cas de SFF els aportos nets de Na són semblants als de Rouquet, però resulten de la diferència de quantitats molt menors). De tota manera, els majors aportos nets de Na a Rouquet estan en la mateixa línia que els seus elevats aportos incidents d'aquest ió (taula 7.18). És possible que això reflecteixi una major influència marítima a Rouquet que al Montseny; Rouquet està a una distància del mar semblant a la del Montseny, però en sense mun

tanyes que s'interposin, i la direcció dels vents pot ser diferent. Les peculiaritats de les dades de Na i Mg a la deposició global de Rouquet han estat comentades a l'apartat 6.2.4.

Els resultats de N no es poden comparar, perquè les fraccions analitzades no es solapen. A LC, es trobaren uns aportats nets molt petits de $\text{NO}_3\text{-N}$, i a Le Rouquet uns aportats nets petits o nuls de N Kjeldahl dissolt (NH_4 més N orgànic dissolt). Si es considera lícit combinar aquestes dades, podem concloure que aquests dos alzinars no absorbeixen ni lixivien quantitats importants de N total, a menys de que la deposició seca de N sobre les capçades sigui gran.

En la taula 7.18 es poden veure també els aportats bruts en l'escolament cortical a Le Rouquet. Aquestes xifres podrien o no ser aplicables a LC. L'estructura del bosc és diferent a un i altre lloc (Rapp 1970). En termes absoluts, la contribució de l'escolament cortical a Le Rouquet és important per al Ca i el K; molt menor per al Na, N Kjeldahl dissolt, i Mg; i molt petita per al P (taula 7.18). En termes relatius, però, tots els aportats nets analitzats per Rapp (1970), augmenten apreciablement quan hom inclou l'escolament cortical.

Rapp (1969), estudià un altre alzinar, el de Madeleine, també aprop de Montpellier. Els aportats nets en el trascol dels 6 nutrients analitzats per Rapp foren molt més alts a Madeleine que a Rouquet. Per al Na i el Mg això era esperable perquè Madeleine està a només 4 km del mar (Rapp 1969). Rapp atribuí els elevats aportats nets de Ca en el trascol de Madeleine (23 kg/ha/any) a la proximitat de pedreres calcàries, i els aportats també molt alts de K (38 kg/ha/any) als excrements dels nombrosos ocells que freqüenten aquest bosc; no donà però cap dada en suport de cap de les dues hipòtesis. Madeleine tingué també aportats nets alts de P (3.1 kg/ha/any), i de N Kjeldahl dissolt (9.6 kg/ha/any).

7.9.2 La fageda

En la taula 7.19 hem reunit les dades que coneixem sobre aportats nets en el trascol pel faig europeu (Fagus sylvatica). Les bases de dades dels treballs d'aquesta taula són de qualitat molt diferent. Així, Nihlgard (1970) analitzà 12 precipitacions en diverses èpoques de l'any i les extrapolà a fluxos anuals. Les dades de Denaeher (1969) són de 2 col·lectors sota faig. En canvi, les dades de Solling (Matzner et al. 1982) són la mitjana de 11 anys de mostratge continu amb 15 col·lectors.

Malgrat l'anterior observació, sembla que els aportats nets en el trascol de les fagedes poden variar considerablement segons la localitat, i en alguns casos també entre diferents boscos del mateix lloc (Lemée 1974, vegi's taula 7.19). La fageda de Santa Fe no destaca especialment de les altres pels seus aportats nets en el trascol dels ions analitzats (taula 7.19). En el conjunt de les fagedes estudiades SFF es situa en la gamma alta dels aportats nets de NO_3 ; en la intermitja pels de K, Ca, i PO_4 ; i en la baixa per a Na i Mg. Els aportats nets de Cl a SFF són semblants als de Solling, i molt menors que els de Kongalund (taula 7.19).

Si jutgem pels aportats nets de Na, la influència marítima a SFF sembla ser menor que en la major part de les altres fagedes estudiades (taula 7.19). Alternativament, es podria pensar que l'eficàcia de captura d'aerosols és menor a SFF, potser degut a la poca altura dels arbres en comparació amb les fagedes europees.

Si exceptuem dues dades extremes, els aportats nets de K en el trascol de 10 diferents fagedes queden tots entre 8 i 17 kg/ha/any (taula 7.19). No hi ha evidència d'una variació latitudinal consistent en la lixiviació de K.

Lemée (1974) estudià 3 fagedes de diferent estructura sobre el mateix tipus de sòl a Fontainebleau. Trobà que els aportats nets en el trascol de tots els ions analitzats (els de la taula 7.19 més l'amoní) eren molt més alts a la fageda alta vella (futaie âgée) que a la fageda alta jove i al gaulis de faig. Lemée atribuï aquest resultat a la major li-

xiviació en el bosc vell, fruit de la major importància de les branques mortes, ferides a l'escorça, etc. És difícil, però, de dir quin seria el paper de: (1) diferències en la deposició seca derivades de les diferències estructurals dels boscos; i (2) diferències en el rentat de materials biològics deguts a l'activitat de microorganismes, artròpodes, ocells, etc. en les capçades. Cal dir, també, que l'estació en la fageda alta vella constava de 12 col·lectors situats entre 2 faigs de gran tamany, i que res s'ens diu sobre la seva representativitat per a tot el bosc.

El gaulis de Lemée (1974) donà menys aportats nets de K, Ca, i PO_4 que la fageda alta jove, però quelcom més de NO_3 , i semblant de Mg (taula 7.19).

Entre les fagedes de Fontainebleau, la que més s'assembla a SFF pels seus aportats nets és la fageda alta jove (taula 7.19). La fageda de Santa Fe és, també, una fageda alta jove. Es, també, remarcable la semblança entre els aportats nets en el trascol a SFF i a la fageda de Solling.

Nihlgard i Lindgren (1977) i Astrup i Bülow-Olsen (1979), compararen la circulació de nutrients en fagedes eutròfiques i oligotròfiques. En el primer d'aquests estudis, la fageda eutròfica (amb *Mercurialis perennis*) i la fageda mesotròfica (amb *Lamium galeobdolon*) tingueren aportats nets totals (trascol més escolament cortical) molt semblants de Na, Ca, i Mg, però els de K foren majors a l'eutròfica (taula 7.19). La fageda oligotròfica (amb *Deschampsia*

flexuosa), tingué aports nets molt més petits que les altres dues de Na, Ca, i Mg, però tingué aports de K lleugerament més grans que la mesotròfica (potser no significativament majors, taüla 7.19); els aports nets de N i P foren molt petits en totes tres fagedes. Nihlgard i Lindgren (1977), especularen que els majors aports nets de Na, Ca, i Mg a les dues fagedes més eutròfiques podria deure's al caràcter més obert d'aquests boscos, que afavoriria la captura d'aerosols. Interpretar les mateixes observacions com una estratègia conservadora de nutrients (menys lixiviació o més absorció foliar), per part de la fageda oligotròfica seria bastant forçat, perquè el Na, element poc o gens necessari per a les plantes, es comportà igual que el Ca i el Mg, i perquè la lixiviació de K no semblà reduir-se paral·lelament. La fageda eutròfica només destacà clarament de les altres dues pels seus majors aports de K, però així i tot la diferència amb la fageda oligotròfica fou més aviat moderada (31% més d'aports nets a l'eutròfica, taüla 7.19).

A Dinamarca, Astrup i Bülow-Olsen (1979), estudiaren una fageda sobre mull fèrtil, i una altra sobre mor àcid. La primera duia un sotabosc herbaci ric, amb Anemone nemorosa i altres espècies; la segona tenia un sotabosc molt pobre, amb quelcom de Deschampsia flexuosa. El trascol net dels dos boscos contenia quantitats semblants de Na, Ca, Mg, i PO_4 , però el trascol net de la fageda oligotròfica contenia bastant més K i Mn (taüla 7.19). Com els fluxos de tots els nutrients analitzats foren molt més grans en l'escolament cortical de

la fageda eutròfica que en el de l'oligotròfica, els aports nets totals de Na, Ca, i Mg foren molt majors, els de PO_4 majors, i els de K semblants a la fageda eutròfica que a l'oligotròfica. En aquest cas, l'escolament cortical és fonamental per a la comparació de la circulació de nutrients en els dos boscos; a la fageda eutròfica s'analitzà l'escolament cortical de 5 arbres, però a l'oligotròfica només de 2. Segons els autors, els resultats de l'escolament cortical "indiquen" que l'escorça és més rica en nutrients a la fageda eutròfica que a l'oligotròfica (hipòtesi plausible però no substanciada per Astrup i Bülow-Olsen); també afirmaren que a la fageda oligotròfica hi havia una considerable absorció de Ca per l'escorça a l'estiu però no a l'hivern.

Les fagedes estudiades per Astrup i Bülow-Olsen (1979) són els únics boscos temperats dels que coneixem dades que han donat aports nets negatius de Ca en el trascol (taula 7.19., vegi's també Steinhardt 1973). La seva fageda eutròfica és, també, el bosc que té els mínims aports nets de K en el trascol (5.6 kg/ha/any) de tots els boscos temperats que coneixem (excepte els boscos molt peculiars de Barrier Island (Art et al. 1974) i de Taxodium distichum (Schlesinger 1978). Per altra banda, els aports de K en la deposició global donats per Astrup i Bülow-Olsen són altíssims (12-15 kg/ha/any). Els autors no comentaren cap d'aquestes singularitats del seu treball. Tampoc sembla que donguessin importància, a l'hora d'interpretar la diferència entre les dues fagedes, al fet de que l'eutròfica estés a només 1 km del mar, i l'oligotròfica a 9 km.

Dels estudis de Nihlgard i Lindgren (1977) i d'Astrup i Bülow-Olsen (1979) treiem la conclusió de que no està gens clar el possible efecte del grau tròfic de la fageda sobre els aports nets de nutrients en el trascol. Aquesta situació és de lamentar, perquè la major part de les fagedes del Montseny són presumiblement més oligotròfiques que les fagedes de llocs planers a la vall de Santa Fe, a les que pertany la nostra parcel·la experimental.

7.9.3 L'avetosa

No coneixem cap altre estudi sobre el quimisme del trascol de Abies alba. En la taula 7.20 hem recullit la informació de que disposem sobre el trascol de 2 espècies d'avets americans, i d'alguns boscos o plantacions de Picea abies.

No hem inclòs a la taula 7.20: (1) les dades de Cronan (1980) perquè són molt semblants a les de Olson et al. (1981) per a la mateixa localitat i espècie; (2) el treball d'Ugolini et al. (1977) sobre Abies amabilis perquè no hi figura cap dels ions del present estudi (excepte H); i (3) les dades de Madgwick i Ovington (1959) sobre plantacions de A. grandis i Picea abies perquè estan basades en 2 col·lectors sota cada espècie.

Taula 7.20 Aports nets en el trascol en boscos de Abies i de Picea

Es donen els aports nets en el trascol (aports en el trascol menys aports en la deposició global) en boscos de diferents espècies d'Abies, i en boscos o plantacions de Picea abies. El trascol es dona en mm, i els aports en kg/ha però, com s'indica a les notes, no totes les dades estan referides a 1 any.

FONT	BOSC	TRASCOL	H	Na	K	Ca	Mg	NO ₃ -N	Cl	PO ₄ -P
1	A. alba	1014	-0.106	9.86	35.2	45.7	4.70	7.64	20.6	0.172
2	A. balsamea	459	0.094	0.235	5.29	2.18	0.547	-0.079	5.78	0.020
3	A. grandis	--	--	0.06	13.37	1.96	0.53	-0.324	--	0.480 ⁹
4	A. grandis	--	--	-0.03	16.83	2.05	0.65	-0.391	--	1.406 ⁹
5	Picea abies	731	2.42	9.10	26.0	22.3	2.95	6.78	21.3	0.07
6	Picea abies	548	0.113	17.0	20.7	11.2	4.34	--	35.2	0.364
7	Picea abies	270	-0.128	6.1	10.0	4.6	1.5	-1.4	15.7	0.05
8	Picea abies	70	-0.008	3.0	3.9	0.4	0.5	0.0	5.7	0.16

1 kg/ha/any; avetosa de Passavets (Montseny, Barcelona), del 4-8-79 al 1-8-80.

2 kg/ha durant l'estació vegetativa; mitjana de 3 boscos diferents (White Mountains, NH, USA).

3 kg/ha durant 30 precipitacions (juny 1976 - octubre 1977); estat de Washington (USA); parcel·la de control.

4 com la nota anterior, però parcel·la defoliada experimentalment amb Paraquat, provocant la caiguda del 60% de les acícules.

5 kg/ha/any; Solling (RFA) 1969-1979.

6 kg/ha/any; Kongalund (Suècia); 12 precipitacions extrapolades a 1 any.

7 kg/ha durant l'estació vegetativa; Birkenes (Sud de Noruega).

8 kg/ha durant l'estació vegetativa; Malselv (Nord de Noruega).

9 P total

Taula 7.21 Concentracions mitjanes en el trascol de boscos de Abies i de Picea

Es donen les concentracions mitjanes (ponderades o no per volum, segons s'indica) en el trascol brut soluble en boscos de diferents espècies d'Abies, i en boscos o plantacions de Picea abies. Vegi's les notes al peu de la taula 7.20 per a informació sobre els llocs i els períodes considerats. Concentracions en µeq/L.

FONT	BOSC	Na	K	Ca	Mg	NO ₃	Cl	PO ₄
aquest estudi	* A. alba	63.5	91.9	280.0	49.4	75.4	84.0	1.92
Olson <u>et al.</u> 1981	* A. balsamea	5.16	32.6	29.0	10.9	5.50	57.6	0.42
Tiedemann <u>et al.</u> 1980	† A. grandis: control	18.7	133.0	48.4	21.4	4.07	--	--
Tiedemann <u>et al.</u> 1980	† A. grandis: defoliat	20.9	147.8	59.4	26.3	2.57	--	--
Matzner <u>et al.</u> 1982	* Picea abies	100.4	103.6	224.1	54.3	144.3	148.1	7.69
Nihlgard 1970	* Picea abies	179.4	105.5	133.9	78.8	--	238.3	7.60
Abrahamsen <u>et al.</u> 1975	* Picea abies	194.9	100.4	101.6	67.0	5.29	267.4	2.51
Abrahamsen <u>et al.</u> 1975	* Picea abies	248.6	164.4	49.9	82.3	20.4	298.2	34.6

* ponderat per volum.

† no ponderat per volum.

Al comparar els diferents estudis de la taula 7.20 cal tenir en compte que: (1) els treballs d'Olson et al. (1981) i d'Abrahamsen et al. (1975) es refereixen a aportats durant l'estació vegetativa, no extrapolats a 1 any; (2) el treball de Tiedemann et al. (1980) dóna els aportats per 30 precipitacions, no expressats com a taxa anual¹ (1 nota: 30 precipitacions entre juny 1976 i octubre 1977 totalitzaren 450 mm; és probable que això representi només una fracció del total de precipitacions durant aquest període a Washington occidental. No es pot, per tant, calcular els aportats anuals); i (3) les dades de Nihlgard (1970) estan basades en 12 precipitacions, extrapolades a 1 any.

Alguns dels anteriors inconvenients es poden paliar consultant concentracions mitjanes (taula 7.21). En aquest cas la comparabilitat està limitada: (1) per la gran variació en la quantitat de trascol; (2) per variacions en les concentracions en la deposició global; (3) perquè algunes dades segueixen referides només a l'estació vegetativa; i (4) perquè no és possible calcular les mitjanes ponderades en el treball de Tiedemann et al. (1980).

Malgrat totes aquestes limitacions, creiem que la comparació pot ser profitosa.

El que més crida l'atenció a les taules 7.20 i 7.21 és la gran diferència que hi ha entre l'avetosa de Passavets (SFA) i les dues avetoses americanes. Tant les concentracions com els aportats nets en el trascol de Na, Ca, Mg, i NO_3 són molt més altes a SFA que als boscos de A. balsamea i de A. grandis. Els aportats de K són també molt majors a SFA, però la concentració mitjana aritmètica de K sota A. grandis és bastant més alta que la mitjana ponderada a SFA. La concentració i els aportats de PO_4 són més grans a SFA que als boscos de A. balsamea.

Resulta evident que no totes les avetoses tenen un trascol tan concentrat com el de SFA, i que almenys algunes el poden tenir molt diluït. De fet les concentracions i els aportats a SFA són tan alts, i els de A. balsamea tan baixos (excepte per a SO_4 , H, i Cl) que aquests dos boscos, malgrat pertànyer al mateix gènere, representen exemples gairebé extrems del trascol dels boscos temperats.

Les possibles raons dels elevats aportats nets a SFA les hem exposades a l'apartat 7.8.3. Els boscos subalpins de A. balsamea a les White Mountains (NH, USA) tenen, durant l'estació vegetativa, aportats nets en el trascol molt menors (excepte per a H, Na, i Cl) que el bosc caducifoli de Hubbard Brook, que es troba a menor altitud en les mateixes muntanyes (Olson et al. 1981, Eaton et al. 1973). En aquests dos estudis, la deposició global fou igualment àcida, i les quantitats de trascol foren semblants. Les següents característiques dels bos-

cos de A. balsamea (Olson et al. 1981) contrasten fortament amb les de SFA, i en part amb les de Hubbard Brook, i poden ajudar a explicar el petit enriquiment de molts nutrients en el seu trascol:

1. Els arbres són molt baixos (mitjana: 4.9-6.4 m), amb el que es redueix la seva eficàcia de captura de gasos i aerosols.
2. El bosc és molt dens (7000-18000 peus de més de 2 m. d'alt per ha), limitant el transport turbulent de substàncies atmosfèriques.
3. La biomassa de líquens epífits és molt gran (0.12-0.68 t/ha), afavorint l'absorció de N inorgànic (Lang et al. 1976).
4. La poca disponibilitat de nutrients, fruit de la poca durada de l'estació vegetativa, de les baixes temperatures, i de la pobresa dels podzols locals (Cronan 1980) pot haver donat lloc a estructures o mecanismes que redueixin les pèrdues per lixiviació.

Es podrien esmentar, també, alguns factors favorables a un rentat abundant de les capçades en aquests boscos:

1. L'estatge subalpí amb A. balsamea passa del 30 al 50% del temps immers en boira, i els vents són forts. Això dóna una intercepció important, que fa que la quantitat de l'aigua del trascol més l'escolament cortical sigui un 23% més gran que la precipitació incident, i que deu contribuir significativament a l'acidesa del trascol i als aportats nets de SO_4 i Cl però, aparentment, no dels altres ions (Olson et al. 1981). És possible que els aportats esperables de NO_3 i NH_4 per intercepció de les boires siguin absorbits pels arbres o pels seus epífits.
2. Hi ha una gran abundància de arbres morts en peu (1800-3350/ha), que podrien donar lloc a una lixiviació considerable.

Els resultats revelen, però, que aquests dos factors tenen menor importància del que es podria pensar (taules 7.20 i 7.21).

Els aportats nets en el trascol de SFA s'assemblen molt més als de Picea abies a Europa que als de les dues avetoses americanes comentades (taula 7.20). En particular, els nostres resultats són bastant semblants als de la plantació de Picea a Solling, semblança que també trobàvem entre les fagedes respectives (apartat 7.9.2). Les majors diferències entre Solling i SFA les trobem en l'acidesa del trascol, molt major a Solling, i en els aportats nets de Ca, molt majors a SFA (taula 7.20).

Els aportats nets de K, Ca, i NO_3 en el trascol de SFA figuren entre els més alts de la bibliografia. Els valors anuals màxims que hem trobat per a aquestes quantitats són (kg/ha/any):

1. K

- 58.0 hardwood coppice, SE Anglaterra 155-56, (Madgwick i Ovington 1959)
- 48.5 *Quercus petraea* (Denaeyer 1962)
- 47.4 *Quercus ilex*, Madeleine 1968 (Rapp 1969)
- 41.2 *Picea omorika*, SE Anglaterra 1956-57 (Madgwick i Ovington 1959)
- 39.1 *Picea abies*, Solling 1974 (Matzner et al. 1982)
- 35.2 *Abies alba*, Montseny 1979-80 (aquest estudi)
- 34.8 Fageda alta vella, Fontainebleau 1970-71 (Lemée 1974)

2. Ca

- 60.0 *Quercus petrasa* (Denaeyer 1962)
- 45.7 *Abies alba*, Montseny 1979-80 (aquest estudi)
- 36.3 hardwood coppice, SE Anglaterra 1956-57 (Madgwick i Ovington 1959)
- 33.2 *Quercus ilex*, Madeleine 1968, (Rapp 1969)
- 33.2 *Picea abies*, Solling 1975 (Matzner et al. 1982)
- 27.6 *Quercus robur*, Virelles-Blaimont (Denaeyer 1966)

3. NO_3 -N

- 12.0 *Picea abies*, Solling 1975 (Matzner et al. 1982)
- 7.6 *Abies alba*, Montseny 1979-80 (aquest estudi)
- 5.1 Fageda alta vella, Fontainebleau 1972-73 (Lemée 1974)
- 3.3 gaulis de faig, Fontainebleau 1972-73 (Lemée 1974)

Com veiem, valors anuals bastant superiors als de SFA han estat mesurats en altres boscos temperats. Ara bé, la fiabilitat de les dades anteriors és molt variable. Denaeyer (1966) utilitzà un sol col·lector sota de cada espècie; Denaeyer (1969) i Madgwick i Ovington (1959) utilitzaren 2; és possible que Denaeyer (1962) utilitzés també un nombre molt petit de col·lectors (hem agafat les seves dades de Steinhardt 1973); Rapp (1969) digué que l'alzinar de Madeleine estava afectat per pedreres calcàries properes i era freqüentat per nombrosos ocells, el qual podia explicar els elevats aports nets d'aquest bosc.

Si prescindim de les dades referides en el paràgraf anterior, SFA queda en primer lloc per al Ca (molt distanciada del següent), i en segon lloc, després de Picea abies a Solling, per al K i el NO_3 (per al K, la fageda alta vella de Fontainebleau donà un valor gairebé idèntic a SFA).

Es possible que haguem sobreestimat els aports nets mitjans a SFA, perquè:

- (1) la quantitat de trascol pot haver-se sobreestimat produint una sobrestimació moderada dels aports nets. Per exemple, reduint el trascol a 840 mm/any (el 70% d'una precipitació de 1200 mm), i amb les mateixes concentracions, els aports nets de Ca passarien a ser de 36 kg/ha/any, bastant menors que els mesurats però que encara figurarien entre els més alts de la bibliografia (vegi's pàgina anterior).

- (2) l'ús de només 5 col·lectors fixes de trascol a SFA pot haver resultat en una sobrestimació (o subestimació) de les concentracions poblacionals.
- (3) l'any d'estudi pot haver tingut uns AN majors (o menors) que la mitjana anual. En els 11 anys de dades de Solling (Matzner et al. 1982) es donen variacions fins per un factor de 2 ó 3 entre anys consecutius, en els aportats bruts per trascol.

Ens sembla probable, però, que els aportats nets de nutrients a SFA siguin realment alts. Que nosaltres sapiguem, aquest és el primer estudi d'una avetosa o bosc similar en la regió mediterrània. No és gens improbable que l'elevada capacitat de lixiviació i de captura de deposició seca per part dels avets del Montseny (apartat 7.8.3), unit a concentracions presumiblement altes de pols, aerosols, i gasos en l'aire local, resulti en un rentat abundant de les capçades de SFA.

7.10 L'acidesa del trascol

7.10.1 El pH del trascol als boscos estudiats

El Montseny rep, actualment, precipitacions àcides (apartat 6.2.1). El trascol dels tres boscos estudiats és, també, àcid, però menys que la deposició global. Amb base anual, el trascol més àcid és el de l'avetosa, i el menys àcid és el de l'alzinar. Les mitjanes anuals ponderades del pH del trascol són: LC 5.10, SFF 4.86, i SFA 4.74.

Expressant els pHs anteriors en concentracions, la mitjana ponderada de la concentració de H és un 30% major a SFA que a SFF, malgrat que la deposició global és més àcida a SFF (apartat 6.2.2). La diferència entre el pH del trascol d'ambdós boscos queda però millor reflectida per les mitjanes; SFF 5.61, SFA 5.05 (medianes del pH en els 14 períodes de recollida durant l'any donat per a SFA a la taula 7.2). Per a comparació, la mediana del pH dels períodes de recollida a LC durant els 2 anys donats a la taula 7.2 és de 5.36. gairebé sempre, el trascol de SFA fou més àcid que el de SFF.

En 14 dels 16 períodes de recollida disponibles a SFA, el pH del trascol fou menor a l'avetosa que a la fageda. La corresponent diferència entre les observacions aparellades és altament significativa ($p < 0.002$, test de Wilcoxon). En els 2 únics períodes en que el pH fou menor a SFF, el faig no tenia fulla.

Tant Nihlgard (1970) com Matzner et al. (1982) trobaren que el trascol d'una plantació de Picea abies era molt més àcid que el d'una fageda adjacent. En ambdós estudis, però, la diferència entre els dos tipus de bosc fou molt major que la trobada al Montseny. Això pot reflectir diferències específiques entre Picea abies i Abies alba, o diferències degudes a les localitats.

Abrahamsen et al. (1975) trobaren que el trascol sota Betula sp. era bastant menys àcid que sota Picea abies i sota Pinus sylvestris en una regió contaminada del sud de Noruega. En boscos molt més septentrionals, dintre del cercle polar àrtic, el trascol de Betula sp. tenia el mateix pH que el de Picea abies, essent tots dos, i també el de Pinus sylvestris, molt menys àcids que en la localitat meridional.

7.10.2 Variació estacional del pH

En tots tres boscos, el pH del trascol varià estacionalment, amb valors alts (generalment entre 5.2 i 6.8) durant l'època vegetativa, i valors baixos (generalment entre 4.2 i 5.3) als mesos hivernals (figs. 7.4 b, 7.7 b, i 7.10 b). L'ió hidrogen és l'únic entre els analitzats que presenta concentracions màximes a l'hivern i mínimes a l'estiu (apartat 7.5.1).

En la taula 7.22 es poden veure els pHs ponderats de l'època vegetativa i de la hivernal. En el cas de la fageda hem considerat dintre de l'estació vegetativa les fases estival i senescent, perquè es comporten de manera similar pel que fa al pH. A SFF i SFA, el trascol hivernal és molt més àcid que el vegetatiu, mentre que a LC la diferència no és tan pronunciada (taula 7.22). Per exemple, les concentracions ponderades de H al trascol de SFF són de 28.5 i 3.3 $\mu\text{eq/L}$ a les èpoques hivernal i vegetativa, respectivament; les mateixes xifres per LC són 9.2 i 6.3 $\mu\text{eq/L}$, respectivament.

S'observarà que a la taula 7.22 el pH ponderat del trascol hivernal és més baix a SFF que a SFA, en aparent contradicció amb la informació donada a 7.10.1. El menor pH ponderat a SFF resulta d'un període (febrer 1980) amb precipitació molt abundosa i trascol molt més àcid a SFF que a SFA, que domina les mitjanes hivernals ponderades.

7.10.3 Els aportes d'hidrogenions

En equivalents, els aportes bruts de H en el trascol foren els menors de tots els ions analitzats, excepte els de PO_4 a SFF i SFA (apartat 7.2, taula 7.3). L'ió hidrogen fou l'únic que donà aportes anuals nets negatius, i ho féu a tots tres boscos (taula 7.4).

Taula 7.22 Acidesa del trascol al Montseny, al període vegetatiu i a l'hivernal

Es donen: (1) els pHs mitjans ponderats a la deposició global (pH DG) i al trascol (pH TR); (2) les concentracions mitjanes ponderades d'hidrogenions lliures a la deposició global (H DG), i al trascol (H TR); i (3) els aportats nets en el trascol d'hidrogenions, expressats com a taxes anuals (AN H). En l'època vegetativa del maig incloum la fase estival i la de fulla senescent. A l'avetosa s'ha exclòs el mes de maig del 1980.

	PERÍODE VEGETATIU				PERÍODE HIVERNAL					
	pH DG	pH TR	H DG	H TR	AN H	pH DG	pH TR	H DG	H TR	AN H
	$\mu\text{eq L}^{-1}$				$\text{meq m}^{-2}\text{any}^{-1}$	$\mu\text{eq L}^{-1}$				$\text{meq m}^{-2}\text{any}^{-1}$
Alzinar ¹	4.86	5.20	13.94	6.34	-7.51	4.80	5.04	15.93	9.18	-9.19
Fageda ²	4.74	5.49	18.24	3.27	-16.91 ⁴	4.49	4.55	32.36	28.51	-8.06
Avetosa ³	4.96	5.24	11.02	5.79	-6.63	4.63	4.63 ⁵	23.39	23.60	-2.49 ⁶

¹ dades del 16-12-78 al 29-12-80. Vegetativa: mitjans maig - octubre. Hivernal: novembre - mitjans maig.

² dades del 3-6-79 al 4-2-81. Vegetativa: mitjans maig - octubre. Hivernal: novembre - abril.

³ dades del 4-8-79 al 1-8-80. Vegetativa: juny - octubre. Hivernal: novembre - abril.

⁴ excluint la 2ª quinzena del maig del 1980 es redueix a -13.22 $\text{meq m}^{-2}\text{any}^{-1}$.

⁵ a la fageda, el pH ponderat durant el mateix període que a l'avetosa és de 4.52.

⁶ a la fageda, els aportats nets durant el mateix període que a l'avetosa són -11.80 $\text{meq m}^{-2}\text{any}^{-1}$.



Tant els aportats bruts com els nets de H en el trascol foren extremadament variables en el temps (figs. 7.13 a, 7.16 a, 7.19 a, 7.22 a, i 7.25 a). Aports bruts importants es produïren només en comptades ocasions en que el trascol fou simultàniament abundant i molt àcid. Amb els pHs mesurats al trascol del Montseny, és difícil que els aportats bruts de H siguin elevats sense una precipitació abundosa; això fa que hi hagi una certa relació entre els aportats alts de H i les precipitacions de llevant.

La variació temporal dels aportats nets de H es caracteritzà per "pics negatius" ocasionals (figs. 7.19 a, 7.22 a i 7.25 a), que corresponen a períodes de recollida amb molta retenció o neutralització de H a les capçades. Aquests períodes acostumen a ser els de majors aportats bruts. És a dir, quants més hidrogenions arriben al terra del bosc majors quantitats de H han sigut neutralitzades en les capçades. Tots dos fets resulten d'aportats massius de H en la precipitació durant aquests períodes.

7.10.4 La neutralització parcial de les precipitacions àcides

La concentració mitjana ponderada d'hidrogenions representa els següents percentatges respecte de la deposició global: LC 53%, SFF 56%, i SFA 75%. En termes de fluxos (aportats bruts/aportats incidents), aquests percentatges són, encara, menors: LC 35%, SFF 45%, i SFA 63%. És a dir, al terra de l'alzinar arriben amb el trascol un terç dels hidro-

genions incidents.

A les taules 7.23 i 7.24 hem recullit la major part de les dades que coneixem sobre el pH mig de la deposició global i del trascol en, respectivament, boscos de planifolis i de coníferes. Hi ha 4 maneres diferents de calcular un pH mig (segons es ponderi o no per volum, i segons es converteixi o no a concentracions d'hidrogenions), que donen sovint resultats bastant diferents, i que no són interconvertibles; sovint els autors no diuen inequívocament quina de les 4 fan servir. Això limita la comparabilitat entre estudis, però les característiques que comentarem ens semblen prou robustes com per a no ser greument afectades per aquest fet.

Dotze dels 13 boscos de planifolis de la taula 7.23 donaren un trascol menys àcid que la deposició global. Les mitjanes aritmètiques dels pH i els seus errors estàndar, per als 13 boscos són: deposició global 4.54 ± 0.13 , trascol 5.03 ± 0.16 . La diferència entre les observacions aparellades és altament significativa ($p < 0.05$, test de Wilcoxon). Els dos perennifolis de la taula 7.23 (Quercus ilex i Eucalyptus globulus) no destaquen respecte dels caducifolis. L'únic cas que coneixem d'un planifoli amb trascol més àcid que la deposició global és el de Fagus sylvatica a Solling (taula 7.23); aquest és, simultàniament, el bosc de planifolis amb el trascol de pH més baix que coneixem: 3.92 de mitjana ponderada en 11 anys. Fagus sylvatica al sud de Suècia i al Montseny, i Fagus grandifolias en 2 localitats de l'est dels USA, tenen un trascol menys àcid que la deposició global (taula 7.23).

Taula 7.23 pH de la deposició global i del trascol en boscos de planifolis

DG = deposició global; TR = trascol.

DG	TR	BOSC	LLOC	FONT
4.82	5.10	§ Quercus ilex	LC, Montseny	aquest estudi
4.08	4.19	Quercus prinus	Walker Branch, Tenn., USA	Hoffman <u>et al.</u> 1980
4.61	4.86	Fagus sylvatica	SFF, Montseny	aquest estudi
5.2	5.7	Fagus sylvatica	Kongalund, Suècia	Nihlgard 1970
4.07	3.92	Fagus sylvatica	Solling, RFA	Matzner <u>et al.</u> 1982
4.9	4.9-5.0	Fagus grandifolia	N. Carolina, USA	Patterson 1975
4.06	5.2	* Fagus grandifolia	Hubbard Brook, NH, USA	Eaton <u>et al.</u> 1973
4.06	4.6-4.9	* Acer saccharum	Hubbard Brook, NH, USA	Eaton <u>et al.</u> 1973
4.06	5.3-5.4	* Betula alleghaniensis	Hubbard Brook, NH, USA	Eaton <u>et al.</u> 1973
4.3	4.7	* Betula sp.	Birkenes, S. Noruega	Abrahamsen <u>et al.</u> 1975
5.2	5.9	* Betula sp.	Malselv, N. Noruega	Abrahamsen <u>et al.</u> 1975
4.6	5.4	* Nyssa aquatica/Taxodium	N. Carolina, USA	Brinson <u>et al.</u> 1980
5.0	5.4	†§ Eucalyptus globulus	San Francisco, CA, USA	McColl i Bush 1978
4.54	5.03	\bar{x}		
0.13	0.16	$S_{\bar{x}}$		

* només l'estació vegetativa.

† només l'hivern.

§ perennifoli.

Taula 7.24 pH de la deposició global i del trascol en boscos de coníferes

DG = deposició global; TR = trascol.

DG	TR	BOSC	LLOC	FONT
4.62	4.74	Abies alba	SFA, Montseny	aquest estudi
4.06	4.03	* Abies balsamea	White Mts., NH, USA	Olson et al. 1981
5.8	5.0	Abies amabilis	Cascades Mts., Wash., USA	Ugolini et al. 1977
5.1	4.7	Abies grandis	E. Wash., USA	Tiedemann et al. 1980
5.2	4.5	Picea abies	Kongalund, S. Suècia	Nihlgard 1970
4.07	3.35	Picea abies	Solling, RFA	Matzner et al. 1982
4.3	4.4	* Picea abies	Birkenes, S. Noruega	Abrahamsen et al. 1975
5.2	5.9	* Picea abies	Malselv, N. Noruega	Abrahamsen et al. 1975
4.77	5.20	Pseudotsuga menziesii	Cedar River, Wash., USA	Cole i Johnson 1977
5.20	5.28	Pseudotsuga menziesii	HJ Andrews EF, OR., USA	Sollins et al. 1980
4.5	4.4	Tsgua/Thuja/Pseudotsuga	SW British Columbia, Can.	Feller 1977
4.25	3.71	† Pinus sylvestris	prop Estocolm, Suècia	Richter i Granat 1978
4.3	4.4	* Pinus sylvestris	Birkenes, S. Noruega	Abrahamsen et al. 1975
5.2	5.7	* Pinus sylvestris	Malselv, N. Noruega	Abrahamsen et al. 1975
4.76	4.67	\bar{x}		
0.14	0.19	$S_{\bar{x}}$		

* només l'estació vegetativa

En contrast amb els planifolis, 7 dels 14 boscos de coníferes de la taula 7.24 donaren un trascol més àcid que la deposició global. Les mitjanes aritmètiques i errors estàndar per als 14 boscos són: deposició global 4.76 ± 0.14 , trascol 4.67 ± 0.19 . La diferència entre les observacions aparellades no és significativa ($p > 0.8$, test de Wilcoxon). És a dir, en el conjunt dels treballs recopilats, i a diferència dels planifolis, el pH del trascol de coníferes no es diferencià estadísticament del de la deposició global. La taula 7.24 revela clarament que això no es deu a que el pH de la precipitació no s'alteri en traspasar les capçades, sinó a l'existència de boscos en que la precipitació s'acidifica i d'altres en que es neutralitza. L'abetosa de Passavets pertany a aquests darrers, però no destaca especialment dels altres boscos del seu grup. Nogensmenys, i a l'inrevés que a SFA, les altres 3 espècies d'Abies de les que tenim dades, totes elles americanes, donaren un trascol més àcid que la deposició global.

En molts aspectes, els fluxos d'hidrogenions són una mesura més recomanable que els canvis en el pH a l'hora de valorar el paper de les capçades en la modificació de les precipitacions. Al Montseny, els aportos anuals nets de H en el trascol són ($\text{meq}/\text{m}^2/\text{any}$): LC -8.43, SFF -14.4, i SFA -10.6. Veiem que, a diferència del que es podria deduir a partir dels percentatges d'hidrogenions retinguts a les capçades (veure més amunt), la major neutralització té lloc a la fageda, seguida de l'abetosa, i, en darrer lloc, per l'alzinar.

La peculiar variació temporal dels aports nets de H (figs. 7.19 a, 7.22 a i 7.25 a), dificulta el càlcul d'aports nets significatius separatament per a les estacions vegetativa i hivernal. Aquest és especialment el cas de SFA, on el mes de maig tingué uns aports nets de $-5.51 \text{ meq H m}^{-2}$, que representen el 52% de la neutralització anual d'hidrogenions. Malgrat aquest inconvenient, donem els resultats a la taula 7.22, expressats com a taxes anuals (prescindint del mes de maig a SFA).

A LC, la neutralització de les precipitacions (mesurada pel valor absolut dels aports nets de H en el trascol) és semblant a l'estació vegetativa i a la hivernal, o lleugerament major en aquesta darrera. En canvi, a SFF i SFA la neutralització és molt major en l'època vegetativa (taula 7.22). Sorprenentment, la neutralització en la fageda hivernal és molt més gran que en l'abetosa, inclús quan les dades es refereixen a un període comú per als dos boscos (taula 7.22).

L'acidesa de la precipitació pot veure's alterada per les capçades degut a:

- (1) la impactació d'aerosols àcids i l'adsorció o absorció de gasos àcids o precursors d'àcids. Aquest és possible el motiu de que moltes coníferes i alguns planifolis tinguin un trascol tan àcid (Mayer i Ulrich 1980), especialment a l'Europa central i al sud d'Escandinàvia. En regions no contaminades, les coníferes

tenen sovint un trascol molt poc àcid, com és el cas de Picea sitchensis a Escòcia occidental (Nilsson et al. 1982), el de Pinus sylvestris i Picea abies al nord de Noruega (taula 7.24), i el d'alguns boscos de coníferes del noroest dels USA (taula 7.24).

(2) la deposició seca de substàncies neutralitzants, com la impactació de carbonats càlcics i magnèsics. La dissolució d'aquests carbonats per part de la precipitació, a pH sovint menor de 5, resultaria en l'alliberament de CO₂ gasós i la neutralització d'un equivalent de H per equivalent metàl·lic afegit al trascol. És d'esperar que aquest procés sigui important en regions calcàries o envoltades de regions calcàries, com és el Montseny. Prop d'indústries i ciutats la deposició seca pot ser fortament neutralitzant degut, a més dels carbonats, a la sutja (Gorham 1955).

(3) la lixiviació dels arbres. Mecklenburg et al. (1966) proposaren que la lixiviació dels cations a partir de les fulles verdes tenia lloc per intercanvi catiònic, per difusió a través de la cutícula, i per flux de masses en punts desprovistos de cutícula. La major lixiviació que normalment s'observa en plantes madures o senescentes, o altrament amb un metabolisme enlentit, es deuria no només a la deterioració de les cutícules sinó a la major importància del pool de cations intercanviables en l'espai intercel·lular en comparació amb plantes de creixement vigorós, que incorporen ràpidament

aquests nutrients dintre de les noves cèl·lules, d'on es lixivien amb dificultat. Diferents cations de la precipitació poden participar en aquests intercanvis però, jutjant pels aportats nets, resulta evident que l'ió hidrogen hi té un paper prominent. És molt significatiu al respecte que, en rentats experimentals, l'aigua de lixiviació sigui generalment alcalina (Tukey 1970).

Hi ha dos processos fonamentals pels que la lixiviació pot neutralitzar les precipitacions: un és l'intercanvi de hidrogenions per cations metàl·lics, i l'altra és la lixiviació de sals d'àcids febles, orgànics o no.

Al Montseny, els aportats nets de H en el trascol representen els següents percentatges de la suma dels aportats nets de Na, K, Ca, i Mg (taula 7.4): LC 10%, SFF 12%, i SFA 2.7%. Amb la hipòtesi de que tots els aportats nets de Na fossin d'origen marí (que pot no estar molt allunyada de la veritat a LC i a SFF, però que és més incerta a SFA (apartat 7.8), i que, per tant, arribessin com a sals neutres, els percentatges anteriors, un cop restat el Na i la part proporcional del Mg, pugen a: LC 11%, SFF 14%, i SFA 3.0%. Aquests percentatges estan basats en el consum aparent d'hidrogenions lliures, deduït dels canvis de pH.

Es possible que la contribució de l'intercanvi d'hidrogenions a la lixiviació sigui major que el que indiquen aquestes xifres, perquè pot haver un subministre extra d'hidrogenions lligats als àcids febles de la precipitació. Adhuc amb aquesta possible contribució, i donades les concentracions esperables d'àcids febles en la precipitació (Gallowats et al. 1976 a i b), no sembla probable que l'intercanvi d'hidrogenions pugui explicar més que una part potser substancial però minoritària dels aports nets de cations al Montseny. Durant l'estació vegetativa al bosc caducifoli de Hubbard Brook, amb precipitació molt més àcida que la del Montseny, la neutralització de H en les capçades representava el 27% del total d'equivalents dels cations (Na, K, Ca, Mg, i NH_4) en els aports nets en el trascol més l'escolament cortical (Eaton et al. 1973).

La precipitació pot ser parcialment neutralitzada si els cations es lixivien dels arbres acompanyats per anions d'àcids febles. Al pH àcid de la precipitació, aquests anions es protonen, disminuint l'acidesa lliure (i, per tant, el pH), però no l'acidesa total (suma dels hidrogenions lliures i dels lligats). En un dels pocs estudis que ha intentat aprofundir en com les capçades modifiquen l'acidesa, Hoffman et al. (1980 a) trobaren que, en una roureda de Quercus prinus en fase foliada, el contingut d'àcids forrs (i, per tant, el pH), en el trascol disminuïa un 20-40% respecte de la precipitació, però el contingut d'àcids febles augmentava en la mateixa quantitat, amb el qual l'acidesa total es conservava inalterada.

Aquesta observació suggereix que el rentat d'anions d'àcids febles, procedents de deposició seca o de lixiviació, és de la major importància en la neutralització de les precipitacions àcides en aquest bosc, quan els arbres tenen fulla. En època hivernal, tan l'acidesa lliure com la total foren, en general, molt semblants en la precipitació i el trascol.

No es coneix gens bé la naturalesa dels àcids febles en el trascol. Tukey i Mecklenburg (1964) subministraren $^{14}\text{CO}_2$ a plantes de carbassa en el laboratori, lixiviant les fulles després de 36 hores d'exposició. L'anàlisi dels lixiviatos revelà que el 94% del ^{14}C estava com a carbonat¹ (nota: els autors diuen carbonat; als pHs esperables en la solució de rentat, hauria de ser bicarbonat), i la resta en forma orgànica. Si els cations metàl·lics es lixivinessin de les fulles acompanyats de carbonat o bicarbonat es produiria una neutralització, potser parcial, de les precipitacions. Això explicaria també el caràcter alcalí dels lixiviatos de plantes (veure més amunt).

La possibilitat anterior no sembla haver rebut gaire atenció en els estudis de trascol on, per exemple, es guarda rigorós silenci sobre el manteniment de l'electroneutralitat a la fulla després de la lixiviació de grans quantitats de K, o només es considera el paper de l'intercanvi amb H de la precipitació. En el cas particular de l'estudi de Hoffman et al. (1980a) que abans comentàvem, no es pot invocar al bicarbonat o l'àcid carbònic perquè la mostra era purgada amb N_2 abans i durant la valoració.

Part de l'enriquiment en àcids febles en el trascol pot deure's a àcids orgànics. Hoffman et al. (1980a i b) trobaren sovint petites concentracions de àcid octañoic en el trascol de Quercus prinus, i ocasionalment altres àcids alifàtics per sota de C₁₂. No trobaren generalment àcids orgànics de baix pes molecular (com l'àcid acètic, p. ex.). Les concentracions estimades els feren pensar que la contribució dels àcids orgànics era improbable que passés de 10 µeq/L, quan el contingut mig d'àcids febles en el trascol era de 74 µeq/L en fase foliada, i de 69 µeq/L en època hivernal (Hoffman et al. 1980a). Com la contribució dels àcids febles inorgànics (hidrats metàl·lics, fosfat, sulfit, nitrit, amoni) era també moderada, els autors varen concloure que la naturalesa de gran part dels àcids febles tant en la precipitació com en el trascol era desconeguda.

La lixiviació d'àcids orgànics no dissociats podria contribuir a augmentar l'acidesa lliure només si la precipitació tingués un pH alt; en cas contrari contribuiria només a l'acidesa total. Això podria passar a l'alzinar de LC. En aquest bosc, durant els 2 anys de la taula 7.2, 19 períodes de recollida tingueren el trascol menys àcid que la deposició global, i altres 19 el tinguern més àcid (malgrat el qual es donà una neutralització apreciable de les precipitacions durant tot el període, quan es consideren les concentracions mitjanes ponderades de H, taula 7.2). La relació entre el pH del trascol i el de la deposició global es pot veure a la fig. 7.49 a..Les dues quantitats estan correlacionades ($r=0.67$, excloent un punt perifèric).

L'aspecte que ens interessa ara és que quan el pH de la deposició global és menor de ~ 5.0 la precipitació es neutralitza parcialment, i quan el pH de la deposició global és major de ~ 5.8 (ó, potser, de 5.5), la precipitació s'acidifica en traspasar les capçades. Sembla que, com era esperable, la capacitat d'amortiment del trascol sigui major que la de la deposició global; mentre el pH d'aquesta varia generalment entre 4.4 i 6.6, el del trascol ho fa, generalment, entre 4.7 i 6.2 (de 40 a 0.3, i de 20 a 0.6 $\mu\text{eq H/L}$, respectivament). Aquesta relació fa pensar que l'acidificació de les precipitacions a LC, quan es produeix, sigui deguda no al rentat d'àcids forts depositats en sec, sinó d'àcids febles, possiblement de lixiviació.

A SFF, en 4 períodes de recollida entre 24 el pH del trascol fou més baix que el de la deposició global. Tots 4 foren en època hivernal, però en 2 d'ells els pHs fora i dintre del bosc varen ser molt poc diferents, i en un altre la diferència fou deguda a una nevada mostrejada amb col·lector de neu fora del bosc, però només parcialment recollida pels embuts de trascol (en aquest cas, el trascol no fou més àcid que la neu recollida en els col·lectors d'embut fora del bosc).

A SFA, en 6 períodes de recollida entre 16 el pH del trascol donà més baix que el de la deposició global. Cinc d'aquests 6 foren entre octubre i abril. Pel que fa als mesos de major senescència foliar, el trascol resultà acidificat a l'agost del 1980 però no al del 1979. A dife-

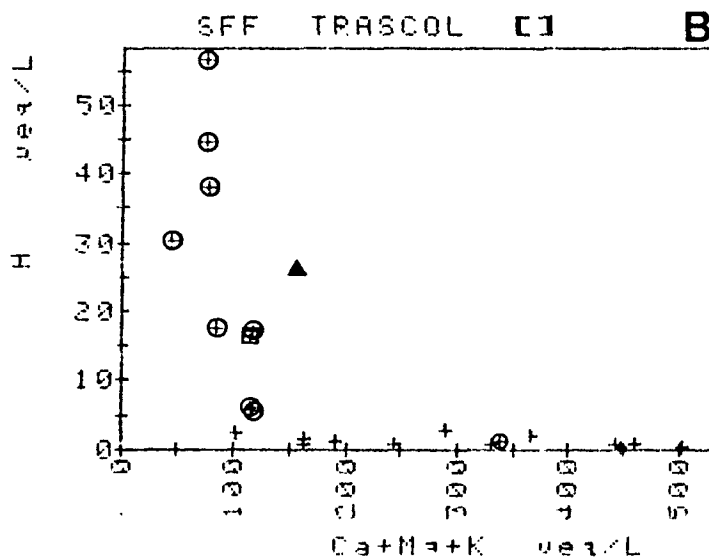
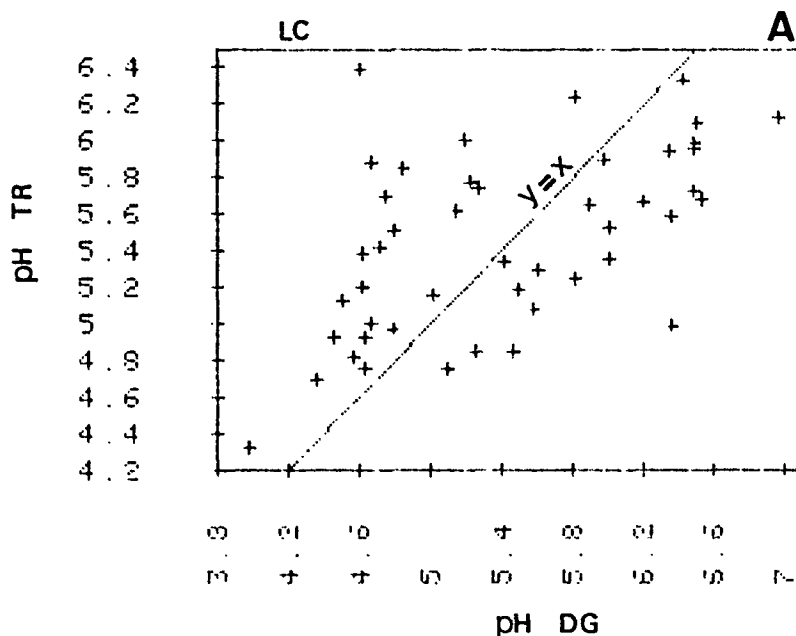


Figura 7.49 (A) Alzinar de La Castanya: relació entre el pH del trascol (pH TR) i el de la deposició global (pH DG), per períodes de recollida. S'ha dibuixat la recta corresponent a la igualtat de pHs.

(B) Fageda de Santa Fe: relació entre la concentració d'hidrogenions en el trascol i la suma d'equivalents de calci, magnesi, i potassi, per períodes de recollida.

+ = estival, ⊕ = hivernal, ⊞ = 1^a quinzena de maig 1980,

▲ = 2^a quinzena de maig 1980

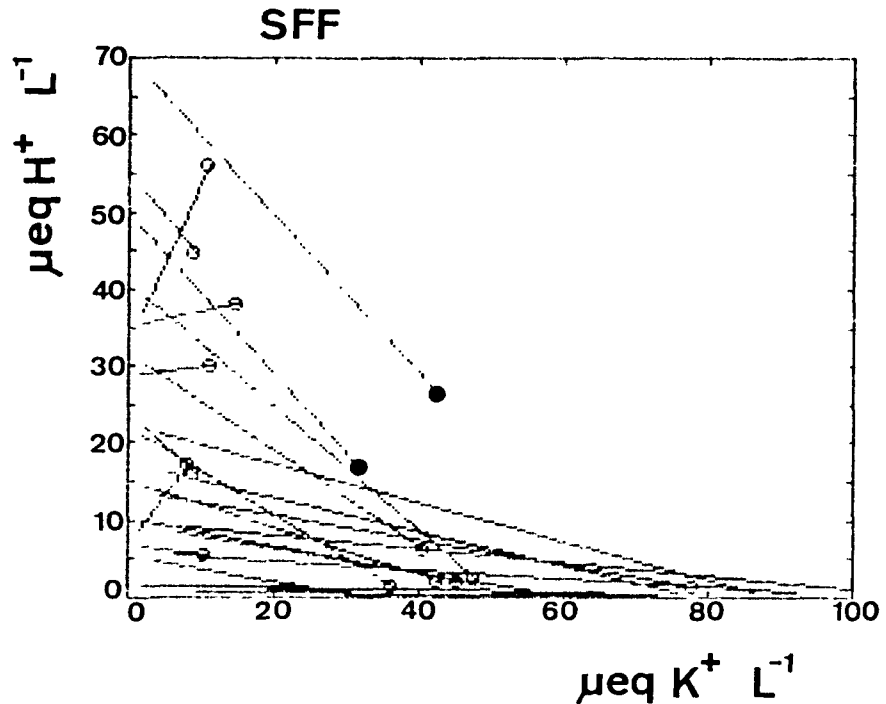


Figura 7.50 Fageda de Santa Fe:

neutralització parcial

de les precipitacions àcides i lixiviació de potassi per part de les capçades.

Cada segment representa un període de recollida. L'extrem esquerra del segment dóna les concentracions d'hidrogenions (calculades a partir del pH) i de potassi en la deposició global; l'extrem dret (identificat per cercles) dóna les concentracions de H i de K en el trascol brut del mateix període de recollida.

Els segments es poden descriure com les "trajectòries químiques" de la precipitació en traspasar les capçades.

El gràfic inclou totes les fases fenològiques del faig. Els cercles negres corresponen a les dues quinzenes de maig 1980.

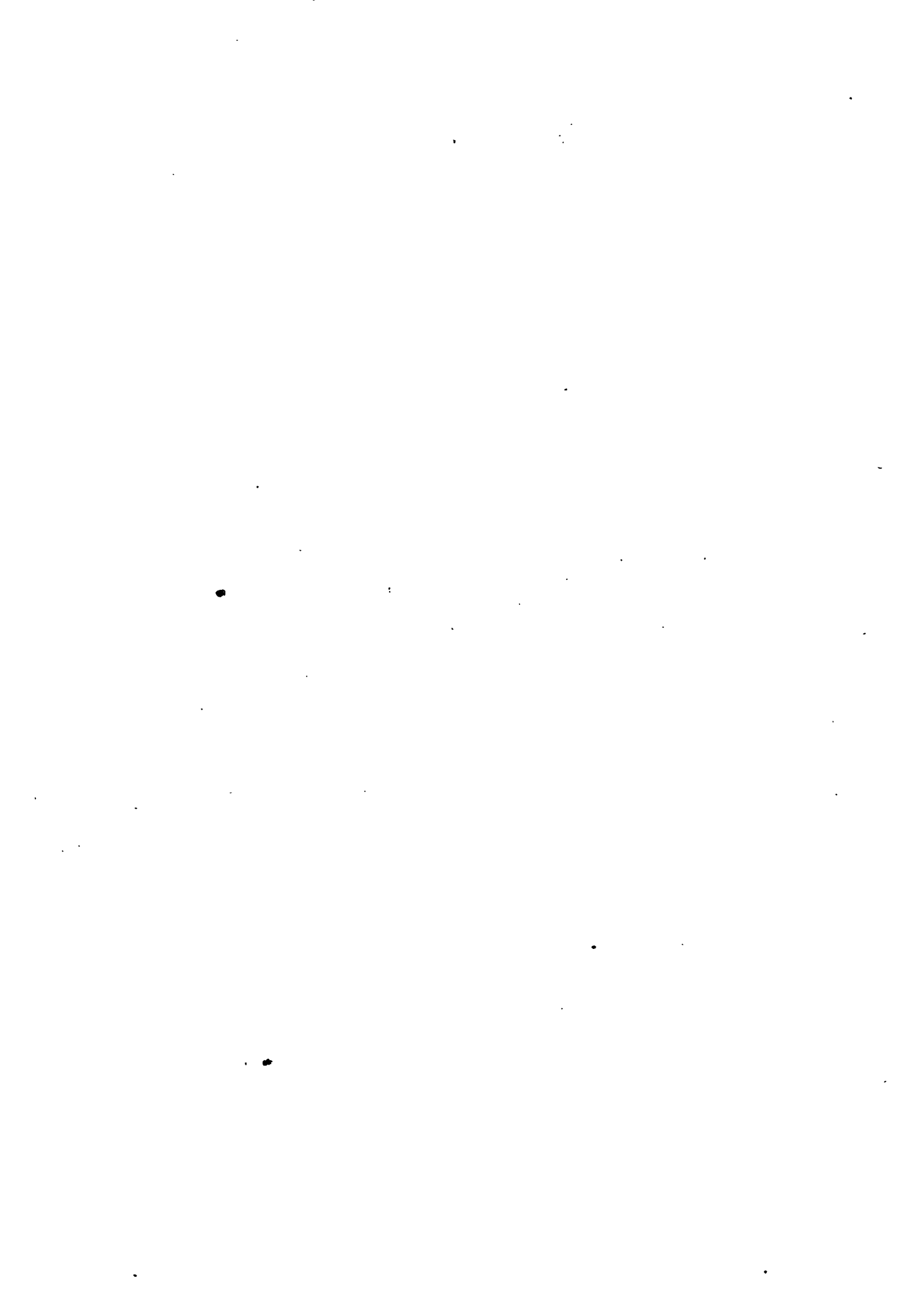
rència que en l'alzinar no es veu cap relació entre el pH de la deposició global i la neutralització o acidificació en el trascol de l'avetosa.

Es interessant de remarcar que, malgrat el paper que els hidrogenions de la precipitació poden tenir en la lixiviació, l'avetosa té uns aportos nets de nutrients molt més alts que la fageda, però en canvi en aquesta es neutralitzen més hidrogenions que en aquella.

Hem examinat la relació que hi ha a la fageda entre els equivalents d'hidrogenions neutralitzats a les capçades i els equivalents d'aports nets de K, Ca, i Mg en el trascol, per a cada període de recollida. Com hem dit ja anteriorment, al Montseny es renten molts més cations metàl·lics de les capçades que no pas es neutralitzen hidrogenions. En el cas del K (fig. 7.50) hem trobat però que durant les 2 quinzenes del maig del 1980 el total d'equivalents de K rentats correspon molt exactament als equivalents de H neutralitzats. Tal relació estequiomètrica es donà només en aquests 2 períodes de recollida, en que coincidiren la presència de fulles recent brotades amb una precipitació molt àcida (fig. 7.50). Podem recordar aquí que, contràriament al que hom podria pensar, les fulles joves es consideren molt resistents a la lixiviació (Tukey 1970). No veiem una raó clara per la qual aquesta relació inversa entre K i H no s'observi en altres moments fenològics.



8. QUIMISME DE LES RIERES



8.1 La base de dades

Hem mostrejat regularment 5 rieres del Montseny que drenen conques petites (de 0.2 a 6.5 km²), sobre roques silicatades, i que tenen nul·la ocupació humana. Les rieres estudiades són:

(1) sector de La Castanya

- . TMP = Torrent de la Mina
- . RC = Riera de La Castanya
- . RCF = Riera de Collformic

(2) vall de Santa Fe

- . TRC = Torrent de Rocs Cremats
- . TMOR = Torrent del Turó de Morou

La situació i característiques d'aquestes conques s'han descrit al capítol 3.

Dintre de la vall de La Castanya, s'analitzaren ocasionalment altres rieres, fonts, i surgències. Destacarem:

- . SLL = Sot de Llançà: és el primer tributari important per la dreta de la Riera de La Castanya aigües avall de TMP; molt obac.
- . SR = Sot de les Romalloses (TM 13): petit tributari intermitent a la part baixa de la solana de TMP.
- . SP = surgència permanent a la part baixa de l'obaga de TMP, al costat de la parcel·la experimental d'alzinar muntanyenc.
- . FV = Font del Vilar, en la solana de la vall de La Castanya, a 710 m s.n.m.

A la taula 8.1 s'especifiquen els períodes estudiats i el nombre total de mostres agafades a cadascuna de les 5 rieres principals. En general, el mostratge fou quinzenal al sector de La Castanya, i mensual a Santa Fe. Amb aquesta freqüència de mostratge, la major part de les mostres corresponen a condicions de cabal de base. Algunes mostres corresponen

però, a fases més o menys avençades de la recessió de diferents crescudes.

La riera estudiada durant més temps i amb més intensitat és TMP, amb 68 mostres durant 26 mesos (desembre 1978-gener 1981). Durant els darrers 14 mesos (desembre 1979-gener 1981) es mostrejaren simultàniament TMP, RC, i RCF. Això permet comparar el quimisme d'aquestes 3 rieres al llarg de un cicle anual.

8.2 Presentació dels resultats

A la taula 8.1 es poden veure les mitjanes aritmètiques de les variables mesurades (temperatura, conductivitat, pH, Na, Ca, Mg, K, NO_3 , Cl, i PO_4) a les 5 rieres principals i a FV. Aquestes mitjanes es representen gràficament a les figures 8.1 i 8.2. A la taula 8.2 es poden veure els quocients entre les mitjanes de cada variable per a diferents parells de rieres.

A les taules 8.3 a 8.7 es donen els estadístics que resumeixen la variació del quimisme de cada riera. Aquestes variacions temporals s'il·lustren a les figures 8.4 a 8.12. Les dades numèriques per a cada mostra estan a l'apèndix nº 3.

A les figures 8.13 a 8.15 es presenten els histogrames de TMP.

A la taula 8.8 es comparen els resultats d'una mostra de SLL amb la mostra de TMP del mateix dia.

Les taules 8.9 a 8.13 contenen les matrius de correlació de cada riera. A les taules 8.14 a 8.16 es donen algunes regressions entre la conductivitat i els cations metàl·lics a TMP, RC, i RCF. A les figures 8.16 a 8.19 es poden veure els núvols de punts corresponents a algunes de les anteriors regressions.

A la taula 8.17 es compara la composició de TMP i de TMOR amb la d'altres rieres silicatades que drenen conques forestades, obtingudes a la bibliografia.

A la taula 8.18 es compara el quimisme de la deposició global, del trascol, i de l'aigua de drenatge per a les conques de TMP i de TMOR.

8.3 Composició mitjana de les aigües estudiades

Utilitzant les mitjanes aritmètiques de les variables analitzades (taula 8.1) podem fer una caracterització general de les rieres, surgències, i fonts mostrejades al Montseny.

8.3.1 TMP: Torrent de la Mina

La composició mitjana de TMP fou molt semblant durant tot el període estudiat (26 mesos) i durant el període de mostratge de RC i RCF (els darrers 14 mesos; taula 8.1). Això fa que, al comparar TMP amb RC i RCF, utilitzar les mitjanes de TMP durant el període comú comporti només petites modificacions quantitatives respecte utilitzar les mitjanes de tot l'estudi.

L'aigua de TMP es caracteritza per les següents propietats (taula 8.1).

(1) la seva temperatura mitjana és de 9.9 °C.

Aquesta és la mitjana de 24 mesures quinzenals durant 1980, fetes a primeres hores de la tarda. L'oscil·lació tèrmica diària sembla ser petita a TMP, especialment a l'hivern; per tant, la temperatura mitjana anual de la riera pot no allunyar-se gaire de 9-10 °C. Aquesta és una temperatura relativament alta, tractant-se d'una riera de muntanya, i és deguda a la moderada altitud del punt de mostratge (652 m) i al caràcter mediterrani marítim del clima regional. Per a comparació, la temperatura mitjana anual de l'aire al nord-est dels USA a la latitud i altitud de la sortida de la conca de TMP, predita amb la regressió de Lee (1980, p.300), és de només 7.1 °C.

(2) el pH és bàsic.

El pH mig és 7.40 (calculat transformant a concentracions de H i reconvertint la mitjana a pH; la mitjana aritmètica dels pHs és molt semblant: 7.44). Aquest és un pH molt bàsic per a una riera de muntanya sobre roques silicatades fèlsiques.

Taula 8.1 Composició mitjana de 5 rieres i 1 font sobre terrenys silicatats del Montseny

Es donen les mitjanes aritmètiques (no ponderades per cabal) de les variables analitzades en 3 rieres i 1 font del sector de La Castanya, i en 2 rieres de la vall de Santa Fe. Per a TMP es donen les mitjanes durant tot l'estudi i durant el període comú amb RC i RCF. Els quocients catiónics ho són en termes d'equivalents. La darrera fila conté el nombre de mostres; no totes les variables s'analitzaren a totes les mostres.

TMP = Torrent de la Mina; RC = Riera de La Castanya; RCF = Riera de Collformic; FV = Font del Vilar; TRC = Torrent de Rocs Cremats; TMOR = Torrent del Turó de Morou.
Temperatura en °C. Conductivitat en µS/cm a 20 °C.
Concentracions en µeq/L.

	TMP ¹	TMP ²	RC ²	RCF ²	FV ³	TRC ⁴	TMOR ⁵
Temp.	---	9.9*	10.6*	10.3*	14.2	7.8	8.7
Cond.	66.8	69.1	109	74.2	90.0	29.0	35.5
pH [†]	7.40	7.50	7.77	7.63	7.15	6.61	6.57
H	0.040	0.032	0.017	0.024	0.071	0.245	0.267
Na	250	268	358	234	439	116	222
K	7.37	6.48	11.8	8.86	6.27	8.44	10.6
Ca	249	273	483	304	260	93.9	108
Mg	164	179	280	210	229	78.5	34.4
NO ₃	<1	<1	58.5	21.7	62.4	31.8	6.39
Cl	86.8	89.1	131	125	120	73.9	112
PO ₄	<0.3	<0.3	0.656	0.23	<0.5	<0.3	2.16
Σ	670	727	1132	757	934	296	375
Na/Ca	1.024	0.998	0.746	0.773	1.692	1.234	2.055
Na/Mg	1.538	1.503	1.285	1.122	1.914	1.476	6.484
Ca/Mg	1.508	1.509	1.753	1.458	1.132	1.197	3.149
n	68	27	25	27	5	13	21

* any 1980.

† el pH mig és l'antilogaritme de la concentració mitjana de H.

¹ del 2-12-78 al 3-2-81.

² del 16-12-79 al 3-2-81.

³ del 30-11-80 al 3-2-81.

⁴ del 2-7-79 al 1-10-80.

⁵ del 2-6-79 al 4-2-81.

Segons Krauskopf (1979) el pH de les rieres en les regions humides està normalment entre 5 i 6.5. Potser convindria ampliar aquest interval entre 5 i 7.

- (3) la conductivitat mitjana és de 66.8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C.

Dintre del context general de les aigües continentals, aquesta és una conductivitat baixa, que indica aigües poc mineralitzades. Si ens restringim però a les rieres silicatades de muntanya, la conductivitat de TMP és prou típica, i fins i tot la podem considerar relativament alta. Com podem veure a la taula 8.17, existeixen rieres que drenen boscos temperats que tenen aigües molt més diluïdes que TMP. Al Montseny, en 2 mostratges d'una gamma ampla de conques silicatades amb poca o nul·la ocupació humana, la conductivitat varià entre 25 i 161 $\mu\text{S}/\text{cm}$, amb medianes de 50 i 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (A. Avila, dades inèdites). En canvi, les rieres sobre esquists que drenen els alzinars de les muntanyes de Prades (Conca de Barberà, Tarragona) tenen conductivitats de 300-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (M^a.J.Lledó, com. pers.).

Les dades anteriors, junt amb les de les taules 8.1 i 8.17, posen de manifest la gran variació de conductivitat que es dona entre conques silicatades de boscos temperats. Per aquest motiu, no té gaire sentit dir que les aigües d'una riera són poc o molt concentrades si no s'especifica clarament el marc comparatiu.

- (4) només 6 ions (Na, Ca, Mg, HCO_3 , SO_4 , Cl) contribueixen apreciablement al balanç iònic i a la conductivitat.

En aquest aspecte, TMP s'assembla a la major part de les aigües continentals (taula 8.17), però s'allunya de la precipitació que entra en la conca i del trascol que arriba al terra de l'alzinar (taula 8.18).

- (5) entre els cations, i en equivalents, dominen per igual Na i Ca, seguits de lluny pel Mg.

Les mitjanes dels quocients catiònics, en equivalents,

valen: Na/Ca 1.02, Na/Mg 1.54 (els quocients de les mitjanes són pràcticament idèntics a les xifres anteriors, cf. taula 8.1). Les aigües de TMP són proporcionalment riques en Na. En la major part de les aigües continentals, inclús en regions silicatades, el Ca domina amplament sobre el Na (taula 8.17). La relativa pobresa en Ca a TMP reflexa el caràcter marcadament hipocàlcic de les fil.lites ordovíciques (taula 3.2).

- (6) la suma de les mitjanes aritmètiques de les concentracions de Na, Ca, Mg i K és de 670 µeq/L.

Aquesta xifra es pot emprar com una mesura de la concentració catiònica mitjana de TMP, perquè els cations no considerats (H, NH₄, Fe, Mn, Al) no la incrementarien apreciablement. Com dèiem en parlar de la conductivitat, el grau de mineralització de TMP és baix per a una aigua continental, però és normal o relativament alt per a una riera silicatada de muntanya (taula 8.17). Per exemple, en 3 àrees molt estudiades dels USA trobem les següents sumes dels 4 cations metàl·lics, ponderades per cabal: Hubbard Brook 157 µeq/L, Shenandoah National Park 123 µeq/L, i Coweeta 108 µeq/L (vegi's les dades completes i les referències a la taula 8.17). Les concentracions de Na, Ca, i Mg de TMP són molt més altes que les dels llocs citats. Cal dir que, degut a l'efecte de dilució (apartat 8.4.1), les concentracions mitjanes de Na, Ca, i Mg a TMP baixarien bastant si les ponderessim per cabal. No obstant, i en una estimació grollera, la suma de les concentracions ponderades dels 4 cations a TMP seria de l'ordre de 500 µeq/L, que és encara un valor molt superior al de les 3 conques americanes que hem citat.

Al Montseny, la suma de les mitjanes aritmètiques de Na, Ca, Mg, i K en 3 mostratges d'una gamma ampla de rieres silicatades, en diferents condicions hidrològiques donà 562, 811, i 452 µeq/L (A.Avila, dades inèdites).

(7) la concentració de K és baixíssima.

La mitjana aritmètica és de 7.4 µeq/L. Aixó representa només el 1.1% de la suma de les mitjanes de Na, Ca, i Mg. En les aigües continentals, el K acostuma a ser molt més escàs que els altres cations, però normalment representa el 2-4% de la suma d'equivalents de Na, Ca, i Mg. Es a dir, l'aigua de TMP és molt pobre en K, tant en termes absoluts com en termes de proporcions.

(8) entre els anions, domina el HCO₃, seguit de lluny pel SO₄ i pel Cl.

Bicarbonat i SO₄ no s'analitzaren regularment en aquest treball.

Dues mostres analitzades per SO₄ donaren: 176 µeq/L (el 29-3-80, amb 54 µS/cm de conductivitat), i 164 eq/L (el 30-6-80, amb 67 µS/cm; la primera mostra fou analitzada pel Department of Environmental Sciences de la Universitat de Virginia, i la segona pel Departament de Biologia i Geologia de la Universitat d'Alacant). Com que la conductivitat d'aquestes mostres no s'allunya gaire de la mitjana de TMP, sembla raonable suposar que la mitjana aritmètica de la concentració de SO₄ estigui entre 150 i 190 µeq/L.

Utilitzant la suposició anterior, i per balanç iònic amb la composició mitjana de TMP, es dedueix que la mitjana aritmètica de la concentració de HCO₃ pot ser de 390-430 µeq/L. En un nombre molt reduït de mostres, però de condicions hidrològiques molt dispers, l'alcalinitat (HCO₃) de TMP varià entre 150 i 650 µeq/L (A. Avila, dades inèdites).

(9) la concentració de Cl és moderada: 86.8 µeq/L de mitjana aritmètica.

Aquesta concentració és molt més alta que la de Hubbard Brook i que la del Shenandoah N. P., però molt més baixa que la d'una petita conca forestada a les Ardenes luxemburgueses (taula 8.17). Al Montseny, les medianes de 2

mostratges d'una gamma ampla de rieres amb poca o nul·la ocupació humana foren de 113 i 127 $\mu\text{eq/L}$ (A. Avila, dades inèdites).

(10) el NO_3 és pràcticament inexistent.

La major part de les mostres de TMP donaren nivells indetectables de NO_3 (<0.5 ó <1 $\mu\text{eq/L}$, segons els casos). Certament, les concentracions de NO_3 (més NO_2) en el cabal de base de TMP són menors o iguals de 1 $\mu\text{eq/L}$. Aquest fet ha estat corroborat amb mostres fresques, analitzades poc després de ser recollides i sense congelació prèvia. La concentració de NO_3 en les rieres silicatades que drenen boscos temperats varia extraordinàriament d'un lloc a un altre (taula 8.17).

(11) la concentració de PO_4 és també molt baixa (<0.3 $\mu\text{eq/L}$).

A diferència del NO_3 , aquesta és una situació generalitzada en les conques forestals (taula 8.17).

(12) resumint:

l'aigua de TMP es pot classificar com bicarbonatada sòdico-càlcica; bàsica; amb nivells moderats (dintre de les rieres silicatades de muntanya) de mineralització, d'alcalinitat, i de concentracions de SO_4 i Cl ; pobre en K ; i molt pobre en NO_3 i PO_4 .

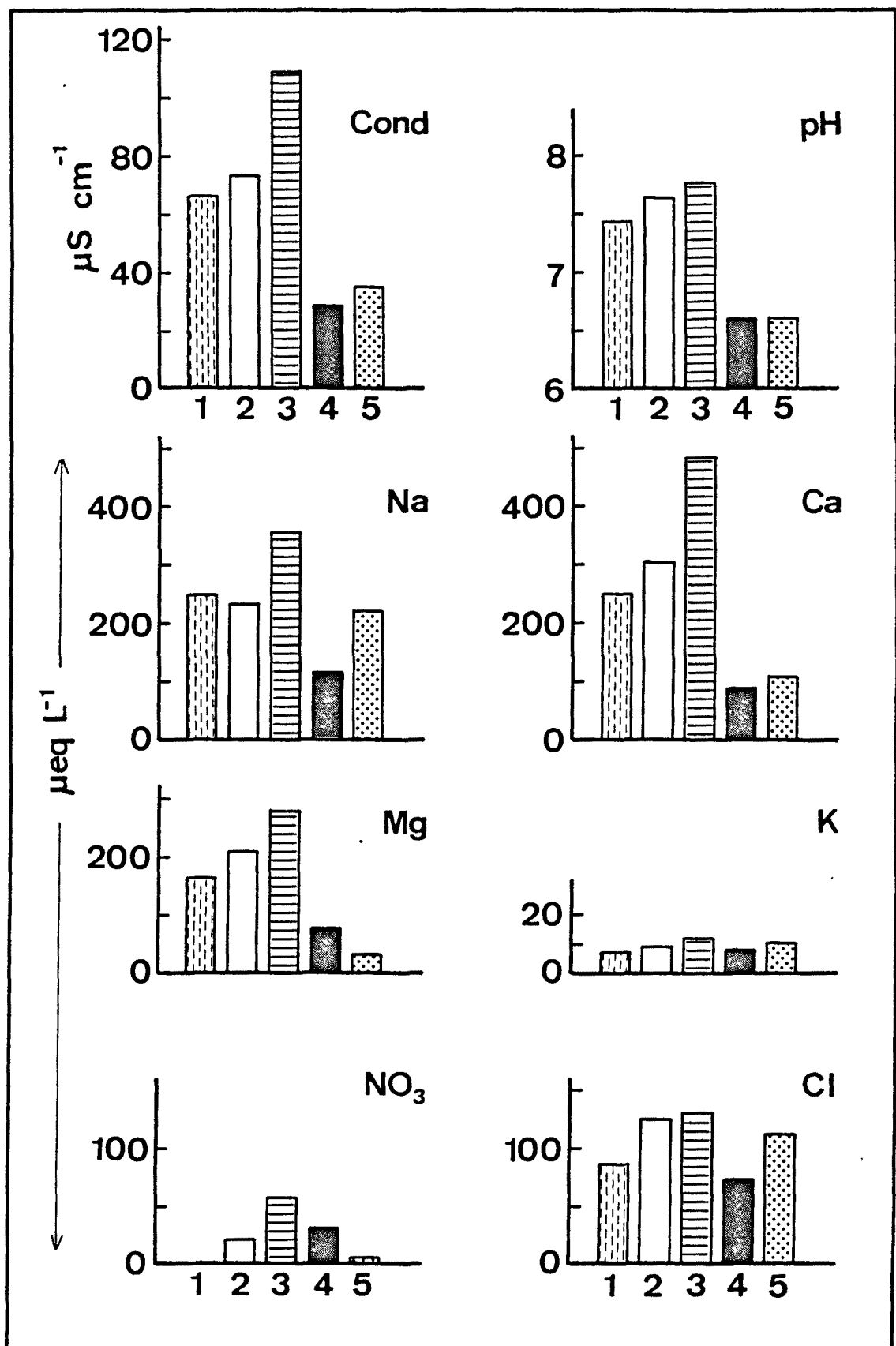


Figura 8.1 Composició mitjana aritmètica de 5 rieres del Montseny, sobre roques silicatades.

- 1 = TMP (Torrent de la Mina; 2-12-78 a 3-2-81)
 2 = RCF (Riera de Collformic; 16-12-79 a 3-2-81)
 3 = RC (Riera de La Castanya; 16-12-79 a 3-2-81)
 4 = TRC (Torrent de Rocs Cremats; 2-7-79 a 1-10-80)
 5 = TMOR (Torrent del Turó de Morou; 2-6-79 a 4-2-81)
 La concentració mitjana de NO₃ a TMP és <1 µeq/L.

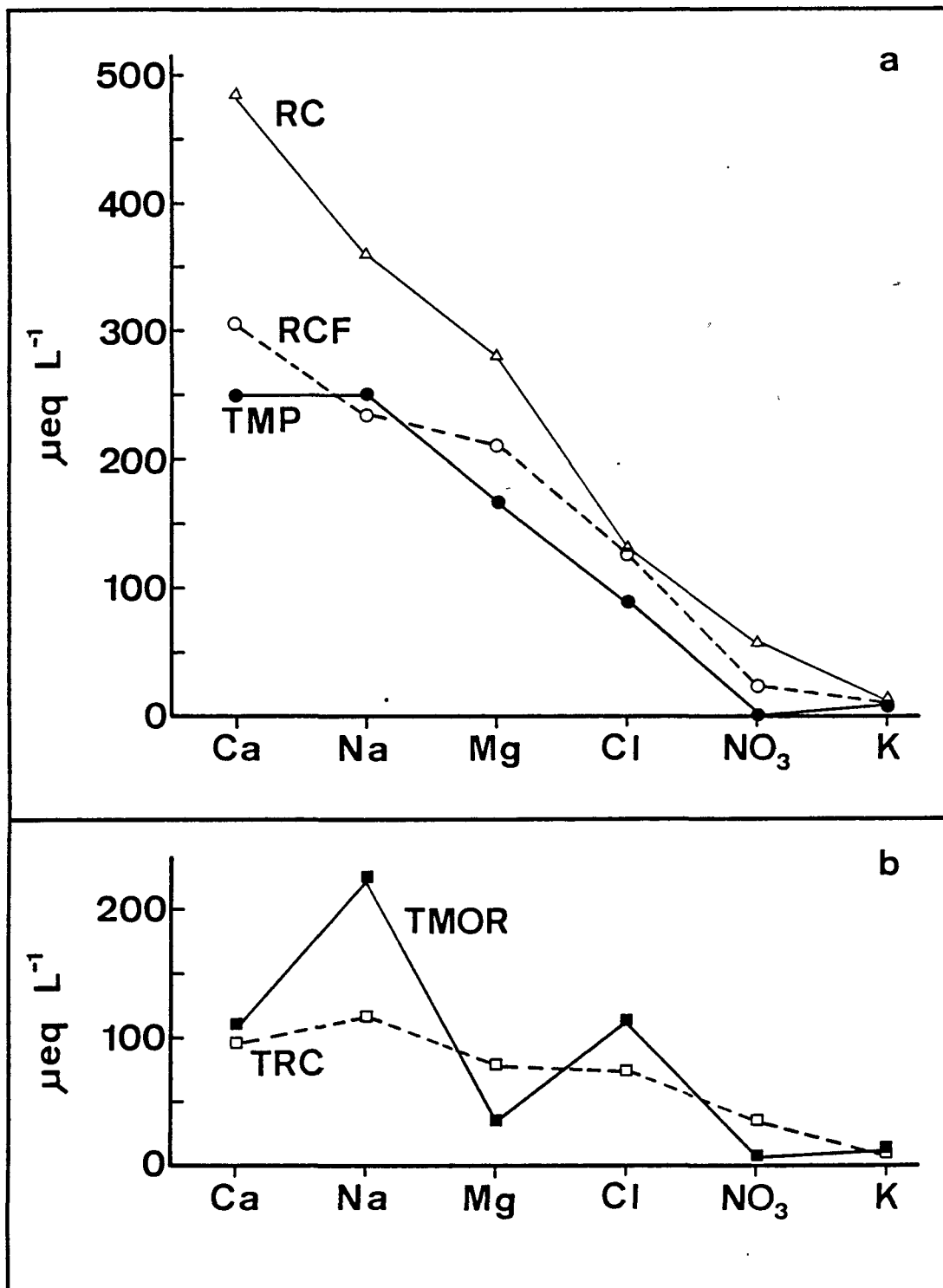


Figura 8.2 Composició mitjana aritmètica de 5 rieres del Montseny.

a) rieres del sector de La Castanya

b) rieres de la vall de Santa Fe

Les dades són les mateixes que les de la figura 8.1, però aquí s'han representat en forma de "perfils iònics". Les concentracions de PO_4 no són representables a aquesta escala. El significat de les sigles i els períodes de mostratge de cada riera es poden veure a la figura 8.1.

8.3.2 RC: Riera de La Castanya

Des d'una perspectiva molt general podem dir que les aigües de RC són químicament semblants a les de TMP (taula 8.1, figs. 8.1, 8.2, i 8.3). En particular, ambdues rieres són bàsiques i les concentracions iòniques mitjanes diferiren entre elles per factors menors de 2 (excepte per NO_3 i PO_4 ; taula 8.2).

No obstant, quan considerem les dades amb més detall veiem que hi ha diferències molt considerables entre el quimisme de RC i de TMP, malgrat que es tracta de conques adjacents. Podem resumir així les principals diferències observades entre les composicions mitjanes d'ambdues rieres (taules 8.1 i 8.2, figs. 8.1 i 8.2):

- (1) RC és bastant més bàsica que TMP: els pHs migs respectius són 7.77 i 7.50, pel període comú.
- (2) RC és bastant més concentrada que TMP: les conductivitats mitjanes són 109.3 i 69.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C (un 58% major a RC).
- (3) les concentracions de tots els ions analitzats, excepte la de H, són majors a RC.
- (4) la suma de les concentracions mitjanes aritmètiques de Na, Ca, Mg, i K a RC val 1132 $\mu\text{eq}/\text{L}$ (56% major que a TMP).
- (5) RC és molt rica en Ca: la seva concentració mitjana és de 483 $\mu\text{eq}/\text{L}$, un 77% major que a TMP. El Mg és un 56% major a RC, mentre que el Na és només un 33% major a RC que a TMP.

Si a TMP les concentracions mitjanes de Na i de Ca eren, en equivalents, iguals, a RC el Ca domina netament sobre el Na.

- (6) com a conseqüència del punt anterior, les proporcions catióniques són diferents a RC i a TMP. Els quocients Na/Ca i Na/Mg són més alts a TMP, mentre que el quocient Ca/Mg és més alt a RC. Aquestes diferències es reflexen en el diagrama triangular dels 3 cations dominants

(fig. 8.3, on es veu que RC queda una mica més a prop del vèrtex del Ca, mentre que TMP queda una mica més a prop del vèrtex del Na.

- (7) RC no és tan pobre en K com TMP: 11.8 v. 6.5 $\mu\text{eq/L}$ de concentracions mitjanes en el període comú.
- (8) la concentració mitjana de Cl és un 47% major que la de TMP.
- (9) en contrast radical amb TMP, la concentració de NO_3 a RC és alta: 58.5 $\mu\text{eq/L}$ de mitjana aritmètica.
- (10) la concentració de PO_4 és també relativament alta a RC: 0.66 $\mu\text{eq/L}$ de mitjana.

En resum, les aigües de RC són més bàsiques i tenen concentracions iòniques bastant o molt superiors a les de TMP; són també proporcionalment més riques en Ca, i proporcionalment menys riques en Na; en particular, destaquen molt pel seu elevat contingut de NO_3 i, relativament, de PO_4 .

Les diferències exposades no es manifestaren només en les mitjanes sinó que pràcticament en totes les mostres recollides totes les variables químiques analitzades donaren valors més alts a RC que a TMP. Amb 25 mostres aparellades, això fa que totes les diferències citades entre les dues rieres siguin, estadísticament parlant, altament significatives.

De les 5 rieres que hem mostrejat al Montseny, RC és la més bàsica, la de major conductivitat, i la que té les majors concentracions mitjanes de tots els ions analitzats (amb l'excepció de PO_4 a TMOR; taula 8.1). Només una font (FV) supera les mitjanes de RC per Na i NO_3 (taula 8.1).

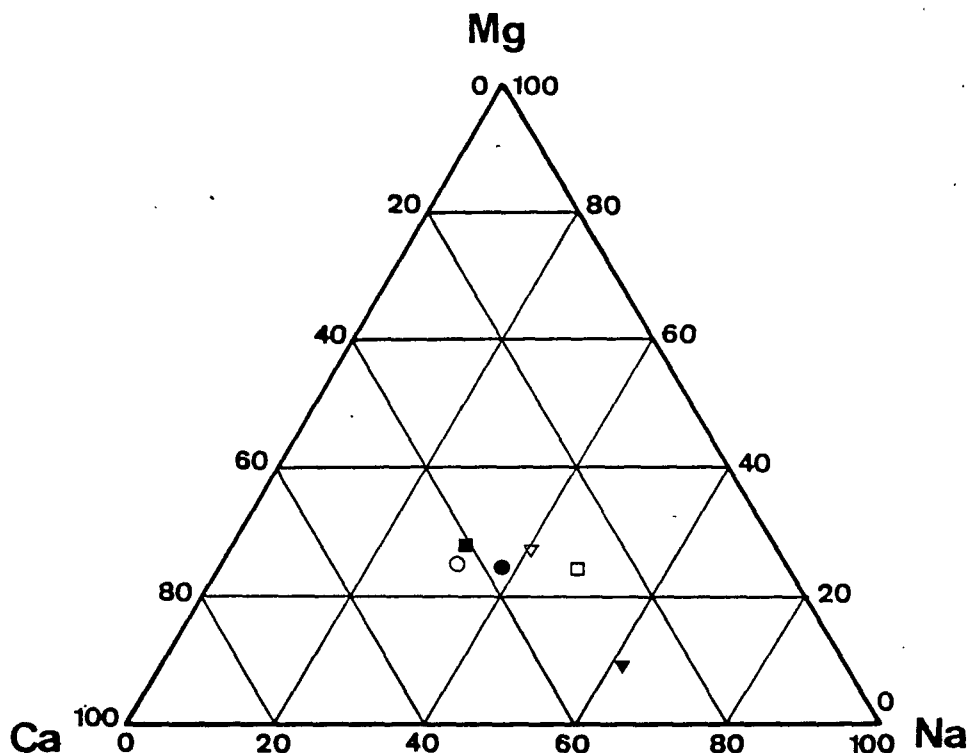


Figura 8.3 Diagrama triangular de les proporcions catióniques.

Cada punt representa la composició mitjana aritmètica de la riera o font que s'indica. La proporció de cada catió és el percentatge dels seus equivalents respecte la suma d'equivalents de Na, Ca, i Mg.

- = TMP (Torrent de la Mina)
- = RC (Riera de La Castanya)
- = RCF (Riera de Collformic)
- ▽ = TRC (Torrent de Rocs Cremats)
- ▼ = TMOR (Torrent del Turó de Morou)
- = FV (Font del Vilar de La Castanya)

Taula 8.2 Quocients entre les concentracions mitjanes de les rieres estudiades

Es donen els quocients entre les mitjanes aritmètiques de la conductivitat i de les concentracions dels ions analitzats per a diferents parells de rieres del Montseny.

Les sigles s'identifiquen a la taula 8.1.

	RC/TMP ¹	RC/RCF	RCF/TMP ¹	RC/FV	TMOR/TRC ²	TMP/TMOR ³
Conduc	1.582	1.473	1.074	1.215	1.227	1.880
Na	1.235	1.527	0.874	0.815	1.918	1.126
K	1.815	1.328	1.366	1.876	1.262	0.692
Ca	1.769	1.591	1.112	1.862	1.153	2.304
Mg	1.563	1.330	1.176	1.219	0.439	4.762
NO ₃	> 58	2.702	> 22	0.938	0.201	<0.16
Cl	1.472	1.048	1.405	1.095	1.517	0.775
PO ₄	> 2.2	2.9	--	> 1.3	> 7	<0.14
Σ+	1.559	1.496	1.042	1.212	1.277	1.771

¹ TMP de 16-12-79 a 3-2-81 (n=27).

² no per dates comunes.

³ TMP de 2-12-78 a 3-2-81 (n=68).

8.3.3 RCF: Riera de Collformic

En conjunt, la composició mitjana de RCF és molt semblant a la de TMP (taula 8.1, figs. 8.1 i 8.2); el NO_3 i, en menor grau, el Cl són excepcions a l'anterior semblança (taula 8.1).

Excepte en el cas del Na, la composició química de RCF és intermitja entre la de TMP i la de RC (taula 8.1, fig. 8.1).

A més dels anteriors enunciats generals, podem caracteritzar les aigües de RCF de la manera següent (taules 8.1 i 8.2):

- (1) RCF és més bàsica que TMP: els seus pHs migs respectius són 7.63 i 7.50, pel període comú.
- (2) la conductivitat mitjana de RCF és de $74.2 \mu\text{S}/\text{cm}$, un 7.4% major que la de TMP.
- (3) excepte en els casos del H i Na (i potser PO_4), les concentracions mitjanes dels ions analitzats són majors a RCF que a TMP.
- (4) la suma de les concentracions mitjanes aritmètiques de Na, Ca, Mg, i K a RCF val $757 \mu\text{eq}/\text{L}$, un 4.2% major que la de TMP.

Es a dir, el grau mig de mineralització és molt semblant a les dues rieres, amb una lleugera superioritat per a RCF. Basant-nos també en la suma dels 4 cations metàl·lics, la mineralització mitjana de RCF és només el 67% de la de RC.

- (5) les concentracions mitjanes de Ca i Mg a RCF són, respectivament, un 11% i un 18% superiors a les de TMP. En canvi, la concentració mitjana de Na és un 13% inferior a la de TMP.

A diferència de TMP, a RCF el Ca domina netament sobre el Na, en equivalents.

- (6) com a corolari del punt anterior, les proporcions catióniques són diferents a RCF i a TMP. Els quocients

Na/Ca i Na/Mg són bastant més baixos a RCF que a TMP, mentre que el quocient Ca/Mg és només lleugerament més baix a RCF. En el diagrama triangular de proporcions catióniques (fig. 8.3) podem veure que TMP, RC i RCF ocupen una mateixa regió del triangle, definida pels següents percentatges d'equivalents respecte la suma d'equivalents dels 3 cations : Na 31-38, Ca 38-43, i Mg 25-28. No hi ha doncs un domini molt acusat de cap dels 3 cations en aquestes aigües. Amb major detall es veu que, proporcionalment, RC és la més rica en Ca, RCF la més rica en Mg, i TMP la més rica en Na.

- (7) la concentració mitjana de K a RCF és de 8.9 ueq/L. Aixó suposa un increment del 37% respecte la mitjana de TMP (6.5 ueq/L), però la diferència absoluta entre ambdues rieres és modesta. RCF segueix essent pobre en K, però no tant com TMP.
- (8) la concentració mitjana de Cl a RCF és un 40% major que la de TMP. RCF és relativament rica en Cl, com es comprova pel fet que la seva mitjana d'aquest ió és gairebé igual que la de RC, malgrat que aquesta és una riera molt més concentrada que RCF.

Com expressió d'aquesta riquesa relativa en Cl, podem indicar que a TMP trobem, en equivalents, gairebé el triple de Na que de Cl, mentre que a RCF la mitjana del Na no arriba al doble de la del Cl.

- (9) en contrast amb TMP, la mitjana de NO_3 és alta a RCF: 21.7 ueq/L. Tot i ésser alta, aquesta concentració és només un 37% de la mitjana de RC.
- (10) igual que a TMP, el PO_4 fou indetectable (<0.2 ueq/L) a la major part de les mostres de RCF. Només 11 de les 27 mostres analitzades a RCF donaren nivells de PO_4 iguals o majors que aquest límit de detecció. La mitjana aritmètica de la concentració de PO_4 que donem a la taula 8.1 (0.23 ueq/L) s'ha obtingut assignant el valor de 0.1 ueq/L a les 16 mostres de PO_4 indetectable. Per aquesta raó, la mitjana resultant és només aproximada.

En resum, RCF és químicament molt semblant a TMP (excepte en NO_3), i la seva composició és intermitja entre la de TMP i la de RC (excepte pel Na). L'aigua de RCF és una mica més bàsica i una mica més concentrada que la de TMP. Les concentracions mitjanes de Ca i de Mg són una mica majors a RCF que a TMP, però la de Na és una mica menor. Proporcionalment, RCF és més rica en Mg i més pobre en Na que TMP. La concentració de NO_3 a RCF és alta (però no tant com la de RC), i la de Cl és relativament alta. El contingut de PO_4 de RCF és més baix que el de RC, però, com passa a TMP, no podem donar una concentració mitjana gaire acurada degut a la freqüència de nivells indetectables amb el mètode utilitzat.

Per les concentracions mitjanes dels 3 cations dominants, RCF s'assembla més a TMP que a RC (fig. 8.2), però en canvi, les seves proporcions d'aquests cations s'assemblen més a RC que a TMP (fig. 8.3).

8.3.4 TRC: Torrent de Rocs Cremats

Les aigües de TRC es diferencien clarament de les del sector de La Castanya per ser més fredes, molt menys concentrades, i per tenir un pH molt més baix. En concret:

- (1) la temperatura mitjana de l'aigua donà 7.8 °C, bastant inferior als 10-11 °C del sector de La Castanya. Cal tenir en compte que la mitjana de TRC està basada en només 9 mesures de temperatura i que, degut a un petit dèficit de temperatures hivernals, por ser una sobre-estima. Interpolant per a les temperatures que falten, obtenim una mitjana de 7.4 °C, potser més verídica. La temperatura mitjana anuals de l'aire al Turó de l'Home (en el cim de la conca de TRC, a 1707.m s.n.m.) és de 6.5 °C. El dia 4-2-81, la Font de Passavets sortia a 7.2 °C. Aquesta font drena el vessant NE del Turó Gros, i es troba a 1200 m s.n.m., no gaire lluny del punt de mostratge de TRC.
- (2) l'aigua de TRC és feblement àcida: el pH mig és de 6.61. Aixó contrasta molt amb les aigües bàsiques de les rieres del sector de La Castanya.
- (3) la conductivitat mitjana de TRC és de només 29.0 µS/cm a 20 °C. Aquesta és la riera de conductivitat més baixa de les estudiades en el present treball.
- (4) la suma de les concentracions mitjanes aritmètiques de Na, Ca, Mg, i K a TRC és de 296 µeq/L. Aixó representa només el 44% del grau de mineralització de TMP, que és la riera més diluïda de les mostrejades en el sector de La Castanya. Malgrat la mineralització relativament feble de TRC, la seva suma catiònica (aritmètica) és encara molt superior a les dels expemples americans de la taula 8.17 (poderades per cabal).
- (5) les concentracions mitjanes de Na, Ca i Cl de TRC són les més baixes de les trobades en aquest estudi.

- (6) a TRC, el Na domina netament sobre el Ca, en equivalents, cosa que no passa en les mitjanes de cap de les 3 rieres del sector de La Castanya.
- (7) la concentració mitjana de K a TRC és molt semblant a les trobades al sector de La Castanya.
- (8) TRC no queda molt allunyada de les rieres del sector de La Castanya en el triangle de proporcions catióniques (fig. 8.3). Es distingeix d'elles però, per ser més pobre en Ca, i més rica en Na; és també més rica en Mg que TMP i RC, però no que RCF.
- (9) TRC té una concentració alta de NO_3 : 31.8 $\mu\text{eq/L}$ de mitjana, i un nivell indetectable de PO_4 ($<0.3 \mu\text{eq/L}$).

En resum, TRC és una riera d'aigües fredes, feblement àcides, i poc mineralitzades, proporcionalment rica en Na i Mg i pobre en Ca. La concentració de K és igualment més baixa que les que trobem al sector de La Castanya. La concentració de Cl és relativament baixa, la de NO_3 és alta, i la de PO_4 és indetectable.

8.3.5 TMOR: Torrent del Turó de Morou

TMOR és l'única de les 5 rieres mostrejades que es troba sobre terrenys granítics. Pertany a la vall de Santa Fe, igual que TRC.

L'aigua de TMOR comparteix amb la de TRC algunes característiques comunes que les diferencien marcadament de les rieres del sector de La Castanya: la menor temperatura, el pH feblement àcid, i la conductivitat molt més baixa. Les propietats de TMOR són (taula 8.1 i 8.2) :

- (1) una temperatura mitjana de l'aigua de 8.7 °C. L'aigua de TMOR no és tan freda com la de TRC, degut a la menor altitud de la seva conca i a l'orientació més solana.

El dia 4-2-81 mesurarem la temperatura de 2 fonts en el sector planer i assoleiat de la vall de Santa Fe. La Font de la Teula (1130 m s.n.m.) sortia a 8.2 °C, mentre que la Font del Cirer (1140 m) ho feia a 8.8 °C. La mitjana obtinguda a TMOR és consistent amb aquestes temperatures.

- (2) el pH de TMOR és pràcticament idèntic al de TRC: 6.57 v. 6.61, en mitjanes calculades en termes de H. Les mitjanes aritmètiques són 6.62 a TMOR i 6.63 a TRC. Utilitzant les mostres aparellades, el pH d'ambdues rieres no difereix significativament (test de Wilcoxon $p > 0.20$).

- (3) la conductivitat mitjana de TMOR és de 35.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C. Aquest valor és molt menor que els de les rieres del sector de La Castanya, però major que el de TRC. A diferència del pH, totes les mostres de TMOR tingueren major conductivitat que les mostres de TRC del mateix dia, la qual cosa fa que la diferència de conductivitats sigui estadísticament significativa.

- (4) la suma de les concentracions mitjanes aritmètiques de Na, Ca, Mg, i K a TMOR és de 375 $\mu\text{eq}/\text{L}$. Com indicava

la conductivitat, el grau de mineralització de TMOR és molt menor que el de les rieres del sector de La Castanya però és un 28% major que el de TRC.

- (5) la concentració mitjana de Na a TMOR és molt alta per a una riera d'aigües tant diluïdes. Per exemple, dita concentració de Na ($222 \mu\text{eq/L}$) resulta només lleugerament menor que la mitjana de Na a RCF ($234 \mu\text{eq/L}$), que és una riera molt més concentrada que TMOR.
- (6) TMOR és molt pobre en Mg: la concentració mitjana és només de $34.4 \mu\text{eq/L}$, que és menys de la meitat de la de TRC, i la quinta part de la de TMP.
- (7) a conseqüència dels dos punts anteriors, el quocient Na/Mg és molt més alt a TMOR que en les altres 4 rieres mostrejades: 6.5 v. 1.1-1.5. També els quocients Na/Ca i Ca/Mg són molt més alts a TMOR que a les altres 4 rieres, però és el quocient Na/Mg el que millor discrimina a la conca granítica (TMOR) de les 4 conques metamòrfiques. TMOR queda molt destacada de les altres 4 rieres en el diagrama triangular dels cations (fig. 8.3).

La pobresa de TMOR en Mg reflexa la baixa concentració d'aquest catió en els leucogranits del Turó de Morou (taula 3.2), que formen gran part de la conca de TMOR. Seria erroni suposar que el quocient Na/Mg té validesa general per a discriminar les aigües de conques granítiques i esquistoses. Per exemple, el quocient Na/Mg en una conca granítica de Colorado val en termes d'equivalents, 1.28 (Lewis i Grant 1979). Les proporcions dels 3 cations dominants estan molt influenciades per la mineralogia de les roques locals, i per les condicions de meteorització imposades pel clima, pels organismes, i per les característiques del sòl.

- (8) la concentració de K a TMOR no és gaire diferent de la observada en el conjunt de les altres 4 rieres. La mitjana aritmètica és de $10.6 \mu\text{eq/L}$. Si prescindim d'una sola mostra molt rica en K, la mitjana disminueix

a 9.7 µeq/L. Aquest darrer nivell és semblant al de RCF i TRC, menor que el de RC, i major que el de TMP.

- (9) TMOR és rica en Cl (112 µeq/L), com es pot comprovar comparant amb les concentracions de Cl a RC i RCF, que no són gaire majors.
- (10) la concentració mitjana de NO₃ és de 6.4 µeq/L, i la de PO₄ és de 2.2 µeq/L. Cal dir que aquestes dues mitjanes estan basades en només 10 mostres, a diferència de la resta dels ions que estan basats en 21 mostres.

En NO₃, TMOR està en una posició intermitja entre TMP, on el NO₃ és indetectable, i RC, RCF, i TRC que tenen concentracions altes o molt altes.

La concentració de PO₄ que hem trobat a TMOR és la major d'aquest estudi, i cal considerar-la com força alta per a una riera forestal.

En resum, l'aigua de TMOR és relativament freda, de pH feblement àcid, i de conductivitat baixa. El pH és igual però la conductivitat és major que a TRC. TMOR és proporcionalment molt rica en Na i molt pobre en Mg. Si respecte a les concentracions mitjanes, TMOR s'assembla a TRC (i totes dues destaquen de les rieres del sector de La Castanya, fig. 8.1), per les proporcions catióniques es separa radicalment de les 4 conques metamòrfiques (fig. 8.3). TMOR no es diferencia de les altres rieres per la concentració de K; és relativament rica en Cl; té un nivell moderat de NO₃ i relativament alt de PO₄.