



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Sistema de microcosmos lisimétrico: propuesta de una metodología para el control de la reutilización agrícola de aguas residuales depuradas

Catherine Vidal Ortega

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

DEPARTAMENTO DE PRODUCTOS NATURALES, BIOLOGIA VEGETAL
SANITARIA Y EDAFOLOGIA

FACULTAD DE FARMACIA

UNIVERSIDAD DE BARCELONA

SISTEMA DE MICROCOSMOS LISIMETRICO: PROPUESTA DE UNA
METODOLOGIA PARA EL CONTROL DE LA REUTILIZACION
AGRICOLA DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS

TESIS PRESENTADA POR DÑA. CATHERINE VIDAL ORTEGA PARA
OPTAR AL TITULO DE DOCTORA EN FARMACIA

DIRIGIDA POR EL DR. JOSEP CARDUS AGUILAR
Y POR EL DR. MIQUEL SALGOT DE MARÇAY.

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA



0700081296

A MIS PADRES
Y A RAMON

La realización de esta Tesis ha sido como el recorrer de un larguísimo túnel en el que podía distinguir la luz ténue de su salida; un túnel con obstáculos de por medio, algunos fáciles de salvar, otros que me detenían y me hacían perder los ánimos. Por suerte, siempre había alguien que me hacía coger fuerzas y me empujaba a continuar.

Ahora que por fin he llegado a la salida, no quiero dejar de agradecer a todas estas personas que me han acompañado en un momento u otro durante el trayecto, por su ayuda, a veces inestimable, y por sus ánimos y consejos que tanto me han servido para proseguir:

A Joan Gozalvo, que creyó en mi trabajo y me apoyó desde el primer momento;

A Jaume Cabré y Raimond Aragonés, técnicos de la depuradora de Reus, que me ayudaron durante toda el proceso experimental y que ahora considero amigos míos;

A SEARSA, por su ayuda técnica;

A Amparo Cortés, por poner sus conocimientos en edafología a mi disposición;

A Miguel Pontes que, en la última fase de la Tesis, me impartió, siempre sin rechistar, todas las enseñanzas sobre funcionamiento del ordenador y tratamiento estadístico de los datos;

A todos mis compañeros de Departamento que, en algún momento que otro, me han echado una mano, y a todos mis amigos que siempre me han animado.

No me olvido de los que para mi han sido los principales partícipes en esta Tesis y sin los cuales ahora no hubiese llegado al final del recorrido.

Al Dr. Miguel Lasala, por su inmensa paciencia, durante los dos años que estuve en el C.S.I.C. y su apoyo durante el año y medio que estuve estructurando los más de 10.000 datos que obtuve.

Al Dr. Miquel Salgot, co-director de este trabajo, director de mi Tesina, con el cual he pasado momentos estupendos aunque también difíciles, pero que sin el cual no estaría ahora escribiendo estos agradecimientos. Gracias por todo lo que me has enseñado.

Finalmente, al Dr. José Cardús, que, además de conocerme desde pequeña, de ser vecino mío, de que un día acompañándome a casa me hizo entrar la vocación por la Sanidad Ambiental, de profesor y catedrático durante mi estancia en la Facultad, es el verdadero "padre" y director de esta Tesis. Gracias por haberle dado sentido y perdón si, a veces, le ha hecho perder el sueño.

Gracias a todos.

"... así, en una mañana que quizás no esté muy lejana, cediendo el Ayuntamiento al Pantano las aguas de las cloacas, podría a su vez el Pantano ceder a aquel gran cantidad de agua y a precios muy reducidos; crecería el consumo e iría a la cloaca un elevado tanto por ciento del agua servida a la población; así no existiría pérdida para el riego y, en cambio, la población tendría agua en gran cantidad".

JOSE P. DE PETINTO
30 de agosto de 1913
(Informe al Sindicato
de Riegos del Pantano
de Riudecanyes)

PRIMER TOMO

INTRODUCCION	2
DIVISION DEL TRABAJO	10
PRIMERA PARTE	12
LUGAR DE EXPERIMENTACION	12
- ELECCION	
- CARACTERIZACION	
FIJACION DE MATRICES	15
- MATRIZ AGUA	
. SUBMATRIZ AGUA DE RIEGO	
. SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION	
- MATRIZ SUELO	
- MATRIZ PLANTA	
SEGUNDA PARTE	21
INTRODUCCION	21
LISIMETROS	22
COLUMNAS LISIMETRICAS	26
A - Definición	
B - Diseño	
C - Llenado	
D - Montaje	
E - Lugar de instalación	
F - Acondicionamiento del invernadero	
G - Pruebas preliminares	
DEFINICION DEL <i>MICROCOSMOS COLUMNA LISIMETRICA</i> Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO	34
A - Colocación de las columnas	
B - Riego con agua desionizada	
C - Siembra del Rye-grass	
D - Obtención de las aguas de riego	
E - Volumen de agua de riego. Percolados	
TERCERA PARTE	43
A - MATRICES COMUNES	45

	Pág.
A1 - MATRICES SUELO	45
A1.1 - Matriz Suelo-1	
A1.2 - Matriz Suelo-2	
A2 - MATRICES AGUA	58
A2.1 - SUBMATRIZ AGUA DE ABASTECIMIENTO	58
A2.1.1) SALINIDAD	61
A2.1.2) CATIONES	67
A2.1.2.1) Sodio	
A2.1.2.2) Potasio	
A2.1.2.3) Calcio	
A2.1.2.4) Magnesio	
A2.1.2.5) Amonio	
A2.1.2.6) Metales pesados	
A2.1.3) ANIONES	76
A2.1.3.1) Cloruros	
A2.1.3.2) Carbonatos - Bicarbonatos	
A2.1.3.3) Sulfatos	
A2.1.3.4) Fosfatos	
A2.1.3.5) Nitratos	
A2.1.4) pH	85
A2.1.5) D.Q.O.	85
A2.1.6) Correlaciones interparamétricas en el AA	88
A2.2 - SUBMATRIZ AGUA RESIDUAL DEPURADA	91
A2.2.1) SALINIDAD	93
A2.2.2) CATIONES	99
A2.2.2.1) Sodio	
A2.2.2.2) Potasio	
A2.2.2.3) Calcio	
A2.2.2.4) Magnesio	
A2.2.2.5) Amonio	
A2.2.2.6) Metales pesados	
A2.2.3) ANIONES	110
A2.2.3.1) Cloruros	
A2.2.3.2) Carbonatos - Bicarbonatos	
A2.2.3.3) Sulfatos	
A2.2.3.4) Fosfatos	
A2.2.3.5) Nitratos	
A2.2.4) pH	119
A2.2.5) D.Q.O.	119
A2.2.6) Correlaciones interparamétricas en el ARD	122

	Pág.
B - MICROCOSMOS AA1	126
B1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PAA1	128
B1.1) Cationes y aniones	
B1.2) Correlaciones interparamétricas	
B2 - MATRIZ PLANTA TAA1	136
B2.1) Materia verde - Materia seca	
B2.2) % Cenizas - % Materia orgánica	
B2.3) % Calcio	
B2.4) % Potasio	
B2.5) % Magnesio	
B2.6) % Sodio	
B2.7) % Fósforo	
B2.8) Microelementos	
C - MICROCOSMOS AA2	141
C1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PAA2	143
C1.1) Cationes y aniones	
C1.2) Correlaciones interparamétricas	
C2 - MATRIZ PLANTA TAA2	151
C2.1) Materia verde - Materia seca	
C2.2) % Cenizas - % Materia orgánica	
C2.3) % Calcio	
C2.4) % Potasio	
C2.5) % Magnesio	
C2.6) % Sodio	
C2.7) % Fósforo	
C2.8) Microelementos	
D - MICROCOSMOS ARD1	156
D1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PARD1	158
D1.1) Cationes y aniones	
D1.2) Correlaciones interparamétricas	
D2 - MATRIZ PLANTA TARD1	166
D2.1) Materia verde - Materia seca	
D2.2) % Cenizas - % Materia orgánica	
D2.3) % Calcio	
D2.4) % Potasio	
D2.5) % Magnesio	
D2.6) % Sodio	
D2.7) % Fósforo	
D2.8) Microelementos	

E - <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	171
E1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PARD2	173
E1.1) Cationes y aniones	
E1.2) Correlaciones interparamétricas	
E2 - MATRIZ PLANTA TARD2	181
E2.1) Materia verde - Materia seca	
E2.2) % Cenizas - % Materia orgánica	
E2.3) % Calcio	
E2.4) % Potasio	
E2.5) % Magnesio	
E2.6) % Sodio	
E2.7) % Fósforo	
E2.8) Microelementos	
TRATAMIENTO ESTADISTICO	186
Discusión de resultados	207
CUARTA PARTE	211
BALANCE DE ELEMENTOS Y COMPUESTOS	212
1 - BALANCE EN EL <i>MICROCOSMOS</i> AA1	214
1.1) Sodio	
1.2) Potasio	
1.3) Calcio	
1.4) Magnesio	
1.5) Nitrógeno	
1.6) Fósforo	
1.7) Cloruros	
1.8) Bicarbonatos	
1.9) Sulfatos	
1.10) Salinidad	
1.11) pH	
1.12) D.Q.O.	
1.13) Microelementos	
2 - BALANCE EN EL <i>MICROCOSMOS</i> AA2	256
2.1) Sodio	
2.2) Potasio	
2.3) Calcio	
2.4) Magnesio	
2.5) Nitrógeno	

	Fág.
2.6) Fósforo	
2.7) Cloruros	
2.8) Bicarbonatos	
2.9) Sulfatos	
2.10) Salinidad	
2.11) pH	
2.12) D.Q.O.	
2.13) Microelementos	
3 - BALANCE EN EL <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	298
3.1) Sodio	
3.2) Potasio	
3.3) Calcio	
3.4) Magnesio	
3.5) Nitrógeno	
3.6) Fósforo	
3.7) Cloruros	
3.8) Bicarbonatos	
3.9) Sulfatos	
3.10) Salinidad	
3.11) pH	
3.12) D.Q.O.	
3.13) Microelementos	
4 - BALANCE EN EL <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	342
4.1) Sodio	
4.2) Potasio	
4.3) Calcio	
4.4) Magnesio	
4.5) Nitrógeno	
4.6) Fósforo	
4.7) Cloruros	
4.8) Bicarbonatos	
4.9) Sulfatos	
4.10) Salinidad	
4.11) pH	
4.12) D.Q.O.	
4.13) Microelementos	
CONCLUSIONES	381
BIBLIOGRAFIA	395

SEGUNDO TOMO

ANEXOS

- ANEXO I - HIDROLOGIA
- ANEXO II - GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA
- ANEXO III - CLIMA
- ANEXO IV - VEGETACION
- ANEXO V - PLANTA DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES DE REUS
- ANEXO VI - TRATAMIENTO ESTADISTICO

GRAFICAS

Pág.

1	- SUELO-1: GRANULOMETRIA	51
2	- SUELO-2: GRANULOMETRIA	57
3	- CONDUCTIVIDAD EN AA	62
4	- SAR Y SAR _a j EN AA	65
5	- DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE RIEGO - AA	66
6	- SODIO EN AA	68
7	- POTASIO EN AA	69
8	- CALCIO EN AA	70
9	- MAGNESIO EN AA	72
10	- CATIONES EN AA - PROPORCION DE IONES, %	74
11	- CLORUROS EN AA	77
12	- BICARBONATOS EN AA	78
13	- SULFATOS EN AA	80
14	- FOSFATOS EN AA	81
15	- NITRATOS EN AA	82
16	- ANIONES EN AA - PROPORCION DE IONES, %	84
17	- pH EN AA	86
18	- D.Q.O. EN AA	87
19	- CONDUCTIVIDAD EN ARD	94
20	- SAR y SAR _a j EN ARD	97
21	- DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE RIEGO - ARD	98
22	- SODIO EN ARD	100
23	- POTASIO EN ARD	101
24	- CALCIO EN ARD	102
25	- MAGNESIO EN ARD	103
26	- AMONIO EN ARD	105
27	- CATIONES EN ARD - PROPORCION DE IONES, %	107
28	- CLORUROS EN ARD	111
29	- BICARBONATOS EN ARD	112
30	- SULFATOS EN ARD	113
31	- FOSFATOS EN ARD	114
32	- NITRATOS EN ARD	116
33	- ANIONES EN ARD - PROPORCION DE IONES, %	118
34	- pH EN ARD	120
35	- D.Q.O. EN ARD	121
36	- CATIONES EN PAA1 - PROPORCION DE IONES, %	131
37	- ANIONES EN PAA1 - PROPORCION DE IONES, %	132
38	- POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO - CONTENIDO EN TAA1	140
39	- CATIONES EN PAA2 - PROPORCION DE IONES, %	146
40	- ANIONES EN PAA2 - PROPORCION DE IONES, %	147
41	- POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO - CONTENIDO EN TAA2	155
42	- CATIONES EN PARD1 - PROPORCION DE IONES, %	161
43	- ANIONES EN PARD1 - PROPORCION DE IONES, %	162
44	- POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO - CONTENIDO EN TARD1	170
45	- CATIONES EN PARD2 - PROPORCION DE IONES, %	176
46	- ANIONES EN PARD2 - PROPORCION DE IONES, %	177

	Pág.
48 - BALANCE DE SODIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	215
49 - BALANCE DE POTASIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	219
50 - BALANCE DE CALCIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	222
51 - BALANCE DE MAGNESIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	226
52 - BALANCE DE NITROGENO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	230
53 - BALANCE DE FOSFORO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	234
54 - BALANCE DE CLORUROS EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	238
55 - BALANCE DE BICARBONATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	241
56 - BALANCE DE SULFATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> AA1	244
57 - CONDUCTIVIDAD EN AA Y PAA1	248
58 - pH EN AA Y PAA1	250
59 - D.Q.O. EN AA Y PAA1	252
60 - BALANCE DE SODIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	257
61 - BALANCE DE POTASIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	261
62 - BALANCE DE CALCIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	264
63 - BALANCE DE MAGNESIO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	268
64 - BALANCE DE NITROGENO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	272
65 - BALANCE DE FOSFORO EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	276
66 - BALANCE DE CLORUROS EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	280
67 - BALANCE DE BICARBONATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	283
68 - BALANCE DE SULFATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> AA2	287
69 - CONDUCTIVIDAD EN AA Y PAA2	290
70 - pH EN AA Y PAA2	292
71 - D.Q.O. EN AA Y PAA2	294
72 - BALANCE DE SODIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	299
73 - BALANCE DE POTASIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	303
74 - BALANCE DE CALCIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	307
75 - BALANCE DE MAGNESIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	311
76 - BALANCE DE NITROGENO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	315
77 - BALANCE DE FOSFORO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	320
78 - BALANCE DE CLORUROS EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	324
79 - BALANCE DE BICARBONATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	328
80 - BALANCE DE SULFATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD1	331
81 - CONDUCTIVIDAD EN ARD Y PARD1	334
82 - pH EN ARD Y PARD1	336
83 - D.Q.O. EN ARD Y PARD1	338
84 - BALANCE DE SODIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	343
85 - BALANCE DE POTASIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	347
86 - BALANCE DE CALCIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	351
87 - BALANCE DE MAGNESIO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	355
88 - BALANCE DE NITROGENO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	359
89 - BALANCE DE FOSFORO EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	364
90 - BALANCE DE CLORUROS EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	368
91 - BALANCE DE BICARBONATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	371
92 - BALANCE DE SULFATOS EN <i>MICROCOSMOS</i> ARD2	374
93 - CONDUCTIVIDAD EN ARD Y PARD2	377
94 - pH EN ARD Y PARD2	379
95 - D.Q.O. EN ARD Y PARD2	381

TABLAS

Fág.

1	- PROCEDENCIA DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO DE REUS EN LAS FECHAS INDICADAS, EN M ³	59
2	- VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS EN EL AA	60
3	- CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL AA	89
4	- VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS EN EL ARD	92
5	- CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL ARD	123
6	- VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS EN EL PAA1	129
7	- CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL PAA1	135
8	- PRODUCCION EN MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TAA1	139
9	- VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS EN EL PAA2	144
10	- CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL PAA2	150
11	- PRODUCCION EN MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TAA2	154
12	- VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS EN EL PARD1	159
13	- CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL PARD1	165
14	- PRODUCCION EN MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TARD1	169
15	- VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS EN EL PARD2	174
16	- CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL PARD2	180
17	- PRODUCCION EN MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TARD2	184
18	- MICROCOSMOS AA1 - REPETICION 1 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	187
19	- MICROCOSMOS AA1 - REPETICION 2 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	188
20	- MICROCOSMOS AA1 - REPETICION 3 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	189
21	- MICROCOSMOS AA1 - REPETICION 4 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	190
22	- MICROCOSMOS AA1 - MEDIA 4 REPETICIONES	191
23	- MICROCOSMOS AA2 - REPETICION 1 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	192
24	- MICROCOSMOS AA2 - REPETICION 2 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	193
25	- MICROCOSMOS AA2 - REPETICION 3 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	194
26	- MICROCOSMOS AA2 - REPETICION 4 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	195
27	- MICROCOSMOS AA2 - MEDIA 4 REPETICIONES	196
28	- MICROCOSMOS ARD1 - REPETICION 1 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	197
29	- MICROCOSMOS ARD1 - REPETICION 2 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	198
30	- MICROCOSMOS ARD1 - REPETICION 3 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	199
31	- MICROCOSMOS ARD1 - REPETICION 4 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	200
32	- MICROCOSMOS ARD1 - MEDIA 4 REPETICIONES	201
33	- MICROCOSMOS ARD2 - REPETICION 1 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	202
34	- MICROCOSMOS ARD2 - REPETICION 2 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	203
35	- MICROCOSMOS ARD2 - REPETICION 3 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	204
36	- MICROCOSMOS ARD2 - REPETICION 4 (MEQ. EN CADA MATRIZ)	205
37	- MICROCOSMOS ARD2 - MEDIA 4 REPETICIONES	206

	Fág.
38 - mg DE SODIO EN AA, PAA1 Y TAA1	216
39 - mg DE POTASIO EN AA, PAA1 Y TAA1	220
40 - mg DE CALCIO EN AA, PAA1 Y TAA1	223
41 - mg DE MAGNESIO EN AA, PAA1 Y TAA1	227
42 - mg DE NITROGENO NITRICO EN AA, PAA1 Y TAA1	231
43 - mg DE FOSFORO EN AA, PAA1 Y TAA1	235
44 - mg DE CLORUROS EN AA, PAA1 Y TAA1	239
45 - mg DE BICARBONATOS EN AA, PAA1 Y TAA1	242
46 - mg DE SULFATOS EN AA, PAA1 Y TAA1	245
47 - mg DE SODIO EN AA, PAA2 Y TAA2	258
48 - mg DE POTASIO EN AA, PAA2 Y TAA2	260
49 - mg DE CALCIO EN AA, PAA2 Y TAA2	265
50 - mg DE MAGNESIO EN AA, PAA2 Y TAA2	269
51 - mg DE NITROGENO NITRICO EN AA, PAA2 Y TAA2	273
52 - mg DE FOSFORO EN AA, PAA2 Y TAA2	277
53 - mg DE CLORUROS EN AA, PAA2 Y TAA2	281
54 - mg DE BICARBONATOS EN AA, PAA2 Y TAA2	284
55 - mg DE SULFATOS EN AA, PAA2 Y TAA2	288
56 - mg DE SODIO EN ARD, PARD1 Y TARD1	300
57 - mg DE POTASIO EN ARD, PARD1 Y TARD1	304
58 - mg DE CALCIO EN ARD, PARD1 Y TARD1	308
59 - mg DE MAGNESIO EN ARD, PARD1 Y TARD1	312
60 - mg DE NITROGENO NITRICO MAS AMONICAL EN ARD, PARD1 Y TARD1	316
61 - mg DE FOSFORO EN ARD, PARD1 Y TARD1	321
62 - mg DE CLORUROS EN ARD, PARD1 Y TARD1	325
63 - mg DE BICARBONATOS EN ARD, PARD1 Y TARD1	329
64 - mg DE SULFATOS EN ARD, PARD1 Y TARD1	332
65 - mg DE SODIO EN ARD, PARD2 Y TARD2	344
66 - mg DE POTASIO EN ARD, PARD2 Y TARD2	348
67 - mg DE CALCIO EN ARD, PARD2 Y TARD2	352
68 - mg DE MAGNESIO EN ARD, PARD2 Y TARD2	356
69 - mg DE NITROGENO NITRICO MAS AMONICAL EN ARD, PARD2 Y TARD2	360
70 - mg DE FOSFORO EN ARD, PARD2 Y TARD2	365
71 - mg DE CLORUROS EN ARD, PARD2 Y TARD2	369
72 - mg DE BICARBONATOS EN ARD, PARD2 Y TARD2	372
73 - mg DE SULFATOS EN ARD, PARD2 Y TARD2	375

ESQUEMAS

	Pág.
1 - EL CICLO DEL AGUA	3
2 - EL CICLO DEL AGUA MODIFICADO POR EL HOMBRE	4
3 - EL CICLO DEL AGUA MAS LA ACCION DE LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS	5
4 - EVALUACION DE IMPACTO POR CAMBIO DE AGUA DE ABASTECIMIENTO POR AGUA RESIDUAL DEPURADA PARA RIEGO	7
5 - METODOS DE APLICACION DE AGUA RESIDUAL DEPURADA AL SUELO	9
6 - CAJA LISIMETRICA CON BASE PLANA	23
7 - LISIMETRO-MONOLITO	23
8 - LISIMETRO DE PESADA	24
9 - COLUMNA LISIMETRICA SEGUN CHILDS	24
10 - LISIMETRO DE TENSION	25
11 - COLUMNA LISIMETRICA EMPLEADA EN NUESTRO TRABAJO	28
12 - PROCESO DE LLENADO DE UNA COLUMNA LISIMETRICA SIN ALTERAR LA ESTRUCTURA DEL SUELO	30
13 - REPRESENTACION DEL PERFIL S-1	49
14 - REPRESENTACION DEL PERFIL S-2	55
15 - REPRESENTACION DEL MICROCOSMOS AA1	127
16 - REPRESENTACION DEL MICROCOSMOS AA2	142
17 - REPRESENTACION DEL MICROCOSMOS ARD1	157
18 - REPRESENTACION DEL MICROCOSMOS ARD2	172

PLANOS

	Pág.
1 - SITUACION GENERAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	14
2 - SITUACION DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS 1 Y 2	18

FOTOGRAFIAS

VISION GENERAL DE LA INSTALACION LISIMETRICA	37
--	----

INTRODUCCION

INTRODUCCION

El incremento de los procesos antrópicos en el globo terrestre conlleva una extensión de las zonas urbanas y una tendencia creciente a la acumulación de la población en las ciudades -50 % de la población total en el año 2000, según la UNESCO (01)-, así como un aumento del número e impacto de las industrias y ha modificado numerosos ciclos ambientales, uno de los cuales es el del agua.

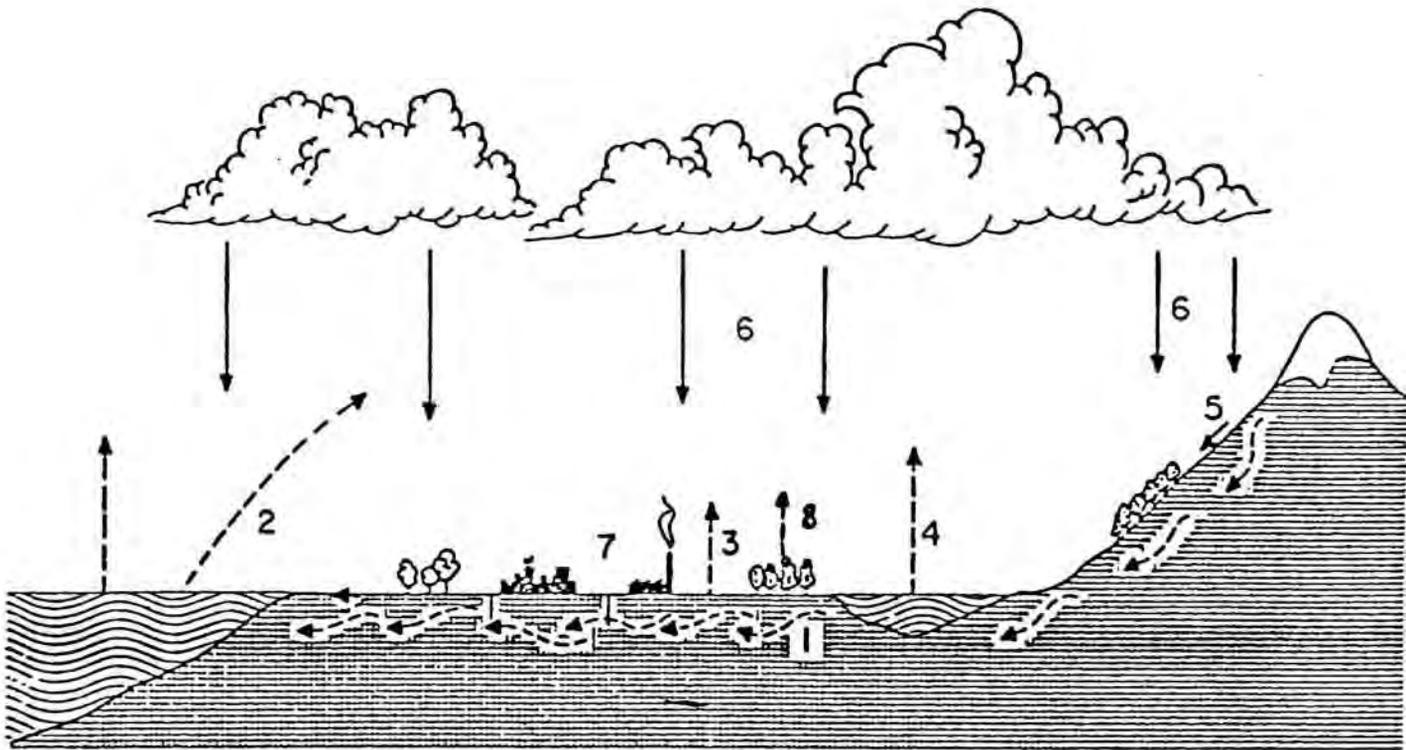
Hasta no hace muchos años, el agua se consideraba como un recurso inagotable. Se ha demostrado, no obstante, que este líquido se ha convertido, en gran número de puntos del globo, en un factor limitante del desarrollo -urbanización, industrialización, etc.-, provocándose en multitud de ocasiones conflictos entre los usuarios potenciales de los recursos hídricos: agricultura, industria, municipios, usos recreativos,...

La incidencia de los recursos hídricos en la economía se ha hecho más evidente a medida que transcurren los decenios del siglo XX, creando problemas, no ya exclusivamente económicos, sino también sociopolíticos, sanitarios y ambientales.

En general, podríamos decir que el ciclo del agua se ha estado considerando desde un punto de vista exclusivamente hidrológico e ingenieril, desestimando las posibles influencias tanto del hombre como de sus actividades en el mismo. Es decir, consideramos que no se ha efectuado una suficiente aproximación global al ciclo del agua desde todos los puntos de vista, tales como el político, industrial, urbanístico, social, económico, sanitario, ambiental, etc.

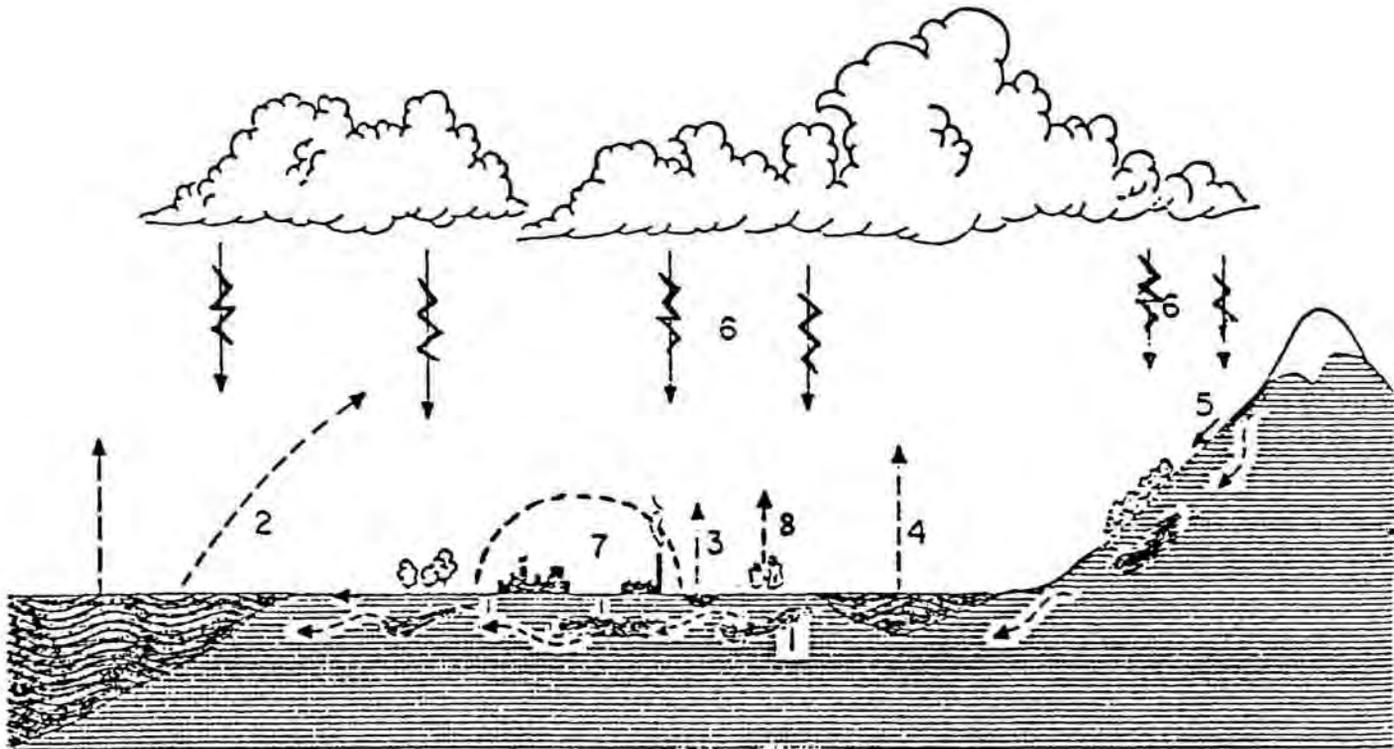
Hemos pretendido efectuar en este sentido una revisión del ciclo del agua teniendo en cuenta los posibles efectos, incidencias y, en resumen, impactos que la acción del hombre puede tener sobre este ciclo e incluso sobre sí mismo (efecto feed-back). Los esquemas 1 y 2 ilustran estas incidencias (02).

Entre las soluciones que se presentan para paliar los aspectos negativos de la acción humana sobre el ciclo del agua, una de las más conocidas es la reutilización agrícola de las aguas residuales depuradas para así volver, en cierta forma, al ciclo primitivo o natural del agua (esquema 3).



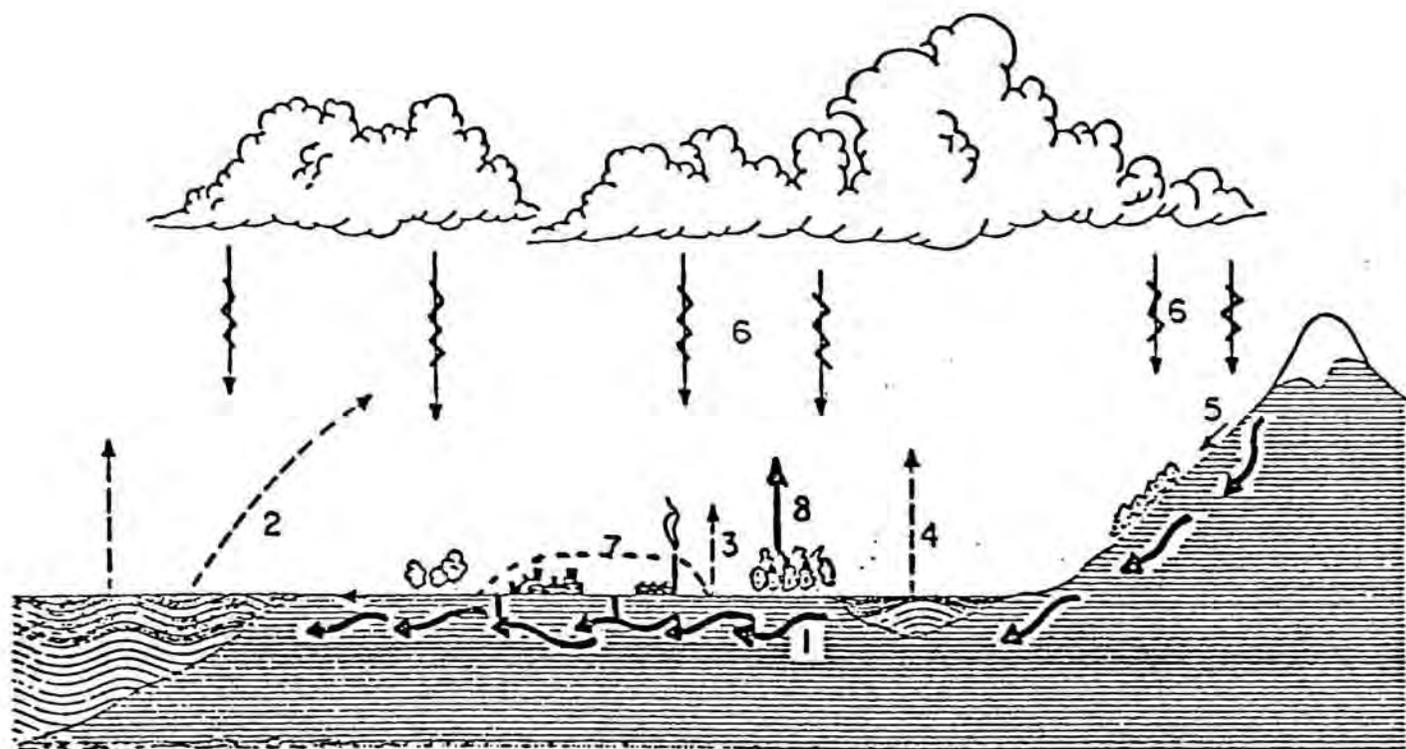
ESQUEMA 1: EL CICLO DEL AGUA:

1. Aguas subterráneas. 2. Evaporación del agua marina. 3. Evaporación del agua de río. 4. Evaporación del agua de los lagos. 5. Aguas de montaña. 6. Precipitaciones: lluvia, nieve. 7. Núcleos urbanos e industriales. 8. Evapotranspiración



ESQUEMA 2: EL CICLO DEL AGUA MODIFICADO POR EL HOMBRE:

1. Extracción de aguas subterráneas.
2. Contaminación por vertidos del agua marina.
3. Extracción y contaminación del agua de río.
4. Extracción y contaminación del agua de los lagos.
5. Contaminación de aguas de montaña.
6. Cambios atmosféricos.
7. Vertidos contaminantes urbanos e industriales.
8. Menor evapotranspiración: tala de árboles, desertización.



ESQUEMA 3: EL CICLO DEL AGUA MAS LA ACCION DE LA REUTILIZACION DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS:

1. Incremento de las aguas subterráneas: recarga de acuíferos.
2. Disminución de vertidos al mar.
3. Disminución de vertidos, de extracción y contaminación del agua de río.
4. Disminución de vertidos, de extracción y contaminación del agua de los lagos.
5. Incremento de aguas de montaña.
6. Cambios atmosféricos.
7. Disminución de vertidos contaminantes urbanos e industriales.
8. Mayor evapotranspiración: incremento vegetativo.

Es sabido que la composición de las aguas residuales depuradas se caracteriza por la presencia de materia orgánica y nutrientes no eliminados totalmente por los sistemas de tratamiento convencionales y aún muy útiles para fines agrícolas. Estos elementos pueden favorecer a la vegetación regada con este tipo de agua permitiendo disminuir e incluso, en algún caso, llegar a prescindir de la utilización de ciertos fertilizantes minerales. La reutilización agrícola de las aguas residuales depuradas puede ser también una forma de reincorporar a los ciclos productivos una cantidad de materias primas que de otra forma se perdería. Se presenta también como una revalorización de terrenos de secano a riego, puesto que se puede asegurar un caudal prácticamente constante de agua.

No obstante, debido a que también se constata en algunos casos la presencia en el agua residual depurada de determinados elementos y compuestos que pueden desaconsejar la reutilización, hemos considerado oportuno efectuar una evaluación de impacto ambiental de dicha reutilización.

Se dice que hay impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en alguno de sus componentes (03). Por ello, en todo estudio de impacto, el punto fundamental se centra en la cuantificación de dicha alteración.

En el esquema 4 hemos efectuado una evaluación de los efectos ocasionados como consecuencia del cambio de un agua de riego, digamos convencional, el agua de abastecimiento (AA) por agua residual depurada (ARD). Tenemos, por una parte, una serie de factores que se ven incrementados por el cambio y otros que se ven disminuidos por el mismo hecho. El incremento o disminución de estos factores puede tener consecuencias positivas o negativas.

Hemos cuantificado cada uno de estos factores mediante dos valores:

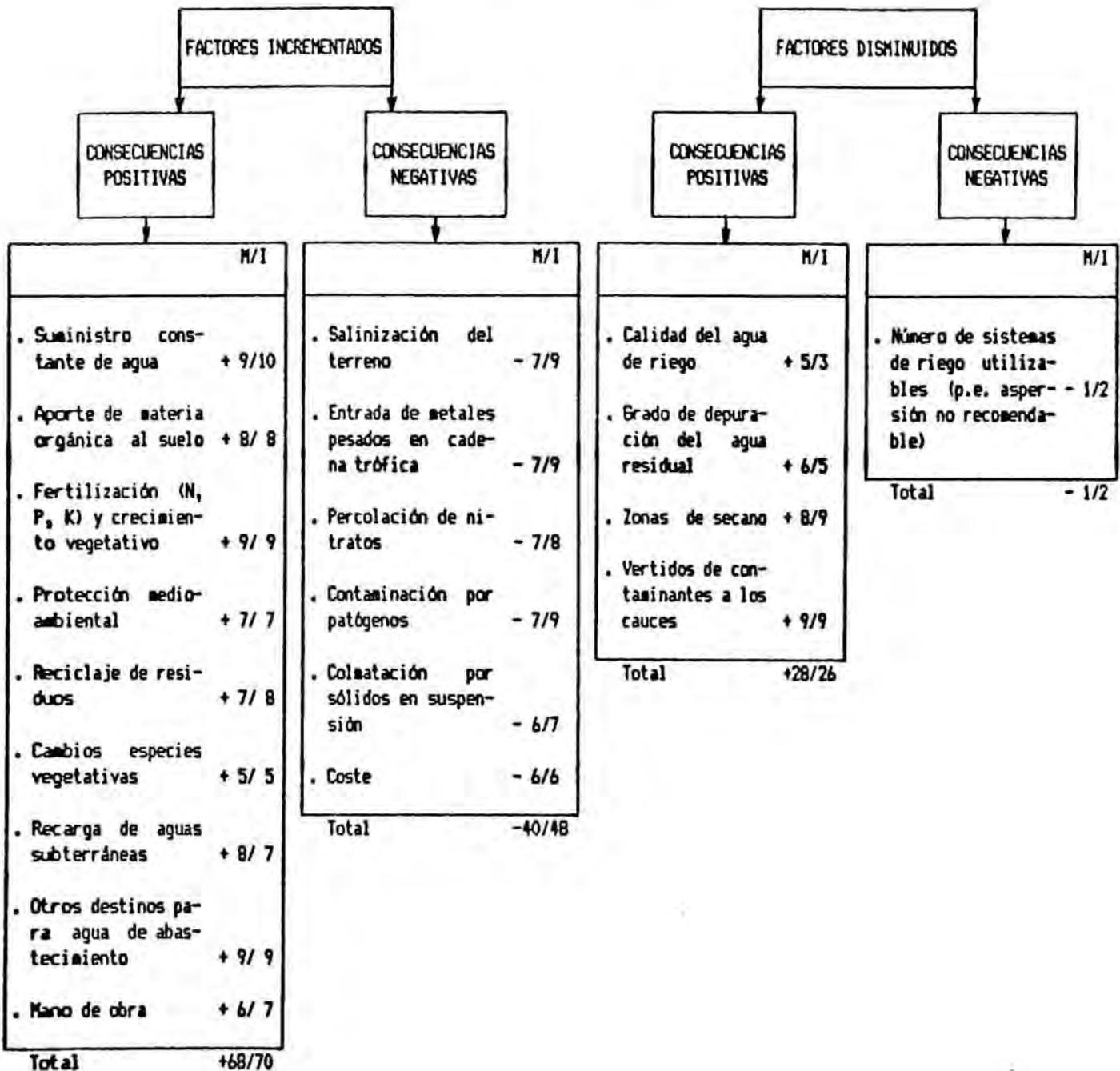
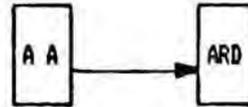
- magnitud del cambio (M): de 1 a 10
- importancia o peso relativo que el factor considerado tiene dentro del cambio proyectado (I): de 1 a 10.

Hemos antepuesto a cada valor un signo + o - según se trate de efectos positivos o negativos sobre el ambiente.

Los elementos de juicio de la cuantificación han sido subjetivos habida cuenta que la magnitud e importancia de un factor pueden variar según la zona donde se pretenda realizar el cambio de AA por ARD.

ESQUEMA 4

EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL POR CAMBIO DE AGUA DE ABASTECIMIENTO POR AGUA RESIDUAL DEPURADA PARA RIEGO



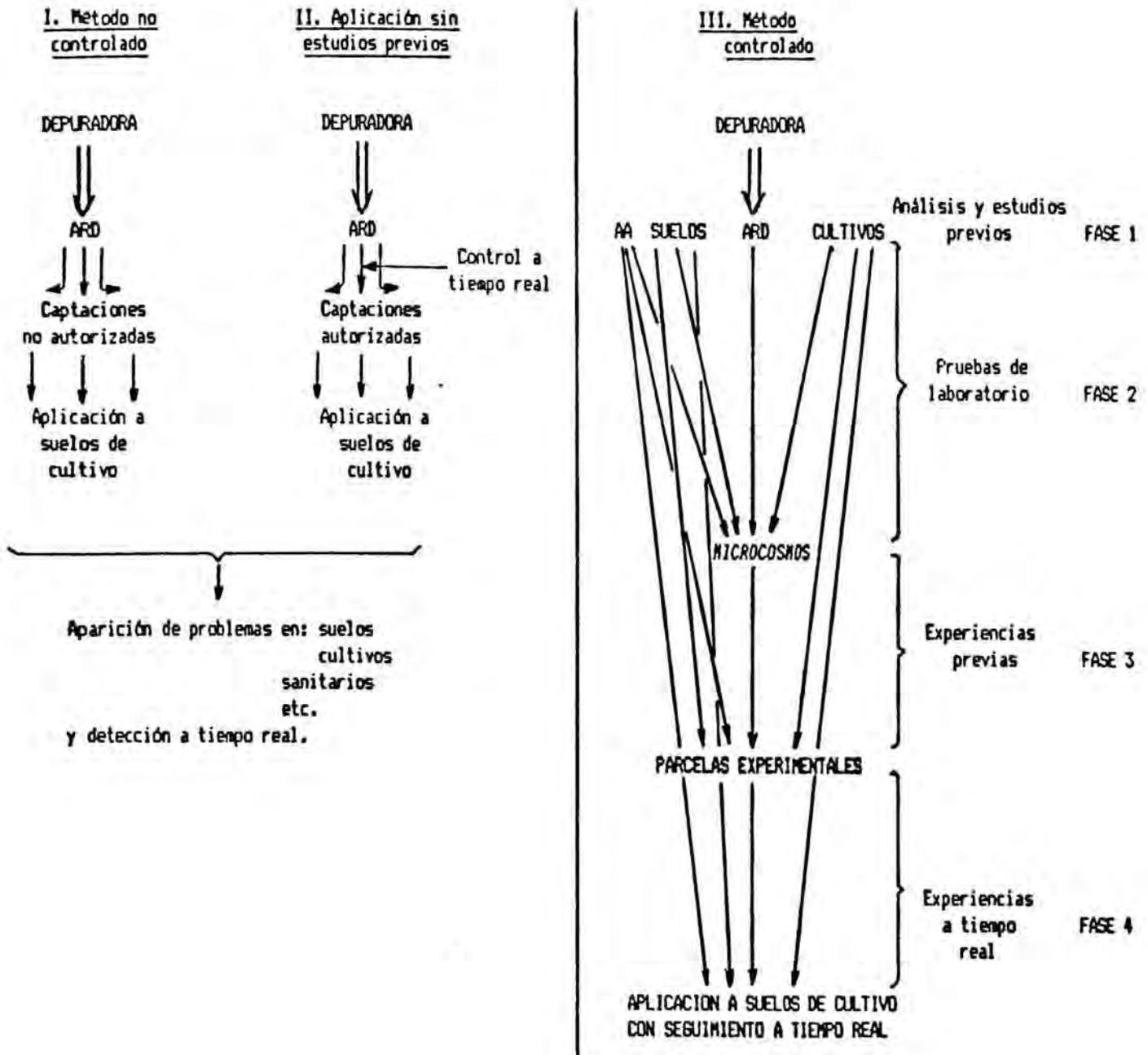
Según se desprende del esquema, en principio puede suponerse que las consecuencias positivas generadas por el cambio superan en número, magnitud e importancia a las negativas. Ello nos da un buen punto de partida para adentrarnos con profundidad en el tema, puesto que una base negativa hubiera sido, en cierto modo, un freno para el posterior trabajo de investigación.

La presente tesis centra su atención en el aprovechamiento en agricultura de las aguas residuales depuradas, formando parte de la línea que viene desarrollándose, en este sentido, en el Laboratorio de Edafología y Sanidad Ambiental de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona (04,05,06,07, 08).

Nuestro objetivo ha sido ofrecer una alternativa viable a las pruebas tradicionales de campo que deberían preceder a toda reutilización, para cuantificar sus ventajas e inconvenientes. Hemos pretendido encontrar un sistema económico, sencillo técnicamente y que proporcione datos fiables sobre la viabilidad o no de la futura reutilización. El método que proponemos se realiza a escala de laboratorio, lo que aumenta sus ventajas respecto a pruebas a escala de campo.

ESQUEMA 5

METODOS DE APLICACION DE AGUA RESIDUAL DEPURADA AL SUELO



Concretando más exactamente la finalidad de nuestro trabajo, hemos pretendido:

- definir un microcosmos que permita la evaluación de las interacciones de los principales factores implicados en la reutilización: agua residual depurada / suelo / planta.
- definir los parámetros de control de este microcosmos y de las tres matrices incluidas en él.

DIVISION DEL TRABAJO

Para cumplir los objetivos que nos habíamos propuesto, consideramos conveniente efectuar la división de todo el estudio efectuado en las siguientes partes:

Primera.- Elección y caracterización del lugar de experimentación. Fijación de matrices-problema: agua, suelo y planta.

Segunda.- Búsqueda de una metodología alternativa a las pruebas de campo; definición del microcosmos columna lisiométrica .

Tercera.- Establecimiento de cuatro microcosmos y de los parámetros de control de las matrices. Validez del sistema propuesto: tratamiento estadístico.

Cuarta.- Balance de elementos y compuestos en los cuatro microcosmos .

Conclusiones del trabajo.

PRIMERA PARTE

PRIMERA PARTE

En todo estudio sobre reutilización de aguas residuales depuradas en aplicaciones agrícolas resulta evidente que un primer aspecto a definir es la composición del agua problema, por cuanto de la misma va a depender la viabilidad o no de su utilización como agua de riego. Un segundo aspecto a definir se refiere a los receptores de esta agua y que no son otros que el suelo y los diferentes cultivos que en éste se desarrollan.

Seguidamente centraremos el lugar escogido para la experimentación y definiremos por separado cada una de las matrices escogidas.

LUGAR DE EXPERIMENTACION

ELECCION

Se consideró que el estudio debería centrarse en una zona en que fuera de máximo interés la puesta en práctica de la reutilización de las aguas residuales depuradas, es decir una zona que reuniera las características siguientes:

- disponer de una planta depuradora de aguas residuales de funcionamiento adecuado;
- con un régimen pluviométrico y una disponibilidad de caudales tal que se estableciera la necesidad de un aporte complementario;
- con terrenos regables alrededor de la depuradora.

El número relativamente elevado de depuradoras que funcionan en Cataluña nos abrió un amplio abanico de posibilidades para la elección del ámbito de nuestro trabajo.

La segunda condición de las anteriormente indicadas fue la que nos hizo tener en cuenta una zona concreta de Cataluña. En efecto, como consecuencia de la pertinaz sequía sufrida por nuestro país en el año 1981, se vió que la zona más perjudicada por esta falta de agua en Cataluña era, y sigue siendo, la correspondiente a una parte seca de la provincia de Tarragona; precisando más, una zona que hasta relativamente poco tiempo ha soportado una práctica agrícola bastante intensa y que, debido al incremento de población, ha visto utilizados los caudales en beneficio de usos municipales e industriales.

De las tres comarcas que integran el Camp de Tarragona se eligió el Baix Camp que presenta los más graves y periódicos problemas de sequía y reúne las dos condiciones restantes que nos habíamos impuesto:

1) dispone de una depuradora de diseño moderno; esta depuradora trata las aguas de la capital de la comarca, Reus; está situada al sur del núcleo urbano de esta ciudad, dentro de su término municipal. Las aguas tratadas se pierden en la actualidad a través de un barranco hacia el mar (ver en anexo V: características técnicas de la planta depuradora de Reus).

2) existe una zona circundante de utilización agrícola intensiva.

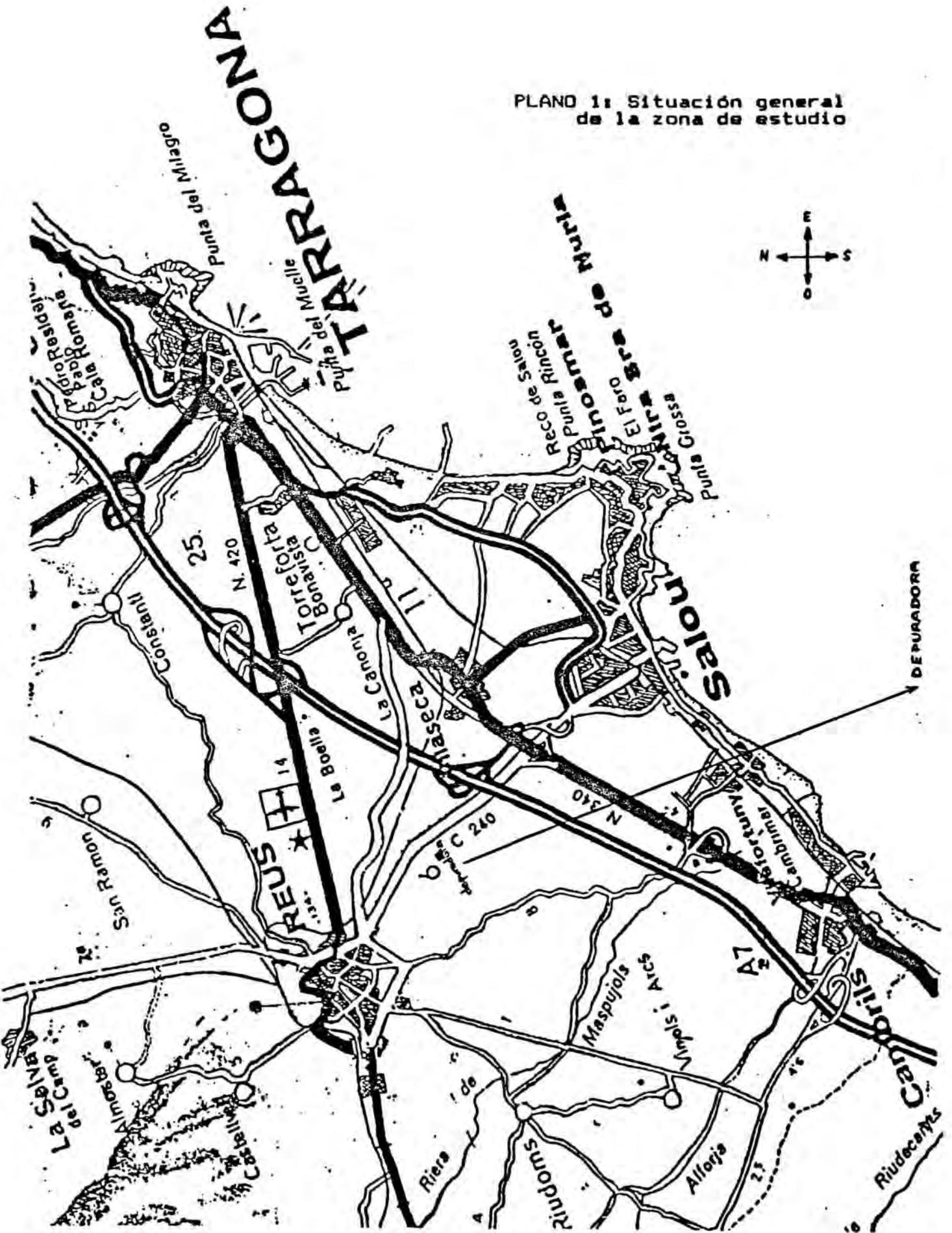
Se tuvo en cuenta igualmente la facilidad de muestreo y de transporte -la distancia Reus-Barcelona, de 112 Km, puede cubrirse con rapidez por autopista- lo cual, en la práctica, facilitaba nuestro trabajo.

Por lo citado, en Reus (Baix Camp, Tarragona) se encontró el lugar más idóneo, a nuestro juicio, para el estudio de la reutilización de las aguas de la depuradora en suelos de terrenos próximos a ella.

CARACTERIZACION

Para conocer a fondo la zona de trabajo y proceder a la elección de las tres matrices-problema (agua, suelo y planta), se recopiló y analizó la documentación existente (09,10,11,12,13,14,15,16,17) desde los puntos de vista hidrológico, geológico e hidrogeológico, climatológico y vegetativo. Los datos correspondientes a estos apartados se incluyen en los anexos I a IV.

PLANO 1: Situación general de la zona de estudio



FIJACION DE MATRICES

MATRIZ AGUA

En el presente trabajo, la matriz agua se subdivide en dos submatrices:

- Submatriz agua de riego
- Submatriz agua de percolación.

SUBMATRIZ AGUA DE RIEGO

La submatriz agua de riego se identifica con:

- 1) el agua residual depurada de la planta de Reus (ARD) como agua problema
- 2) el agua de abastecimiento municipal de la misma población - Reus - (AA) como agua de comparación.

Con respecto al tipo de muestra se decidió trabajar con muestras sencillas o individuales, descartando las compuestas o integradas por los motivos siguientes:

En el caso del ARD, consideramos que el tiempo de retención del agua en la depuradora era suficiente para uniformar las variaciones que se hubiesen podido detectar en el agua de entrada, con lo que decidimos que las muestras fueran sencillas (04). Estas se tomaron a la salida del decantador secundario.

En cuanto al AA, supusimos un suministro de calidad constante, por lo menos en periodos no excesivamente cortos (17), por lo cual también decidimos que las muestras fueran sencillas.

Se procedió a la obtención de cantidad suficiente de agua para el riego de manera uniforme cada quince días y durante un periodo suficientemente largo como para determinar la validez del sistema. Dicho periodo permitió abarcar las variaciones estacionales de funcionamiento de la depuradora, así como las variaciones en la calidad del agua de abastecimiento.

Tanto las fechas de toma de muestras como el procedimiento seguido se describen en la segunda parte de este trabajo, mientras que en la tercera se discuten los resultados analíticos obtenidos.

SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION

La submatriz agua de percolación es la obtenida tras la percolación del agua de riego aplicada a un suelo. Se definen dos submatrices de este tipo en función de la submatriz agua de riego empleada:

- PAA: tras el riego con AA
- PARD: tras el riego con ARD.

El siguiente cuadro esquematiza los anteriores conceptos.

MATRIZ AGUA

Submatriz Agua de riego	Agua de abastecimiento AA ↓	Agua Residual depurada ARD ↓
Submatriz Agua de percolación	PAA	PARD

MATRIZ SUELO

Para la elección de la matriz suelo efectuamos varias prospecciones en la zona de estudio, en base a un trabajo anterior de Róquero y Col. (17) sobre los suelos de los términos municipales de Reus y Vilaseca de Solcina, el cual nos permitió la identificación primaria de los mismos. Pudimos comprobar la diversidad de suelos existentes en localizaciones muy próximas, viendo, no obstante, que eran dos los suelos más abundantes de la zona en cuestión. Por ello decidimos escoger estos dos tipos, los más representativos, que denominaremos Suelo-1 y Suelo-2 (S-1 y S-2 respectivamente).

El levantamiento de los perfiles de S-1 y S-2 se realizó de forma distinta:

- En S-1 se efectuó una calicata mediante retroexcavadora
- En S-2 se aprovechó un corte de camino.

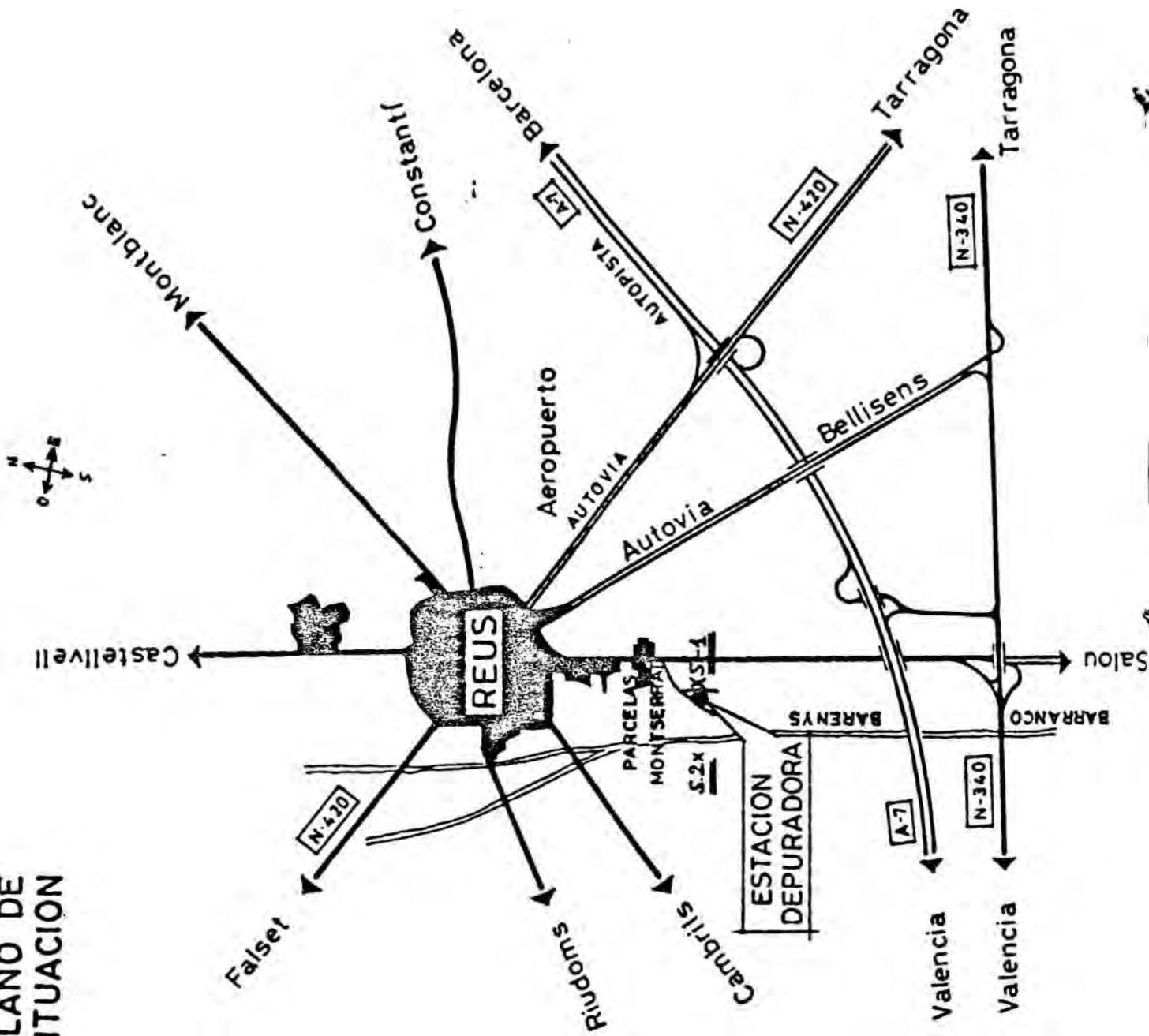
Se describieron los dos suelos, se describió su morfología y se tomaron muestras de cada horizonte para su posterior análisis.

Para la clasificación se utilizó la VII aproximación a la "Soil Taxonomy".

En el plano 2 se sitúan S-1 y S-2, ambos en el término municipal de Reus.

La descripción y resultados analíticos de S-1 y S-2 se incluyen más adelante.

PLANO DE SITUACION



PLANO 2

SITUACION DE LOS PERFILES DE LOS SUELOS 1 Y 2

MATRIZ: PLANTA

Se decidió trabajar con un sólo tipo de vegetal, por lo que la matriz planta será única a diferencia de las matrices anteriores.

La disyuntiva inicial se presentó en el momento de elegir un cultivo de la zona compatible con el tamaño de la instalación diseñada para llevar a cabo las experiencias.

Se consideraron necesarias las condiciones siguientes:

- vegetal - de implantación rápida
- con posibilidad de recurrir a cortes sucesivos
- que no fuera una sola planta.

Todo ello nos debía permitir trabajar con un mínimo de riesgos y disponer periódicamente de material vegetal para estudiar posteriores de bioacumulación o de otro tipo.

La planta de elección fue el Rye-grass inglés (*Lolium perenne* L.).

La utilización de una matriz planta permite una similitud máxima con las condiciones reales de aplicación de ARD y AA a suelos, al hacer más ajustados a la realidad los fenómenos de evapotranspiración y eliminación de nutrientes de las matrices agua y suelo.

SEGUNDA PARTE

SEGUNDA PARTE

INTRODUCCION

La reutilización de ARD queda condicionada en numerosas ocasiones por la presencia en ellas de ciertos elementos y compuestos con un posible impacto ambiental sobre distintas matrices.

En gran número de ocasiones se procede a una reutilización agrícola prácticamente sin estudios previos, lo que puede originar problemas graves de deterioro de suelos o acumulación de compuestos en la cadena trófica.

Esta aplicación indiscriminada podría afectar gravemente la credibilidad de reutilizaciones posteriores.

En este sentido parece más coherente, ecológica, sanitaria y científicamente, programar una serie de pasos previos. Trabajos anteriores del Departamento (04,05,06), en el marco de esta línea, nos han permitido identificar las posibilidades reales de efectuar estos estudios.

La presente tesis se centra en el establecimiento de la segunda fase de los trabajos previos a una reutilización de ARD.

La literatura especializada describe el uso de *microcosmos* en los estudios de impacto ambiental previos a la aplicación de cualquier molécula al medio. Después de un examen cuidadoso de la misma, nos pareció no tan sólo adecuado, sino imprescindible, trasladar el concepto a la reutilización de ARD en los estudios previos de la aplicación de éstas a los suelos.

Para ello definiremos un tipo de *microcosmos* adecuado a estos estudios y que consiste en la inclusión de LISIMETROS en un medio controlado.

LISIMETROS

Un lisímetro consiste esencialmente en una porción de suelo que se aísla del entorno - de la masa de suelo adyacente - utilizando diversos procedimientos y en la que se pueden determinar todas las entradas y salidas de material ("inputs" y "outputs"). Su tamaño puede variar desde el simple tiesto hasta el lisímetro de varias toneladas capaz de albergar árboles (18,19). Puede estar acoplado a una balanza, lo que permite establecer diferencias de peso, o bien situado dentro de cámaras aisladas o de invernaderos.

Se consideran generalmente cinco tipos de lisímetros, cuyos esquemas se incluyen en las páginas siguientes:

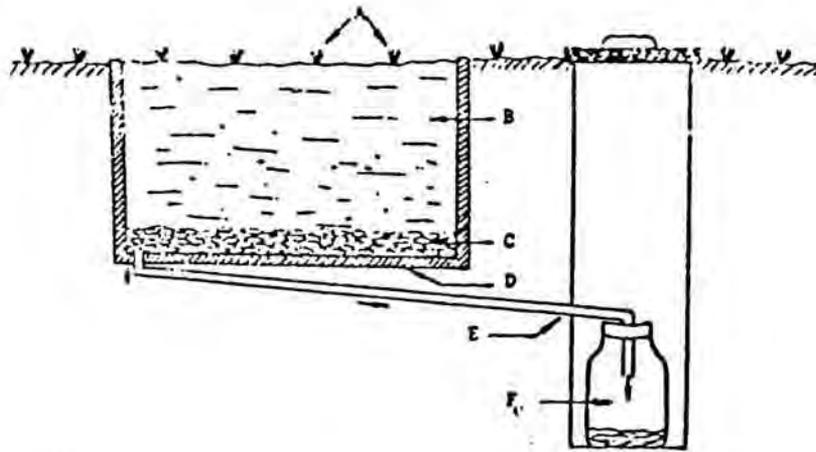
- Cajas lisimétricas
- Lisímetros-monolito
- Lisímetros de pesada
- Lisímetros de tensión
- Columnas lisimétricas.

El uso de alguno de estos lisímetros requiere grandes superficies de terreno y una abundancia de medios materiales que queda fuera del alcance de la mayor parte de investigadores.

Debido a esta limitación y a que considerábamos que los estudios previos a una aplicación de ARD a suelos no deberían ser excesivamente onerosos, pusimos a punto un método que, con un gasto relativamente reducido, permitiera hacer experiencias con un número suficiente de repeticiones para que fuesen estadísticamente válidas. Otra de las condiciones necesarias era que los resultados obtenidos pudieran ser extrapolables a otras circunstancias en tiempo y espacio reales.

Todo ello nos hizo decidir por el uso de las denominadas *columnas lisimétricas*, confirmándonos su utilidad gran número de estudios realizados con este tipo de lisímetros (20,21,22,23,24,25,26,27,28,29).

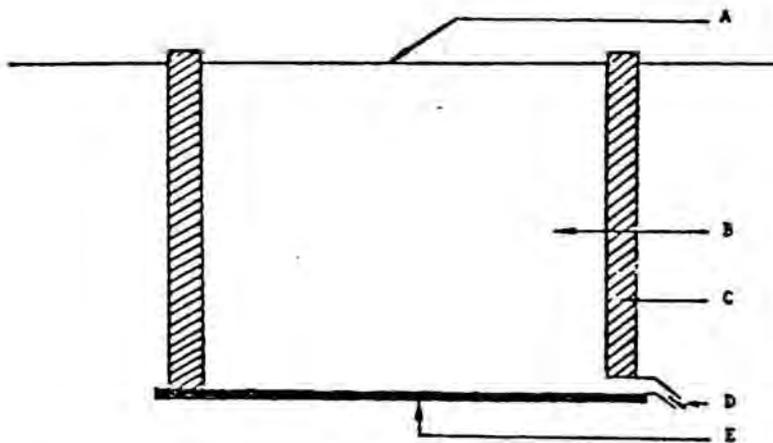
ESQUEMAS 6 Y 7



LEYENDA:

- A - Vegetación (puede no tenerla)
- B - Muestra de suelo problema
- C - Lecho de grava
- D - Base plana del tanque
- E - Tubo de salida del percolado
- F - Colector del percolado

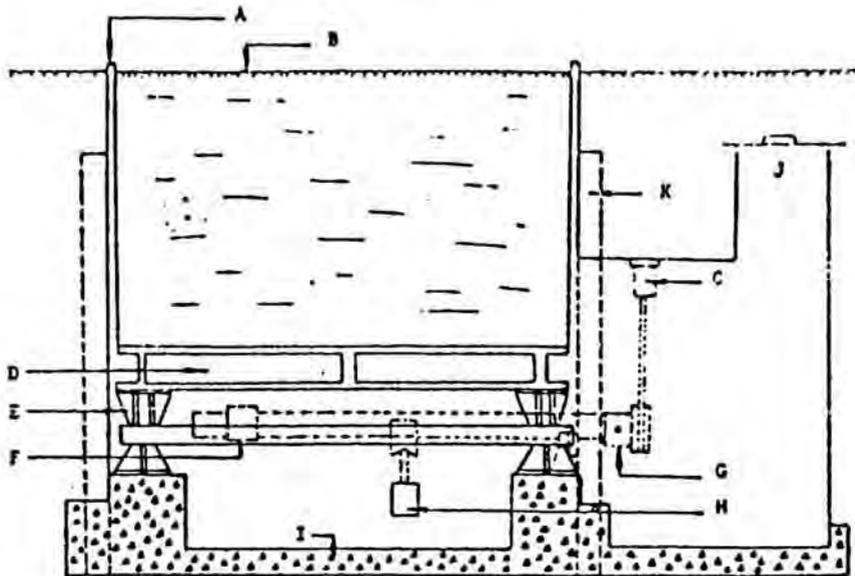
CAJA LISIMETRICA CON LA BASE PLANA



LEYENDA:

- A - Superficie del suelo
- B - Bloque de terreno "in situ" (monolito)
- C - Cubeta construida alrededor del bloque de terreno
- D - Salida hacia el colector
- E - Fondo "in situ" bajo el bloque de terreno

LISIMETRO-MONOLITO

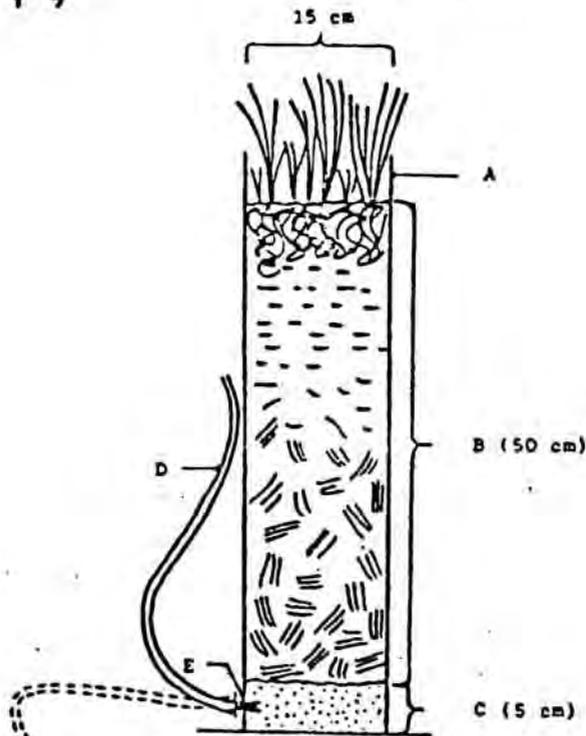


LEYENDA:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| A - Junta de caucho | H - Contrapeso |
| B - Superficie del suelo | I - Base de cemento |
| C - Celda de carga | J - Acceso para inspección |
| D - Armadura de soporte | K - Armazón vertical |
| E - Soporte | |
| F - Contrapeso fijo | |
| G - Báscula mecánica | |

ESQUEMAS 8 Y 9

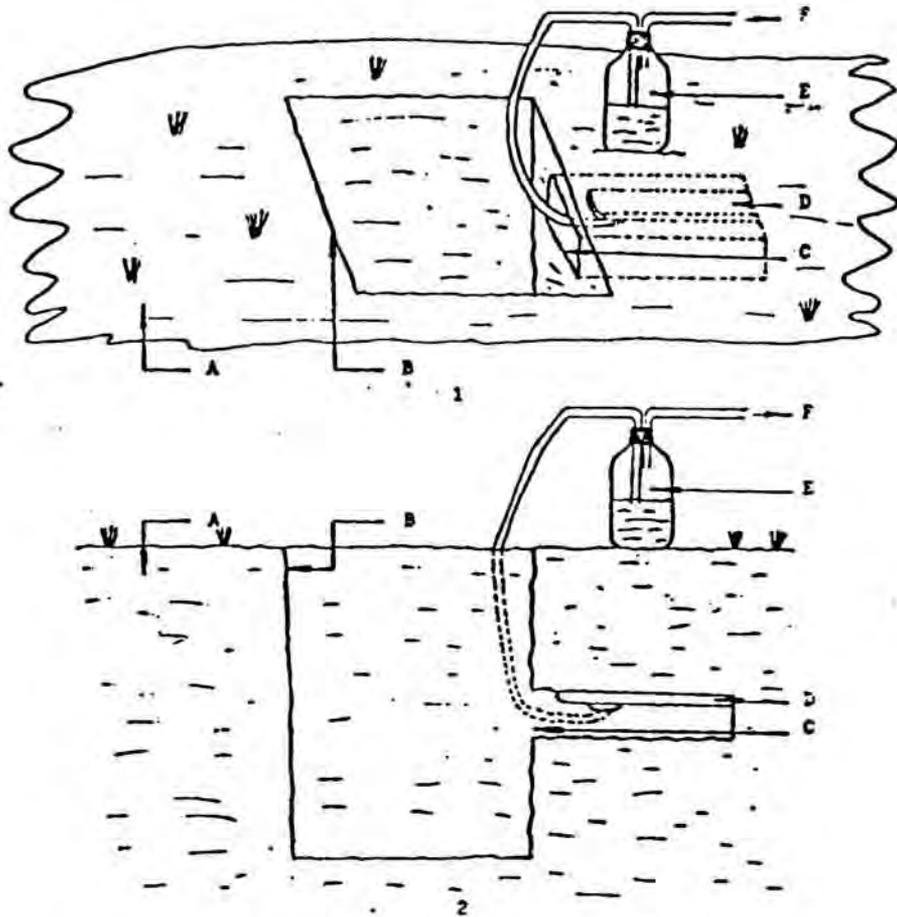
LISIMETRO DE PESADA



LEYENDA:

- | |
|-----------------------------|
| A - PVC rígido |
| B - Suelo |
| C - Arena silícea |
| D - Tubo de polietileno |
| E - Tapón de goma |
| F - Botella colectora negra |

ESQUEMA 10



LEYENDA:

- | | |
|----------------------|-------------------------------------|
| A - Suelo "in situ" | D - Lisímetro de tensión (placa) |
| B - Zanja | E - Bombona colectora del percolado |
| C - Abertura lateral | F - Al vacío |

LA INSTALACION DE UN LISIMETRO DE TENSION:

- 1: Vista superior del terreno; 2: Corte vertical.

COLUMNAS LISIMETRICAS

A - Definición

Una *columna lisimétrica* puede definirse como un tubo cilíndrico en el que se incluye un cierto volumen de suelo; tanto las medidas como el material del cilindro varían en función de la finalidad del estudio (27). En la parte inferior de dicho cilindro se dispone un sistema que permita recoger el agua de drenaje o percolado.

MEDIDAS Y MATERIALES DE LAS COLUMNAS LISIMETRICAS



B - Diseño

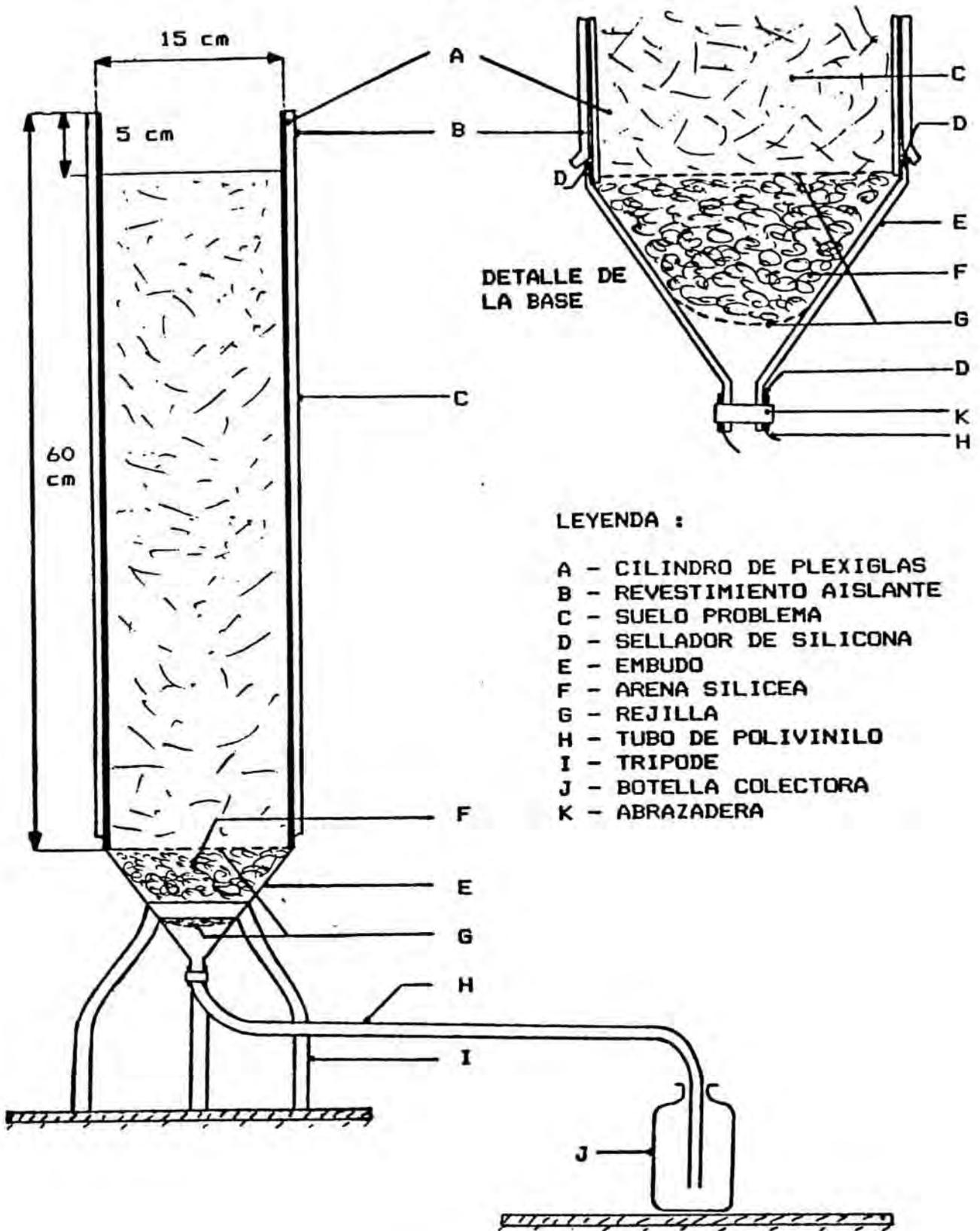
Buscamos un modelo de *columna lisimétrica* que se adaptase lo más posible a nuestras posibilidades técnicas para ajustarlo a nuestras necesidades. Así, en cuanto a medidas del cilindro, decidimos seguir el ejemplo de Childs (30) y Severson (31) que emplearon columnas de 15 cm de diámetro y 60 cm de longitud. En cuanto a material, valoramos las ventajas ofrecidas por los plásticos frente a las demás opciones, especialmente la ligereza y transparencia del plexiglás. En efecto, consideramos que el material transparente nos podía permitir la observación de caminos preferenciales de flujo de agua, desarrollo de las raíces en suelo cultivado, etc. Naturalmente, tuvimos en cuenta la posibilidad de crecimientos indeseables de algas debidos al paso de luz, pero vimos que podíamos obviar el problema utilizando un recubrimiento adecuado que además podía ser de material aislante.

Siguiendo todas las consideraciones precedentes, el modelo de *columna lisimétrica*, diseñado por nosotros para los objetivos que pretendíamos alcanzar y que se esquematiza en la página siguiente, consta de los elementos detallados a continuación:

- Cilindro de plexiglás de 15 cm de diámetro exterior (14.3 cm de diámetro interior) y 60 cm de longitud.
- Embudo de plástico opaco de 15 cm de diámetro interior.
- Tubo de polivinilo opaco de 60 cm de longitud y diámetro adaptable al cuello del embudo.
- Abrazadera para la unión cuello del embudo - tubo de polivinilo.
- Dos trozos circulares de rejilla tipo mosquitera de 15 cm de diámetro.
- Revestimiento negro aislante del calor y del frío (espuma elastomérica Armaflex®).
- Sellador de silicona transparente.
- Arena silícea (procedente de Arenas de Barcelona, tamizada por luz de malla de 0.5 mm para uniformizarla).
- Bidón de plástico opaco de dos litros de capacidad.

Antes de proceder al ensamblaje de todos estos elementos, el cilindro de plexiglás se llena con el suelo a estudiar.

ESQUEMA 11



LEYENDA :

- A - CILINDRO DE PLEXIGLAS
- B - REVESTIMIENTO AISLANTE
- C - SUELO PROBLEMA
- D - SELLADOR DE SILICONA
- E - EMBUDO
- F - ARENA SILICEA
- G - REJILLA
- H - TUBO DE POLIVINILO
- I - TRIPODE
- J - BOTELLA COLECTORA
- K - ABRAZADERA

COLUMNA LISIMETRICA
EMPLEADA EN NUESTRO TRABAJO

C - Llenado

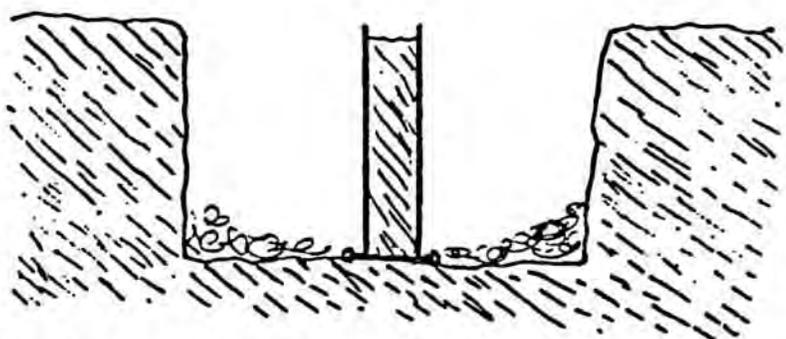
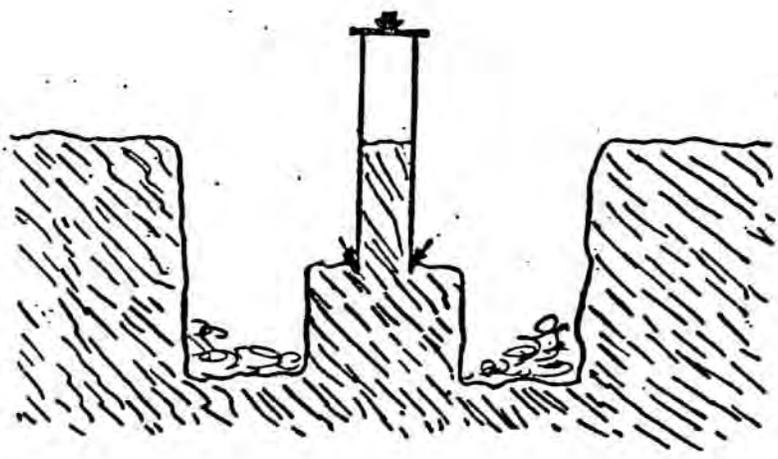
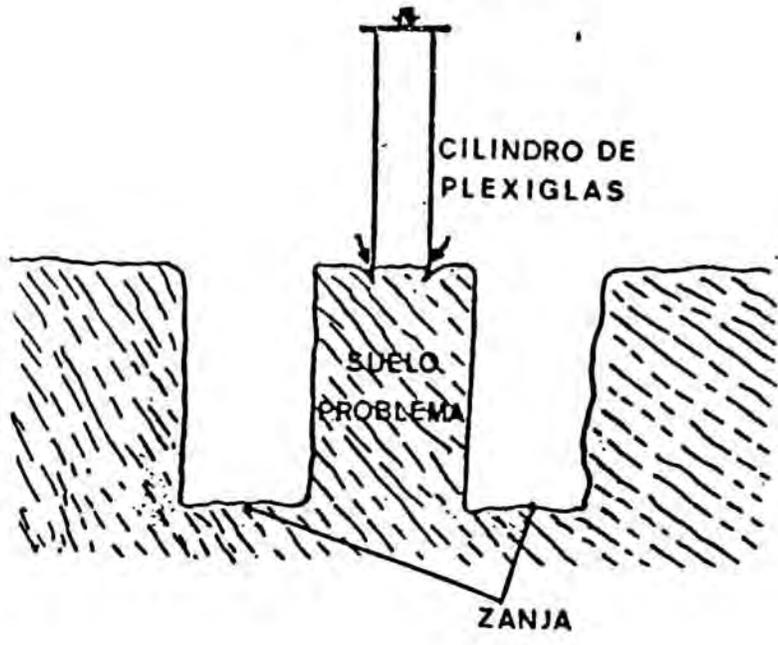
Uno de los aspectos problemáticos de los lisímetros y, por tanto, de las *columnas lisimétricas*, es la introducción del suelo en su interior. Es evidente que en el proceso de colocar un suelo dentro del cilindro, se corre el riesgo de alterar el primero, haciendo que sus condiciones ya no sean naturales (32,33,34).

Consideremos los dos métodos de llenado más corrientemente utilizados (06). El primero consiste en aceptar la modificación del suelo, llenar el cilindro con suelo tamizado y esperar el tiempo necesario para que el suelo se recupere y se asiente. El segundo método consiste en conseguir introducir el suelo en el cilindro sin alteraciones o con el mínimo de ellas. Esto puede realizarse mediante una maquinaria especial o bien manualmente.

Para efectuar las pruebas previas de comprobación de montaje de la *columna lisimétrica* de diseño propio, decidimos seguir el primer método llenando el cilindro con suelo tamizado procedente de un terreno próximo a la depuradora de Reus. Con esta *columna-piloto*, que instalamos en el laboratorio de nuestro Departamento, pudimos corregir los fallos de diseño y perfeccionar ciertos detalles de montaje.

Para las experiencias en sí, juzgamos necesario recurrir al segundo sistema de llenado de los cilindros alterando lo menos posible la estructura del suelo. La imposibilidad de disponer de maquinaria adecuada nos hizo optar por una solución manual, la cual se describe y esquematiza seguidamente:

- Se marca un círculo de unos 40 cm de diámetro sobre la superficie del terreno y se cava alrededor una zanja de 1 m de ancho y 60 cm de profundidad aproximadamente; de esta forma se obtiene un "pedestal" central sobre el que se coloca el cilindro de plexiglás.
- Seguidamente, y a medida que se presiona sobre el cilindro hacia abajo, se elimina cuidadosamente con un cuchillo la parte de suelo inmediatamente debajo de las paredes del cilindro (esta técnica se asemeja a la empleada por los edafólogos en el llenado de cajas de Kubiena para el estudio micromorfológico del suelo).
- Se repite la operación hasta conseguir llenar el cilindro hasta 5 cm de su borde superior.



PROCESO DE LLENADO DE UNA COLUMNA LISIMETRICA SIN ALTERAR LA ESTRUCTURA DEL SUELO

- Finalmente se corta la base del "pedestal" con un cable de acero fino. Para evitar que el suelo se desprenda del interior del cilindro al sacar éste de la zanja, se coloca por debajo una plaqueta de contrachapado de madera o similar, asegurada con tiras de caucho.
- De esta forma se transporta el cilindro lleno al lugar elegido para el posterior montaje de la *columna lisiométrica*.
- Si durante el proceso de llenado, una piedra bloquea el descenso del cilindro, se retira dicha piedra y se rellena el agujero resultante con un poco de tierra de la zona inmediata a ella.

D - Montaje

Una vez lleno el cilindro, el montaje de la *columna lisiométrica* se realiza de la forma siguiente:

- En la base del cilindro de plexiglás se adapta el embudo. En el fondo de éste se ha ajustado previamente uno de los dos trozos de rejilla y se ha colocado la arena silícea, la cual, a su vez, se ha cubierto con el otro trozo de rejilla para impedir que el suelo se mezcle con la arena. Se tapa la unión embudo-cilindro con sellador de silicona para evitar fugas de agua.
- Se conecta el tubo de polivinilo al cuello del embudo, asegurando una fuerte unión mediante la abrazadera; el tubo es opaco para evitar el paso de la luz y el posible crecimiento de algas.
- Se acopla la boquilla al tubo, la cual se introduce en el bidón, también opaco, para la recogida de los percolados.
- Se recubre el cilindro con un revestimiento de un material aislante del calor y del frío (espuma elastomérica), para que el suelo esté sometido únicamente a las variaciones de temperatura procedentes de la superficie.

E - Lugar de instalación

Cabía la posibilidad de utilizar las *columnas lisimétricas* :

- En invernadero.
- Al aire libre.

y respecto a la situación geográfica:

- En Barcelona.
- En Reus.

Sin embargo, esta alternativa no era tal, por el hecho de que al decidir trabajar con el sistema de *microcosmos*, la única posibilidad era instalar las *columnas* en un invernadero.

La consecuencia lógica era la posibilidad de controlar un máximo de condiciones ambientales, al estar cerrado frente a las inclemencias del tiempo y poderse acondicionar tal como se indica en el apartado siguiente.

Adicionalmente, la situación en Barcelona nos permitía también un control máximo de la experiencia.

Así pues, optamos por la instalación de las *columnas* en Barcelona, concretamente en un invernadero del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de Barcelona, centro con el cual el Departamento de Edafología y Sanidad Ambiental de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona tiene firmado un convenio de colaboración.

F - Acondicionamiento del invernadero

El suelo del invernadero se recubrió con una gruesa capa de tierra volcánica que, mojada diariamente - sobre todo en la época estival - aumentó la superficie de evaporación y, al ceder lentamente el agua absorbida, hizo disminuir la evapotranspiración en las *columnas*.

Colocamos dentro del invernadero un evaporímetro para un control semanal de la evaporación, y un termómetro de máxima y mínima para el conocimiento diario de las temperaturas máximas y mínimas.

Para obtener en el interior del invernadero una temperatura lo más semejante posible a la de Reus, dispusimos de un sistema de apertura y cierre automático del techo de éste; regulamos dicho sistema en función de las temperaturas medias mensuales de Reus, a saber:

- Noviembre - Diciembre - Enero - Febrero: 10° C.
- Marzo - Abril - Mayo - Octubre: 15° C.
- Junio - Julio - Agosto - Septiembre: 20° C.

Por otra parte evitamos un excesivo calentamiento del invernadero durante los meses de verano encalando ligeramente paredes y techo, consiguiendo así una disminución de la incidencia de la radiación solar.

G - Pruebas preliminares

Realizamos unas pruebas preliminares con una *columna lisimétrica*, que denominamos *columna-piloto* para tener una aproximación sobre los siguientes puntos:

- Volumen de agua de riego necesario para la obtención de percolado
- Tasa de infiltración.
- Tiempo que transcurre entre la siembra de semillas de Rye-grass y su germinación.

Efectuamos estas pruebas preliminares mediante adiciones sucesivas de agua desionizada durante un período de un mes (Febrero - Marzo 1984), anotando todas las observaciones realizadas.

Una vez finalizadas estas pruebas preliminares con la *columna-piloto*, iniciamos la experiencia en sí.

DEFINICION DEL MICROCOSMOS COLUMNA LISIMETRICA Y PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

A continuación, fijaremos estrictamente el concepto con el que trabajamos en la práctica, el *microcosmos columna lisimétrica*.

Con el fin de no realizar directamente ensayos a nivel de campo - caros y peligrosos - puede recurrirse a experiencias limitadas espacialmente. Para ello es necesario trabajar con espacios físicos aislados del medio y en los que se puedan identificar todas las variables. A estos espacios aislados, denominados *microcosmos*, pueden añadirse sustancias y compuestos o, sencillamente, en ellos pueden hacerse cambiar controladamente determinadas variables, registrándose con cuidado los cambios, para poder conocer el impacto de cada variación.

Usualmente, y con el fin de obtener datos procesables estadísticamente, suele trabajarse con varias repeticiones en idénticas condiciones.

En nuestro caso, consideramos *microcosmos columna lisimétrica* el lote de cuatro *columnas lisimétricas* en las que son comunes el agua de riego, el suelo y la planta (matrices). Por consiguiente nuestro estudio se planteó de la siguiente forma, en base a cuatro *microcosmos*:

MICROCOSMOS	M A T R I C E S		
	AGUA	SUELO	PLANTA
AA1 _i	AA	1	Rye-grass
AA2 _i	AA	2	Rye-grass
ARD1 _i	ARD	1	Rye-grass
ARD2 _i	ARD	2	Rye-grass

siendo $i = 1, 2, 3, 4$.

Es decir:

- A los dos suelos escogidos, les dimos la denominación abreviada S-1 y S-2.

- Los dos tratamientos que efectuamos fueron:
 - . Riego con Agua Residual Depurada (ARD)
 - . Riego con Agua de Abastecimiento (AA).
- Para permitirnos llevar a cabo un estudio estadístico final de los resultados, optamos por hacer cuatro repeticiones por tratamiento y por suelo, o sea:
 - * Cuatro *columnas* con Suelo-1 regadas con AA (AA1₁ , AA1₂ , AA1₃ y AA1₄).
 - * Cuatro *columnas* con Suelo-2 regadas con AA (AA2₁ , AA2₂ , AA2₃ y AA2₄).
 - * Cuatro *columnas* con Suelo-1 regadas con ARD (ARD1₁ , ARD1₂ , ARD1₃ y ARD1₄).
 - * Cuatro *columnas* con Suelo-2 regadas con ARD (ARD2₁ , ARD2₂ , ARD2₃ y ARD2₄).

Así pues los datos relativos a cada *microcosmos* fueron los resultantes de la media de los resultados de cada una de las cuatro repeticiones del lote considerado.

A - Colocación de las columnas

Para la colocación, dentro del invernadero, de las dieciséis *columnas lisimétricas* en batería, instalamos unos soportes diseñados y contruidos para dicha finalidad; como puede verse en las fotografías de la página siguiente, en cada uno pueden colocarse tres *columnas*. Construimos seis de estos soportes permaneciendo, por consiguiente, dos espacios vacíos. Los soportes fueron adosados a pares para una mayor estabilidad y se situaron en hilera en el centro del invernadero para que la luz incidiera por igual en todas las *columnas*. Dispusimos éstas en los soportes siguiendo un diseño de bloques de parcelas, es decir procurando que no hubiese ninguna columna con el mismo suelo e igual tratamiento una junto a otra, como se aprecia en el esquema siguiente.

AA1 ₃	ARD1 ₃	ARD2 ₃	AA2 ₃	ARD2 ₄	ARD1 ₄	AA1 ₄
ARD1 ₁	ARD2 ₁	AA2 ₁	AA1 ₁	ARD1 ₂	AA1 ₂	AA2 ₂ ARD2 ₂ AA2 ₄

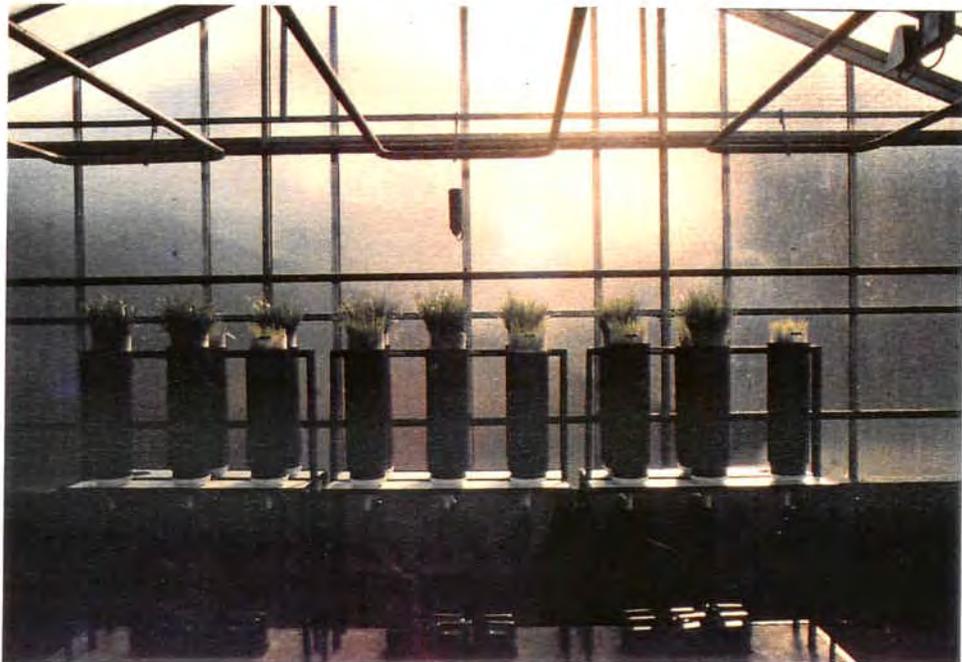
B - Riego con agua desionizada

Una vez colocadas las *columnas* en sus soportes, iniciamos el estudio el 7 de marzo de 1984 mediante la aplicación de agua desionizada a cada una de ellas, con los siguientes propósitos:

- Asentamiento de los suelos en el interior de los cilindros.
- Saturación de los suelos, es decir puesta a capacidad de campo hasta el inicio de los riegos con ARD y AA (35,36).
- Lavado para la eliminación de la mayor cantidad posible de sales solubles existentes en el suelo procedentes de probables abonados anteriores (37).
- Simulación de lluvia para efectuar la siembra del Rye-grass .

Llevamos a cabo este tratamiento con agua desionizada durante tres días a razón de 500 ml por día.

visión general de la instalación lisimétrica



C - Siembra del Rye-grass

Tras establecer un régimen de humedad uniforme en las *columnas* por aplicación del agua desionizada, procedimos a la siembra de las semillas de *Rye-grass*, el 14 de marzo de 1984.

Posteriormente, humedecemos de nuevo los suelos con agua desionizada y los sombreamos con una rejilla negra especial para evitar una rápida desecación de los suelos que hubiese ocasionado dificultades en la germinación de las semillas. Dos días después regamos de nuevo los suelos con agua desionizada.

Las semillas empezaron a germinar cuatro días después de la siembra, tal como preveíamos tras las pruebas preliminares con la *columna-piloto*.

Decidimos iniciar los riegos con AA y ARD una vez germinadas las semillas, concretamente el 21 de marzo de 1984, siguiendo el calendario que se muestra a continuación:

FECHAS	
7 - 9 marzo 1984	Aplicación de agua desionizada
10 - 13 marzo 1984	Secado de suelos
14 marzo 1984	Siembra del Rye-grass
15 - 20 marzo 1984	Aplicación de agua desionizada Germinación de semillas
21 marzo 1984	Inicio de riegos con AA y ARD

D - Obtención de las aguas de riego

Procedimos a la obtención de las submatrices agua de riego AA y ARD, cada quince días, en las fechas abajo indicadas, de marzo de 1984 a marzo de 1985, para permitirnos cubrir las variaciones estacionales durante un año.

MES	DIA	Nº ref. gráficas
1984		
Marzo	21	1
Abril	3, 17	2,3
Mayo	2, 15, 29	4,5,6
Junio	12, 26	7,8
Julio	10, 24	9,10
Agosto	7, 21	11,12
Septiembre	4, 19	13,14
Octubre	2, 17, 31	15,16,17
Noviembre	13, 27	18,19
Diciembre	11, 28	20,21
1985		
Enero	8, 22	22,23
Febrero	6, 19	24,25
Marzo	5, 26	26,27

Para el transporte de las aguas destinadas al riego de las *columnas* utilizamos bidones de plástico de 2 y 5 litros.

Para el transporte de las aguas destinadas a su caracterización calculamos los contenedores adecuados según los análisis a efectuar, siguiendo las indicaciones del "Standard Methods" (38).

FINALIDAD	CONTENEDOR	VOLUMEN	NUMERO
Determinación de: Sodio, Potasio, Calcio, Magnesio, Bicarbonatos, DQD, Metales pesados.	Botella de plástico.	300 ml.	1
Determinación de: Conductividad, Cloruros, Amonio, Nitratos, Sulfatos, Fosfatos.	Botella de cristal.	180 ml	3

Para el llenado de bidones y botellas, seguimos la metodología que viene descrita esquemáticamente en la página siguiente.

Durante el transporte de Reus a Barcelona, todos los recipientes fueron colocados en neveras portátiles con acumuladores térmicos previamente congelados. Esto aseguró la llegada de las aguas al laboratorio a una temperatura de 4 - 6° C. Utilizamos dos neveras para el ARD y dos para el AA. Fue contratado un transportista para realizar puntualmente los envíos según un programa estricto de recogida, en la depuradora, de las neveras, de forma que en ningún caso llegasen las aguas al laboratorio más de 24 horas después de haber sido llenados los recipientes.

E - Volumen de agua de riego. Percolados

Para permitir la comparación de resultados, decidimos regar todas las columnas con igual volumen de agua sin considerar tipo de suelo ni tratamiento.

Después de varias pruebas llegamos a la conclusión que el volumen de agua de riego necesario para obtener percolado suficiente para todos los análisis previstos era directamente proporcional a la altura del Rye-grass y a la temperatura ambiente del invernadero.

Los percolados se recogieron de los bidones situados en la parte inferior de las columnas, de cinco a seis horas después del riego, ya que comprobamos que después de ese momento no se producía prácticamente percolación de agua. Llenamos las botellas necesarias para los análisis, colocándolas en nevera para la conservación de las muestras.

INSTRUCCIONES PARA LA OBTENCION DE LAS AGUAS

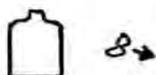
Las botellas y los bidones se limpian con agua y detergente, enjuagan y lavan dos veces con agua destilada.

Una vez secas se tapan con papel de aluminio, asegurado con goma elástica.

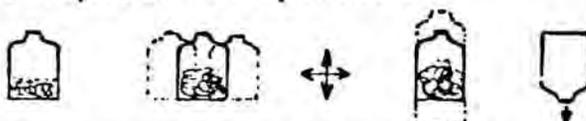
PROCEDIMIENTO

Para tomar las muestras se debe:

1. Destapar el contenedor y tirar el papel de aluminio.



2. Llenar parcialmente con el agua, agitar fuertemente y tirar el agua. Repetir la operación.



3. Llenar el contenedor con el agua hasta arriba.



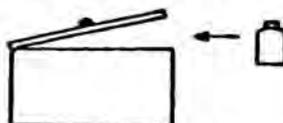
4. Enroscar el tapón bien fuerte.



5. Identificar el contenedor con una etiqueta, rotulador, etc., indicando el tipo de agua, fecha y hora de recogida (mejor con un rotulador antiagua o con una etiqueta Dymo®).



6. Guardar las botellas tapadas en la nevera (con acumuladores térmicos).



7. Remitir a la mayor brevedad posible las aguas al laboratorio.

TERCERA PARTE

TERCERA PARTE

A continuación, consideraremos cada uno de los *microcosmos* definidos con anterioridad según el orden siguiente:

- *Microcosmos* AA1
- *Microcosmos* AA2
- *Microcosmos* ARD1
- *Microcosmos* ARD2.

Estudiaremos una a una las matrices que constituyen el *microcosmos* en cuestión, es decir:

- Matriz Suelo
- Matriz Agua:
 - . Submatriz Agua de Riego
 - . Submatriz Agua de Percolación
- Matriz Planta.

Debido a que dichos *microcosmos* a estudiar presentan matrices comunes y para no resultar reiterativos en la descripción de cada uno, definiremos y comentaremos éstas en una fase previa.

La elección de todas estas matrices ya se describió en la segunda parte del trabajo; su caracterización química se realizará seguidamente, habiendo sido escogidos los análisis en base a los criterios siguientes:

- Análisis descritos en la bibliografía como de uso corriente.
- Disponibilidad del material y aparatos necesarios para llevarlos a cabo en el laboratorio de Edafología y Sanidad Ambiental de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Barcelona y en el Instituto de Biología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Para una mejor discusión de los resultados de la experiencia desarrollada a la largo de doce meses, dividimos ésta en espacios de tiempo siguiendo los cortes de Rye-grass. En conjunto se consideran cinco periodos:

	i	i	i	i	i	i
	a	b	c	d	e	
21/03	15/06	15/08	07/11	07/01	13/03	
1.984	1.984	1.984	1.984	1.985	1.985	

PERIODO

FECHAS

- a 21/03/84-15/06/84 - Desde el inicio de la experiencia hasta el primer corte.
- b 15/06/84-15/08/84 - Desde el primer al segundo corte.
- c 15/08/84-07/11/84 - Desde el segundo al tercer corte.
- d 07/11/84-07/01/85 - Desde el tercer al cuarto corte.
- e 07/01/85-13/03/85 - Desde el cuarto al quinto corte.

Los cortes del Rye-grass se efectuaron cada dos o tres meses en función del material vegetal que presumiblemente podía obtenerse, en función principalmente de los microcosmos de la submatriz Agua de Abastecimiento, AA1 y AA2.

A. - MATRICES COMUNES

A continuación estudiaremos las matrices que son comunes a más de un *microcosmos*, es decir los suelos originales y las aguas de riego, matrices que no han tenido ninguna interacción en el *microcosmos* en cuestión.

A1 - MATRICES SUELO

Hemos trabajado con dos matrices suelos: Suelo-1 (S-1) y Suelo-2 (S-2).

A1.1 - MATRIZ SUELO-1

La descripción detallada del perfil de S-1, clasificado como Xerochrept y sus resultados analíticos pueden hallarse en las páginas siguientes y en el anexo VI respectivamente.

DESCRIPCION DEL PERFIL SUELO-1

Localización : Reus (Tarragona). Partida Porpres.
Frente Depuradora.

Orientación : Sur-Oeste.

Dinámica de la forma : Llanura aluvial.

Morfología local : Perfil situado en área rectilínea.

Pendiente : Muy suave.

Pedregosidad superficial : Muy pedregoso.

Litología : Areniscas (40 %), caliza (60 %).

Material originario : Caliza.

Vegetación : Matorral bajo. Comunidad abierta. Arbóreo (5 %), arbustivo (50 %), herbáceo (45 %).
Unidades mayores: herbazal de ambientes ruderales y olivos dispersos.

Usos del territorio : Urbano y de ingeniería civil.
Vertedero de lodos depuradora. No agrícola. Antigüedad de uso: de 1 a 3 años.

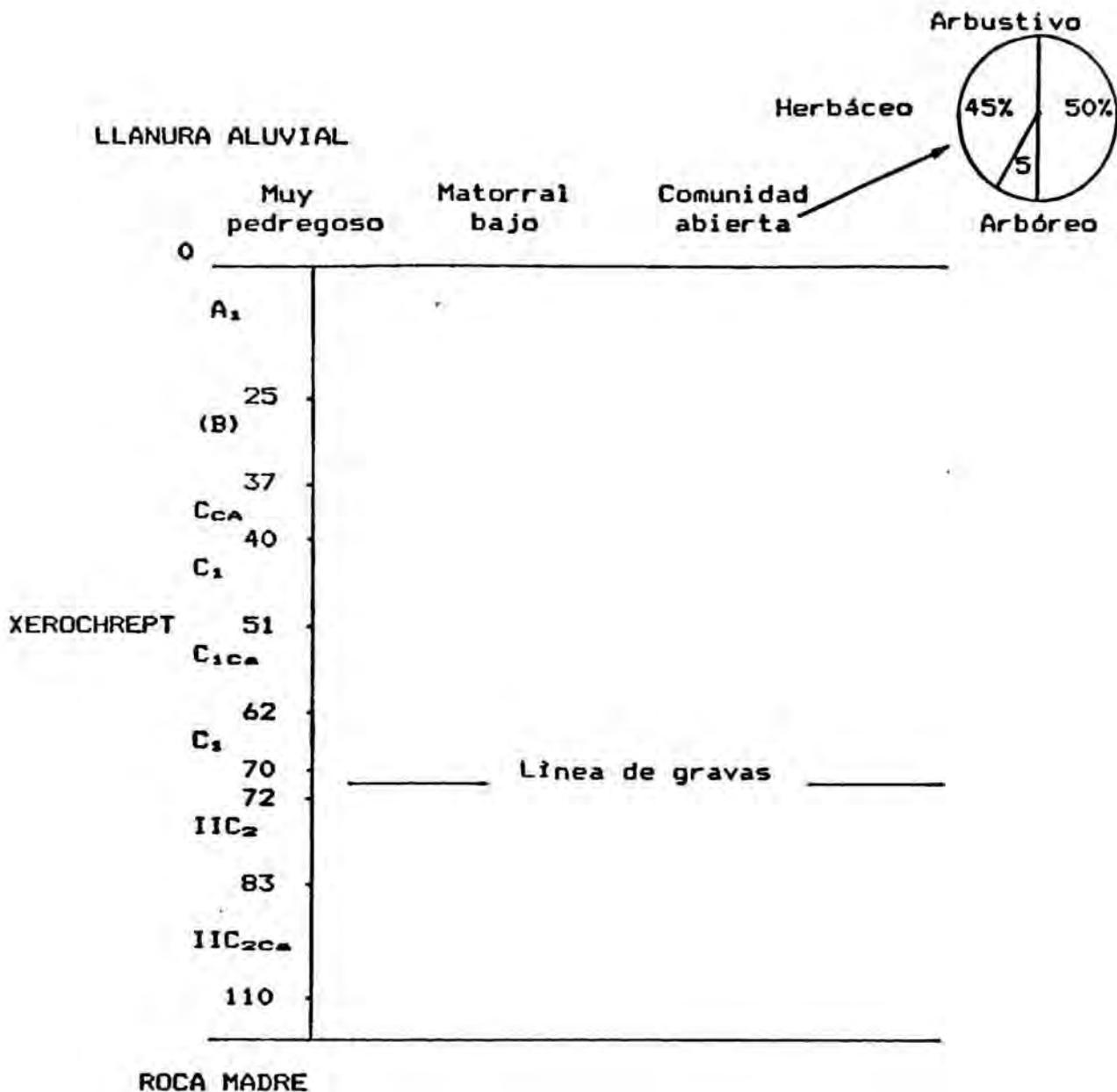
CLASIFICACION: XEROCHREPT

HORIZONTE	DESCRIPCION
A ₁ 00-25 cm	Color: 5 YR4/8. Materia orgánica no directamente apreciable. Calizo. Presencia de gravas abundantes. Textura limosa. Estructura poliédrica subangular, medianamente estructurado. Consistencia frágil en seco, muy friable en húmedo. Poco plástico. Poco adherente. Muy poroso. Actividad biológica fuerte (hormigueros). Raíces principalmente finas, medias y gruesas. Transición brusca. Límite ondulado.

HORIZONTE	DESCRIPCION
(B) 25-37 cm	Color: 5 YR5/6. Materia orgánica no apreciable directamente. Calizo. Presencia de gravas abundantes. Nódulos calizos. Textura arenosa. Estructura poliédrica subangular, débilmente estructurado. Consistencia frágil en seco, muy friable en húmedo. Poco plástico. Poco adherente. Poroso. Actividad biológica media. Raíces finas. Transición brusca. Límite ondulado.
C _{ca} 37-40 cm	Color: 5 YR8/4. Materia orgánica no apreciable. Calizo. Algunos fragmentos de roca. Textura areno-limosa. Estructura poliédrica subangular, débilmente estructurado. Consistencia frágil en seco, muy friable en húmedo. No plástico. No adherente. Poco poroso. Actividad biológica nula. Raíces finas. Transición brusca. Límite ondulado.
C ₁ 40-51 cm	Color: 2,5 YR5/8. Materia orgánica no apreciable. Calizo. Gravass abundantes. Textura arenosa. Estructura poliédrica subangular, débilmente estructurado. Consistencia poco frágil en seco, muy friable en húmedo. No plástico. No adherente. Poroso. Actividad biológica muy fuerte. Raíces muy finas. Transición brusca. Límite irregular.
C _{1ca} 51-62 cm	Color: 7,5 YR7/4. Materia orgánica no visible. Calizo. Presencia de gravas, concreciones calizas. Textura limosa. Estructura masiva. Poroso. Actividad biológica fuerte. Raíces muy finas, alguna fina. Transición brusca. Límite ondulado.
C ₁ 62-70 cm	Color: 5 YR4/8. Materia orgánica visible. Poco calizo. Presencia de alguna grava. Textura arenosa. Estructura poliédrica subangular, medianamente estructurado. Consistencia frágil en seco, muy friable en húmedo. No plástico. No adherente. Poroso. Actividad biológica media. Raíces finas. Transición brusca. Límite regular.

HORIZONTE	DESCRIPCION
70-72 cm	Línea de gravas.
IIC ₂ 72-83 cm	Color: 5 YR4/8. Materia orgánica no apreciable. Poco calizo. Presencia de gravas abundantes. Textura arenosa. Estructura poliédrica subangular, débilmente estructurado. Consistencia frágil en seco, suelto en húmedo. No plástico. No adherente. Muy poroso. Actividad biológica media. Raíces muy finas. Transición brusca. Límite ondulado.
IIC _{2ca} 83-110 cm	Color: 7,5 YR7/4. Materia orgánica no apreciable. Muy calizo. Presencia de gran cantidad de gravas. Actividad biológica débil. Raíces finas.

ESQUEMA 13
REPRESENTACION DEL PERFIL S-1



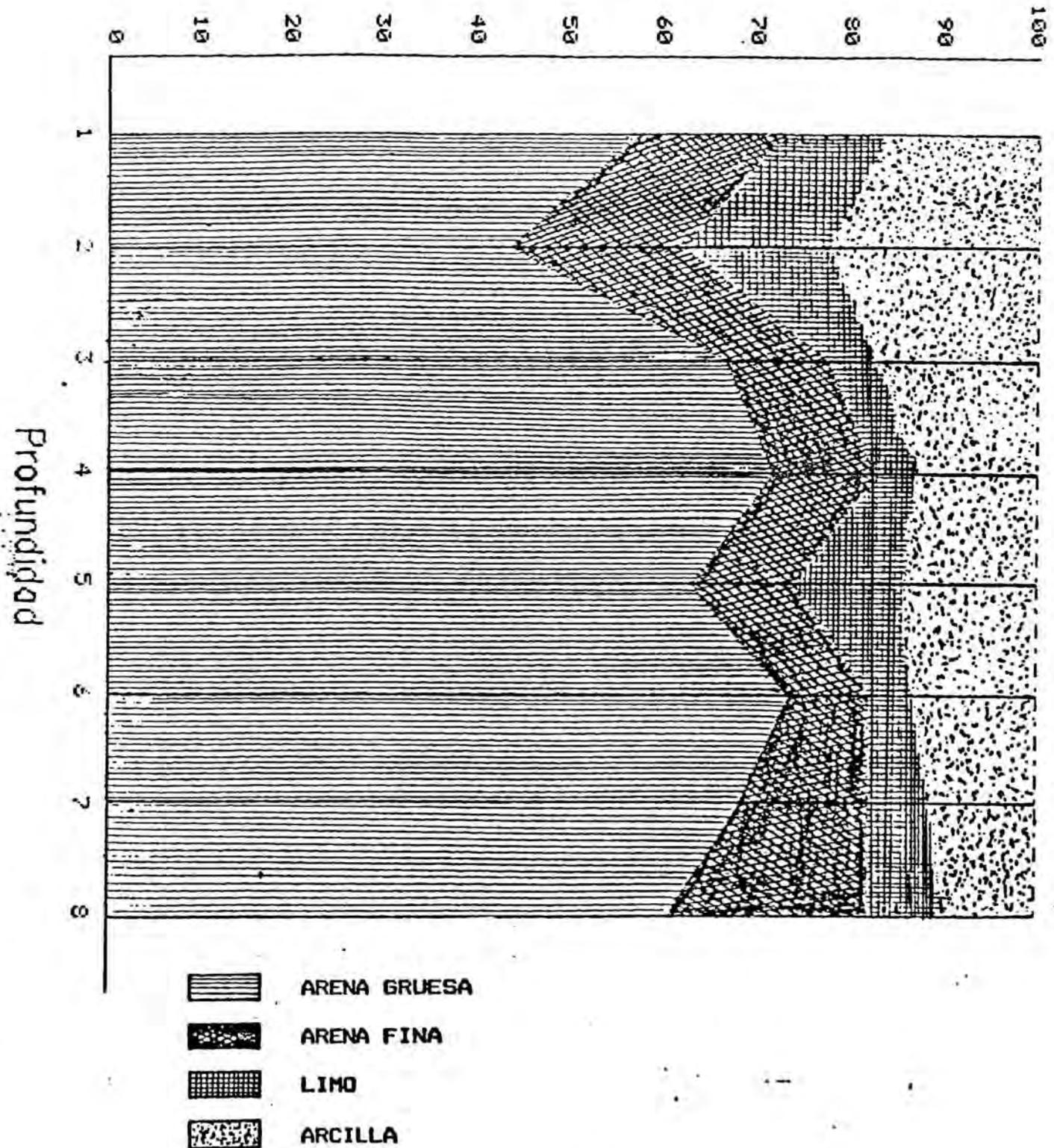
SITUACION Y CARACTERISTICAS DEL PERFIL:
REUS (Tarragona) - Partida Porpres.
Orientación: S-W.
Pendiente: Muy suave.
Usos del terreno: Vertedero.
Litología: Areniscas (40 %) - Caliza (60 %).

Las profundidades indicadas en las gráficas con los números 1 a 8 son:

- . 1 - 00 - 25 cm
- . 2 - 25 - 37 cm
- . 3 - 37 - 40 cm
- . 4 - 40 - 51 cm
- . 5 - 51 - 62 cm
- . 6 - 62 - 70 cm
- . 7 - 72 - 83 cm
- . 8 - 83 - 110 cm

GRAFICA 1

SUELO - 1 GRANULOMETRIA



AI.2 - MATRIZ SUELO-2

La descripción detallada del perfil de S-2, clasificado como Paloxeralf y sus resultados analíticos pueden hallarse en las páginas siguientes y en el anexo VI respectivamente.

DESCRIPCION DEL PERFIL SUELO-2

Localización : Reus (Tarragona). Camí d'Aigüesverds.
A 100 m al este de nave porcina.

Orientación : Sur-Este.

Pendiente : Muy suave.

Pedregosidad superficial : Moderada.

Vegetación natural : Eliminada (limpio de hierbas).

Cultivos : Olivos.

Usos del territorio : Agrícola.

CLASIFICACION: PALEXERALF

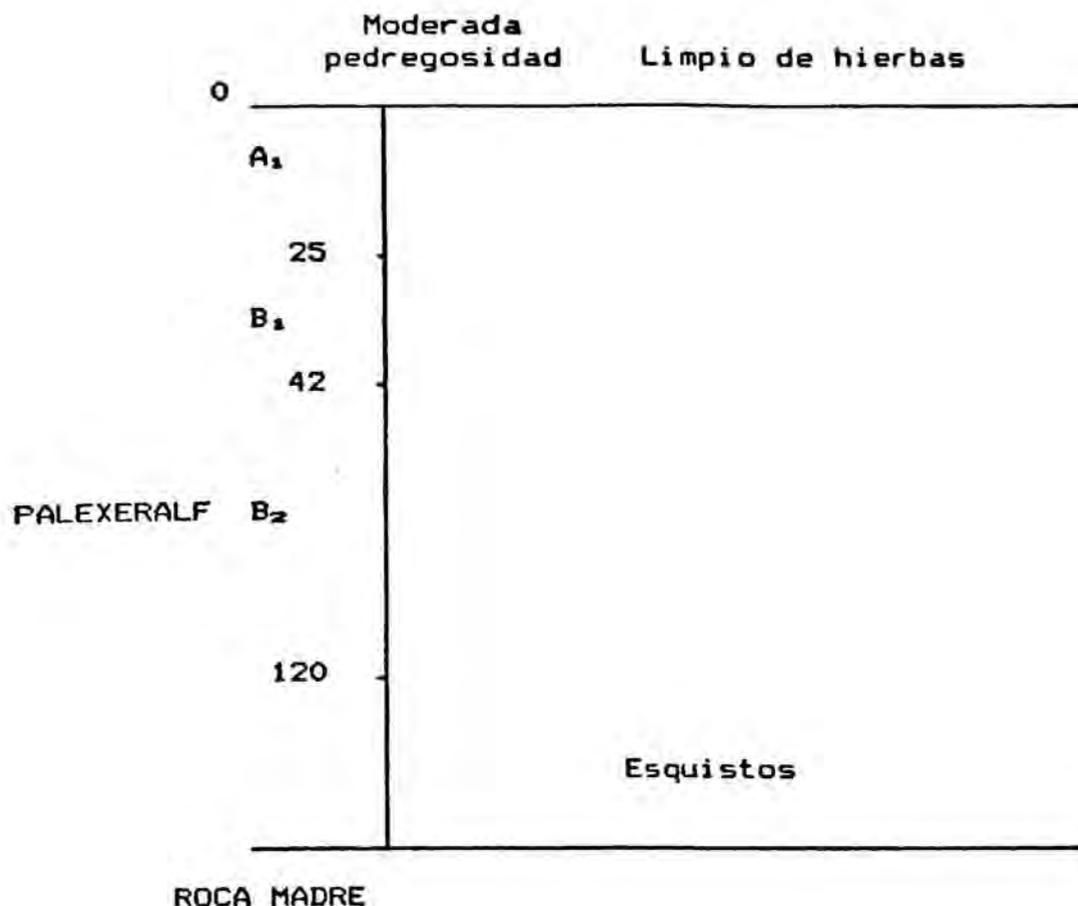
HORIZONTE	DESCRIPCION
A ₁ 00-25 cm	Color: 7,5 YR4/4. Materia orgánica no apreciable directamente. Calizo. Gravas. Textura limosa. Estructura grumosa, débilmente estructurado. Consistencia frágil en seco, muy friable en húmedo. Poco plástico. Muy poroso. Actividad biológica fuerte (arácnidos). Raíces finas y alguna media. Transición brusca. Límite regular.
B ₁ 25-42 cm	Color: 7,5 YR5/6. Materia orgánica no apreciable directamente. Calizo. Gravas abundantes. Textura limosa. Estructura poliédrica subangular, medianamente estructurado. Consistencia poco frágil en seco, muy friable en húmedo. Poco plástico. Poco adherente. Poroso. Actividad biológica fuerte (arácnidos). Raíces finas y medias. Transición brusca. Límite irregular.

HORIZONTE

B ₂ 42-120 cm	Color: 5 YR4/8. Materia orgánica no apreciable directamente. Calizo (acumulaciones calizas en forma de bandas). Presencia de gravas. Textura arcillosa. Estructura poliédrica subangular, fuertemente estructurado. Consistencia frágil en seco, muy friable en húmedo. Poco plástico. Poco adherente. Poroso. Actividad biológica fuerte (galerías excavadas). Raíces pocas, medias y alguna fina. Transición brusca. Límite regular.
>120 cm	Horizonte cementado englobando esquistos.

ESQUEMA 14

REPRESENTACION DEL PERFIL S-2



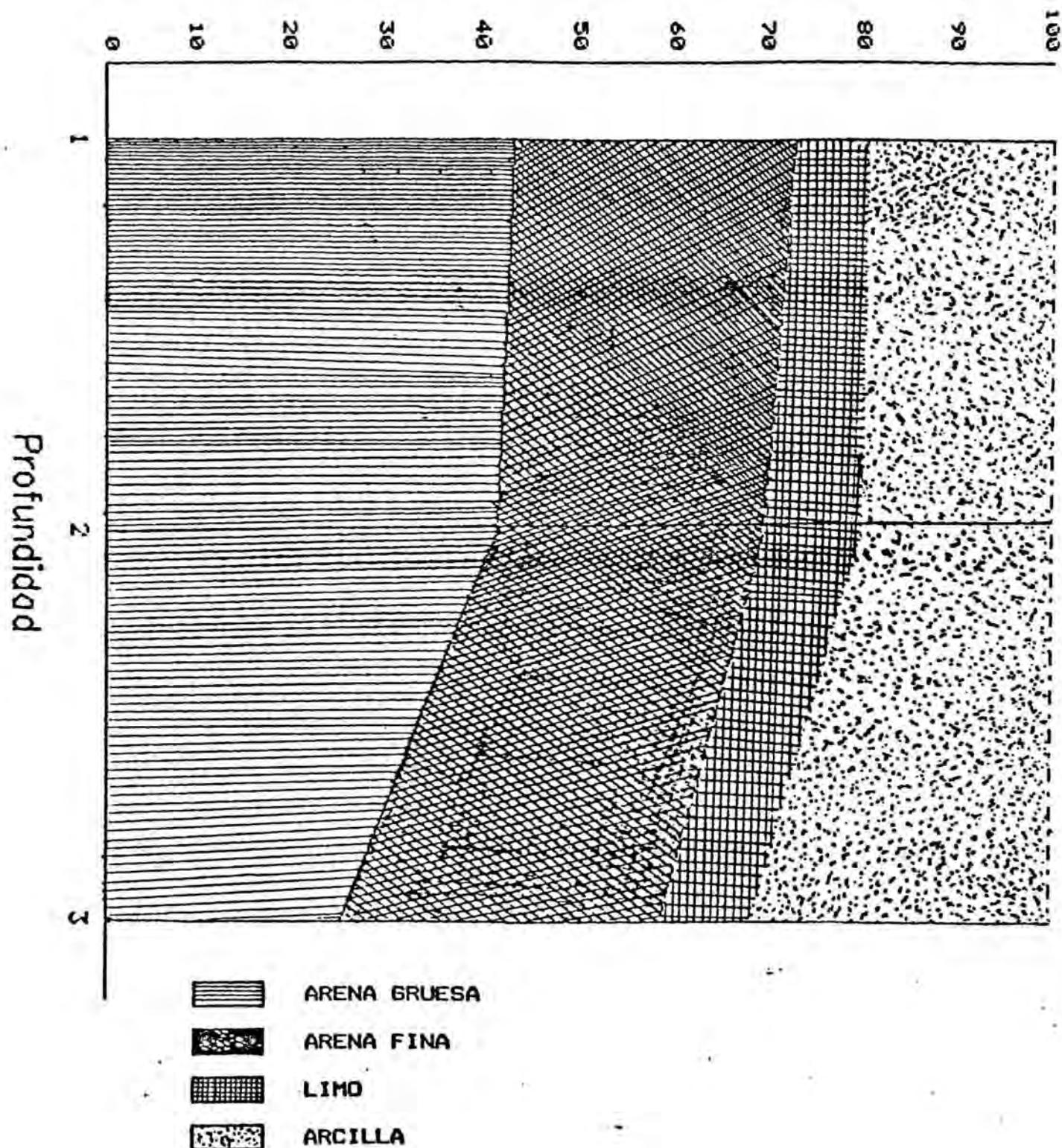
SITUACION Y CARACTERISTICAS DEL PERFIL:
REUS (Tarragona) - Cañal d'aigüesverds
Orientación: S-E.
Pendiente: Muy suave.
Usos del terreno: Agrícola.

Las profundidades indicadas en las gráficas con los números 1 a 3 son:

- . 1 - 00 - 25 cm
- . 2 - 25 - 42 cm
- . 3 - 42 - 120 cm

GRAFICA 2

SUELO - 2 GRANULOMETRIA



A2 - MATRICES AGUA

Solamente estudiaremos las submatrices agua de riego Agua de Abastecimiento AA y Agua Residual Depurada ARD.

A2.1 - SUBMATRIZ AGUA DE ABASTECIMIENTO

Constituida por el Agua de Abastecimiento de Reus o AA, obtenida de uno de los grifos situados en la planta depuradora. Su procedencia es múltiple según la época del año, tal como se señala en el anexo I (hidrología). Así pues las dos fuentes principales del AA de Reus son:

- Aguas superficiales: pantano de Riudecanyes
- Aguas subterráneas: pozos y minas,

siendo consideradas las primeras de mejor calidad, en cuanto a contenido y composición salina, tal como se indica en un trabajo anterior (39). En la tabla 1 se señala la procedencia del AA en cada una de las fechas de obtención de ésta para el posterior riego experimental.

Para definir las características de esta AA comentaremos cada uno de los parámetros determinados, cuyos valores pueden hallarse en el anexo VI.

La media (\bar{x}), el valor máximo (máx), el mínimo (mín) y la desviación estándar (S) de los valores correspondientes a cada parámetro se indican en la tabla 2.

TABLA 1:
PROCEDENCIA DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO DE REUS EN
LAS FECHAS INDICADAS EN m³
 (Datos facilitados por el Ayuntamiento de Reus)

<u>Fecha</u>	<u>AGUAS</u>		<u>AGUAS</u>	<u>TOTAL</u>
	<u>SUBTERRANEAS</u>		<u>SUPERFICIALES</u>	
	Pozos	Minas	Pantano	
21/03/84	3320	5772	100	9292
03/04/84	0	11785	5700	17485
17/04/84	0	7104	12365	19469
02/05/84	11017	4794	3856	19567
15/05/84	--	--	--	--
29/05/84	--	--	--	--
12/06/84	--	--	--	--
26/06/84	5077	1525	9400	16002
10/07/84	4216	1534	12870	18620
24/07/84	3583	1520	15580	20683
07/08/84	1692	405	12820	14917
21/08/84	2687	231	16390	19308
04/09/84	1570	1208	13050	15828
19/09/84	3717	1028	13940	18685
02/10/84	2826	537	11796	15159
17/10/84	6028	1850	8920	16798
31/10/84	8475	3509	7400	19384
13/11/84	7134	4635	6000	17769
27/11/84	6274	4796	3600	14670
Diciembre*	243707	103200	131777	478684
08/01/85	6978	2166	4400	13544
22/01/85	5579	2628	7000	15207
06/02/85	6229	2659	6900	15788
19/02/85	8222	3049	6800	18071
05/03/85	5993	3580	9200	18773
26/03/85	--	--	--	--

-- No hay datos.

* Los datos referentes a Diciembre representan el total del mes.

TABLA 2:
VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES
ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS
EN EL AA

<u>CONDUCTIVIDAD</u> (MicroS/cm)	<u>CALCIO</u> (mg/l)	<u>SODIO</u> (mg/l)
\bar{x} = 860.11	\bar{x} = 114.11	\bar{x} = 32.06
S = 238.78	S = 27.72	S = 21.53
máx = 1311.00	máx = 172.54	máx = 67.85
mín = 555.00	mín = 76.15	mín = 7.13
<hr/>		
<u>POTASIO</u> (mg/l)	<u>MAGNESIO</u> (mg/l)	<u>NITRATOS</u> (mg/l)
\bar{x} = 2.04	\bar{x} = 30.01	\bar{x} = 46.82
S = 0.35	S = 8.38	S = 37.81
máx = 2.89	máx = 52.03	máx = 117.80
mín = 1.45	mín = 19.94	mín = 1.20
<hr/>		
<u>FOSFATOS</u> (mg/l)	<u>CLORUROS</u> (mg/l)	<u>SULFATOS</u> (mg/l)
\bar{x} = 1.27	\bar{x} = 36.49	\bar{x} = 122.32
S = 0.92	S = 20.42	S = 21.10
máx = 4.31	máx = 77.64	máx = 179.15
mín = <1d.	mín = 12.05	mín = 81.65
<hr/>		
<u>BICARBONATOS</u> (mg/l)	<u>pH</u> (unidades)	<u>DOO</u> (mg/l O ₂)
\bar{x} = 308.82	\bar{x} = 7.66	\bar{x} = 4.16
S = 115.75	S = 0.32	S = 4.29
máx = 530.09	máx = 8.10	máx = 14.40
mín = 165.31	mín = 7.10	mín = 0.00
<hr/>		

A2.1.1) Salinidad

La salinidad de un agua limita su utilización para el riego afectando tanto a los suelos como a la vegetación que en ellos se desarrolla.

Parámetros empleados:

- Conductividad
- Indices de calidad según salinidad: SAR y SARaj.

Conductividad

Considerando la gráfica 1 que representa los valores de conductividad obtenidos podemos observar la existencia de dos periodos bien diferenciados, uno entre las fechas 03/04/85 y 17/10/85 y otro a partir del 31/10/85 en que se presenta regularmente una mayor conductividad; una excepción la constituye un punto, dentro del primer periodo, con fecha 15/05/85, que muestra prácticamente la misma conductividad que el segundo periodo.

Habiéndose consultado la procedencia del AA durante los dos periodos antes considerados, pudimos conocer la mayor proporción de agua de pantano utilizada durante el periodo 03/04 a 17/10/84, mientras que a finales de octubre, debido a la carencia de esta agua de mejor calidad, el mayor volumen correspondió a agua de pozos y minas.

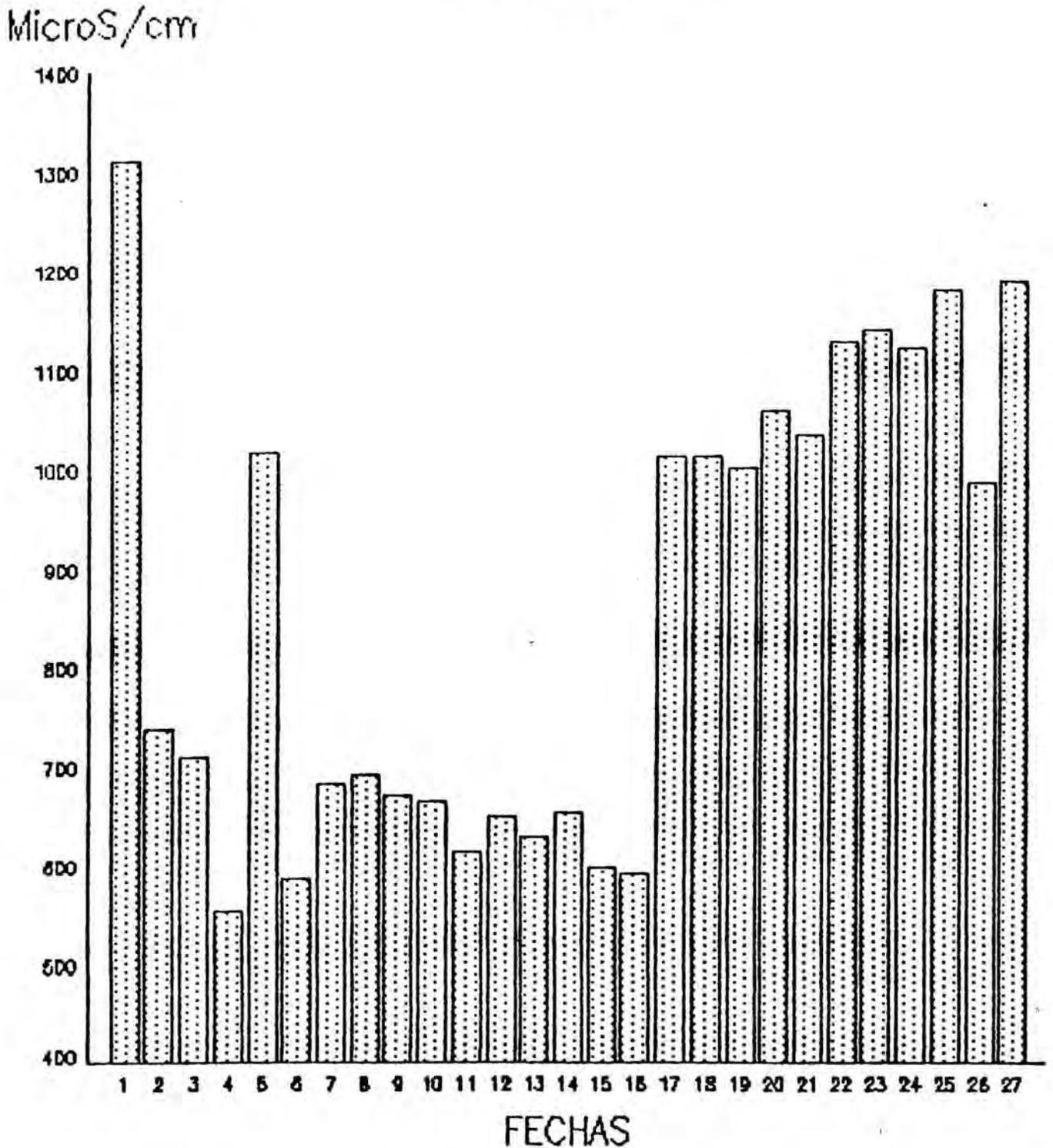
El valor hallado en fecha 21/03/84 nos indica que el abastecimiento con pozos y minas se efectuó hasta el mes de abril, aunque, como demuestra la conductividad anormalmente alta del 15/05/84 y aún sin tener datos fehacientes de este hecho, muy probablemente en momentos de baja del pantano, se aprovecharon al máximo las aguas procedentes de pozos y minas.

Para conocer a qué tipo de agua de riego corresponde el AA estudiada, utilizamos la clasificación de Richards del U.S. Salinity Laboratory para la conductividad:

Tipo de agua para riego	Conductividad (microSiemens/cm)	Indice
De baja salinidad	< 250	C ₁
De salinidad media	250 - 750	C ₂
De salinidad alta	750 - 2250	C ₃
De salinidad muy alta	>2250	C ₄

CONDUCTIVIDAD EN AA

MicroS/cm



GRAFICA 3

De las 27 muestras de AA analizadas, se ha calculado el porcentaje incluido en cada tipo:

Indice	AA
C ₁	0 %
C ₂	51.9 %
C ₃	48.1 %
C ₄	0 %

Según la anterior clasificación aproximadamente la mitad de las muestras de AA puede considerarse de "salinidad media" y la otra mitad de "salinidad alta" pudiéndose observar que las primeras coinciden con las épocas en que las aguas tienen su origen en el pantano de Riudecanyes mientras que las segundas proceden en su mayor parte de pozos y minas.

Indices SAR y SARaj

Teniendo en cuenta que la calidad de un agua para riego no sólo depende de la cantidad de sales disueltas, sino también de la naturaleza de éstas, ya que no todas las soluciones salinas producen los mismos efectos, es conveniente utilizar los índices SAR y SARaj, cuyos valores vienen representados en las gráficas 2 y 3.

Indice SAR

Una de las clasificaciones más utilizadas para conocer la calidad de agua de riego es la de Richards basada en el SAR y la conductividad y para la que se emplea un diagrama en el que se establecen dieciseis clases de agua, tal como se muestra en la gráfica 4.

Agrupando los 27 valores obtenidos según los diagramas correspondientes, se ha confeccionado el resumen siguiente:

Indice	C2S1	C3S1
AA	14	13

Según el cuadro anterior podemos clasificar las muestras de AA analizadas como de calidad buena (C2S1) a mediocre (C3S1) para el riego.

Indice SARaj

Según el SARaj, índice que tiene en cuenta no sólo el sodio, calcio y magnesio, sino también los carbonatos y bicarbonatos, las muestras de AA pueden clasificarse de la siguiente forma:

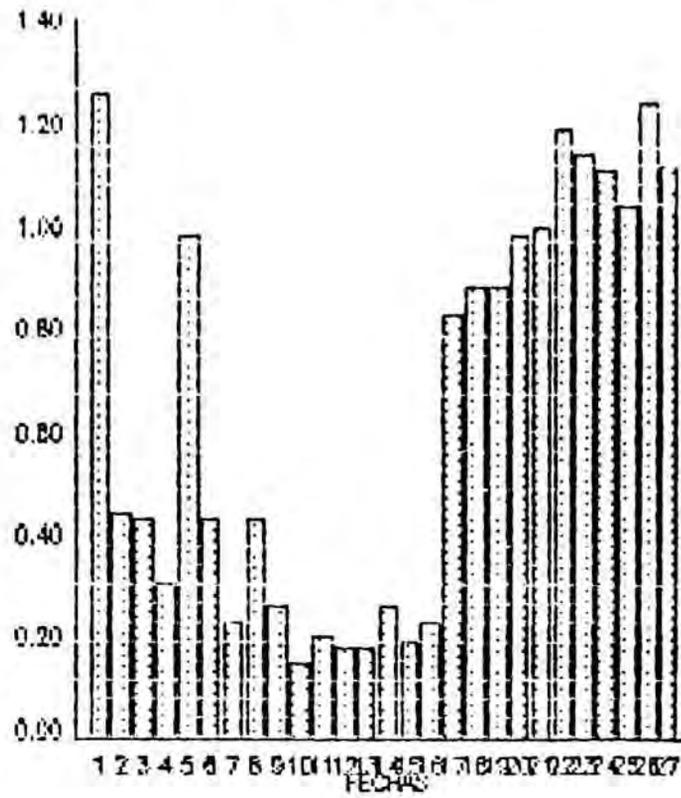
Tipo de agua para riego	SARaj	Indice
Utilizable sin problemas	<6	A
Utilizable con problemas crecientes	6 - 9	B
No utilizable	>9	C

De las 27 muestras de AA analizadas, el porcentaje incluido en cada grupo es:

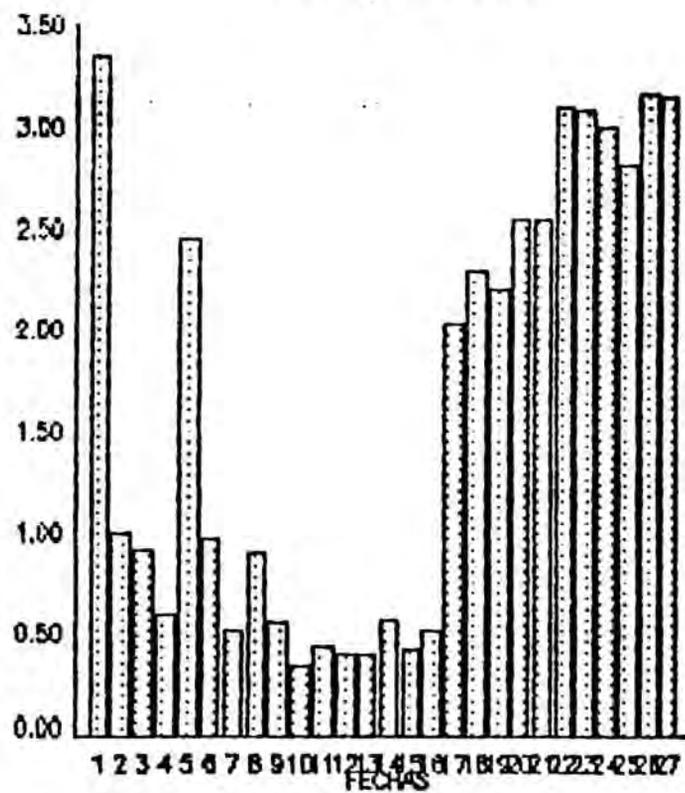
Indice	AA
A	100 %
B	0 %
C	0 %

El 100 % de las muestras de AA examinadas se incluye en el grupo de "utilizables sin problemas", por lo que se refiere al riesgo de salinidad indicado por el SARaj.

SAR EN AA

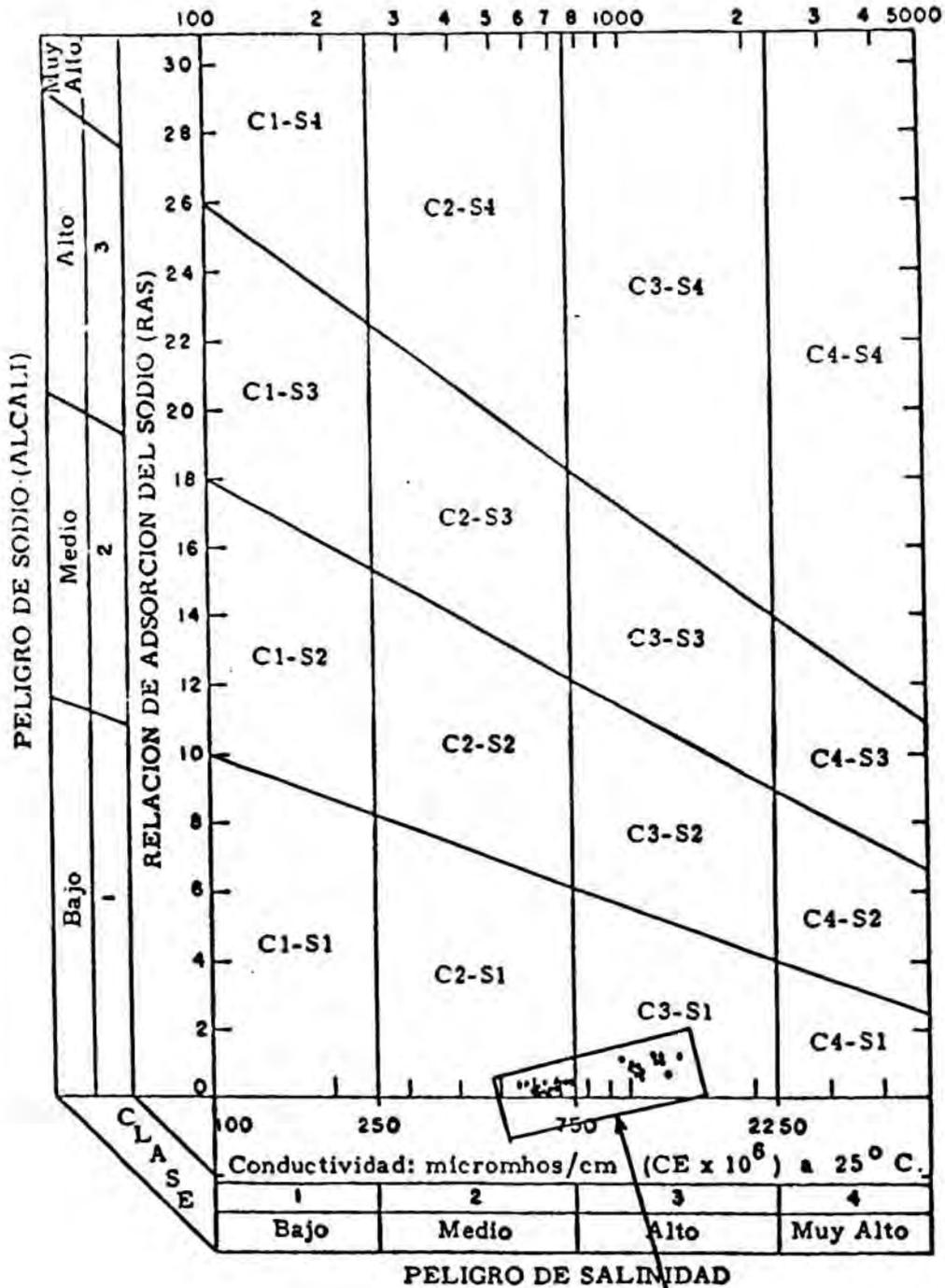


SARaj EN AA



GRAFICA 4

AA



—Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego. (U. S. Soil Salinity Laboratory).

SITUACION DE LOS PUNTOS

GRAFICA 5

A2.1.2) Cationes

Seguidamente estudiaremos los cationes:

- Sodio
- Potasio
- Calcio
- Magnesio
- Amonio
- Metales pesados (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Pb, Fe, Ni y Zn).

A2.1.2.1) SODIO

Según puede verse en la gráfica 5 que representa los valores de sodio en las veintisiete muestras de AA analizadas, pueden distinguirse dos periodos, si exceptuamos los puntos 21/03 y 15/05/84. En el primer periodo, que va desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, los contenidos en sodio son bajos y presentan pocas oscilaciones; a partir del 31/10/84 se inicia una clara subida en estos valores, observándose mayores oscilaciones que en el primer periodo. Ello puede justificarse por los cambios en la procedencia del AA (pantano o pozos y minas) tal como se indicó inicialmente.

A2.1.2.2) POTASIO

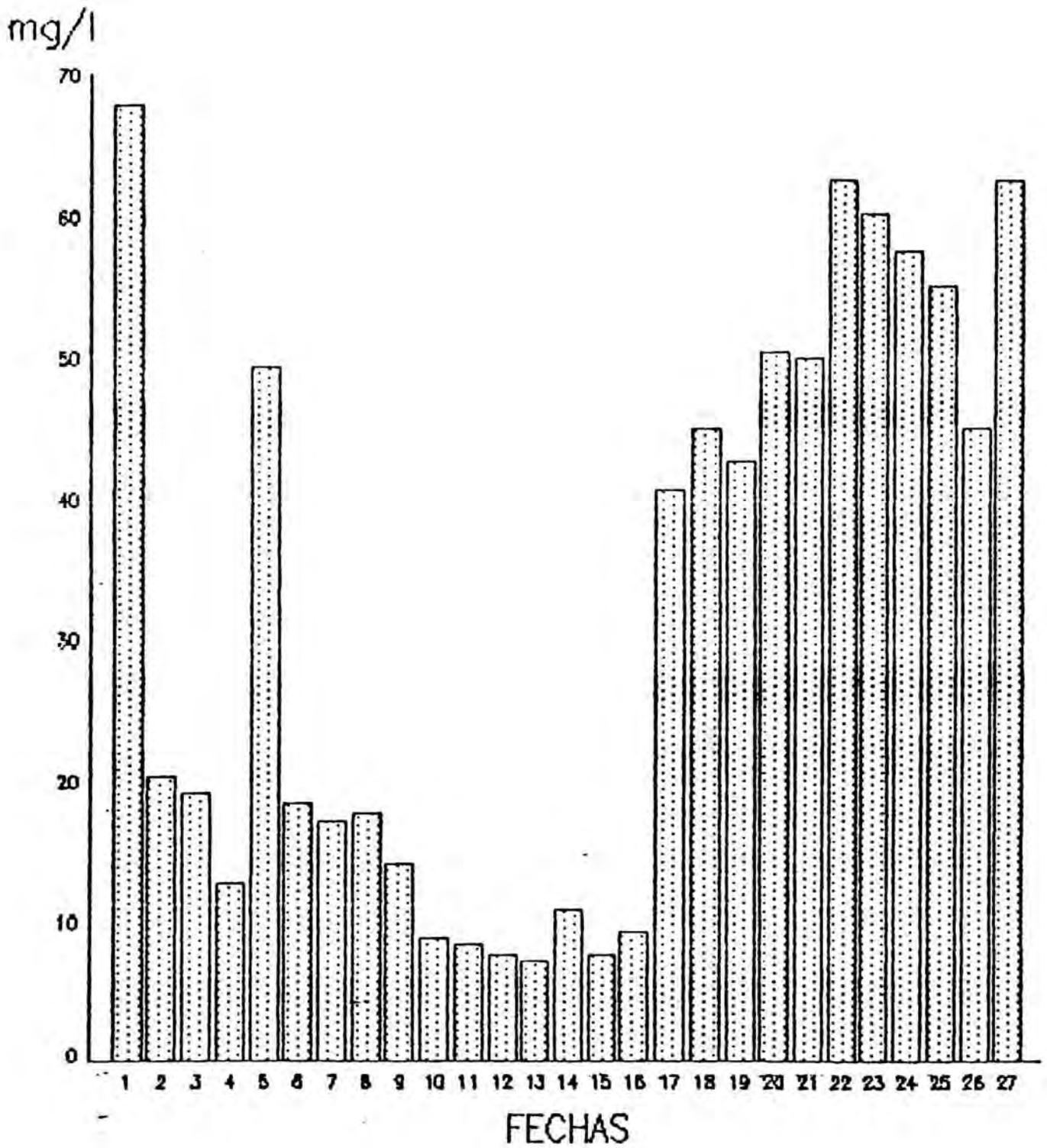
Según se desprende de los valores de potasio hallados en AA y representados en la gráfica 6 existe una cierta uniformidad en cuanto a éstos, aunque se observan valores más bajos entre las fechas 10/07 y 31/10/85.

A2.1.2.3) CALCIO

Podemos observar en la gráfica 7 que, exceptuando los puntos correspondientes al 21/03 y 15/05/84, existe una uniformidad en los contenidos en calcio entre las fechas 03/04 y 17/10/84; a partir del 31/10/84 se inicia una brusca subida, siendo ésta paulatina en fechas posteriores. Ello puede justificarse, al igual que la salinidad con la que el calcio está correlacionado, por los cambios en la procedencia del AA (pantano o pozos y minas).

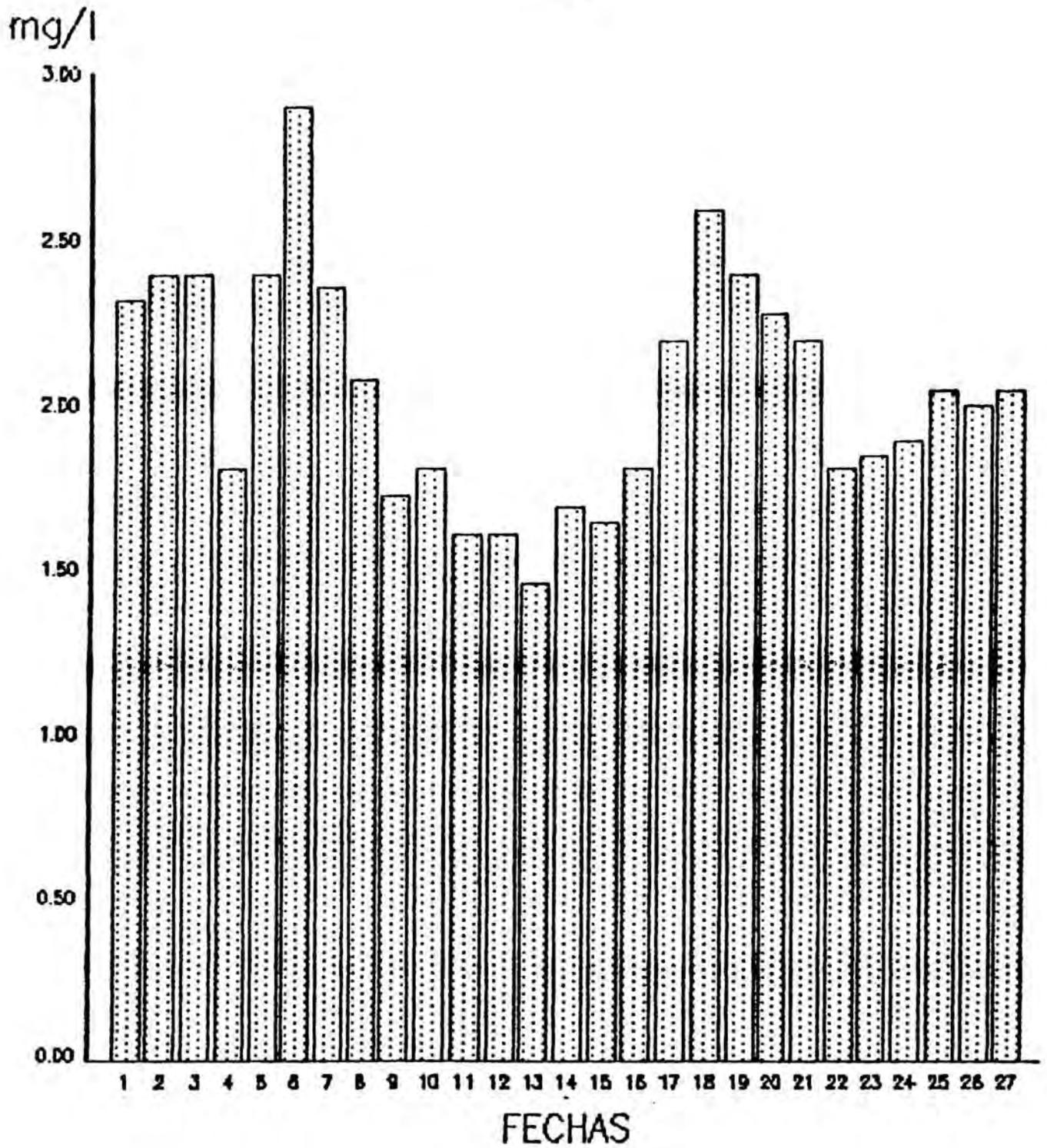
SODIO EN AA

mg/l



GRAFICA 6

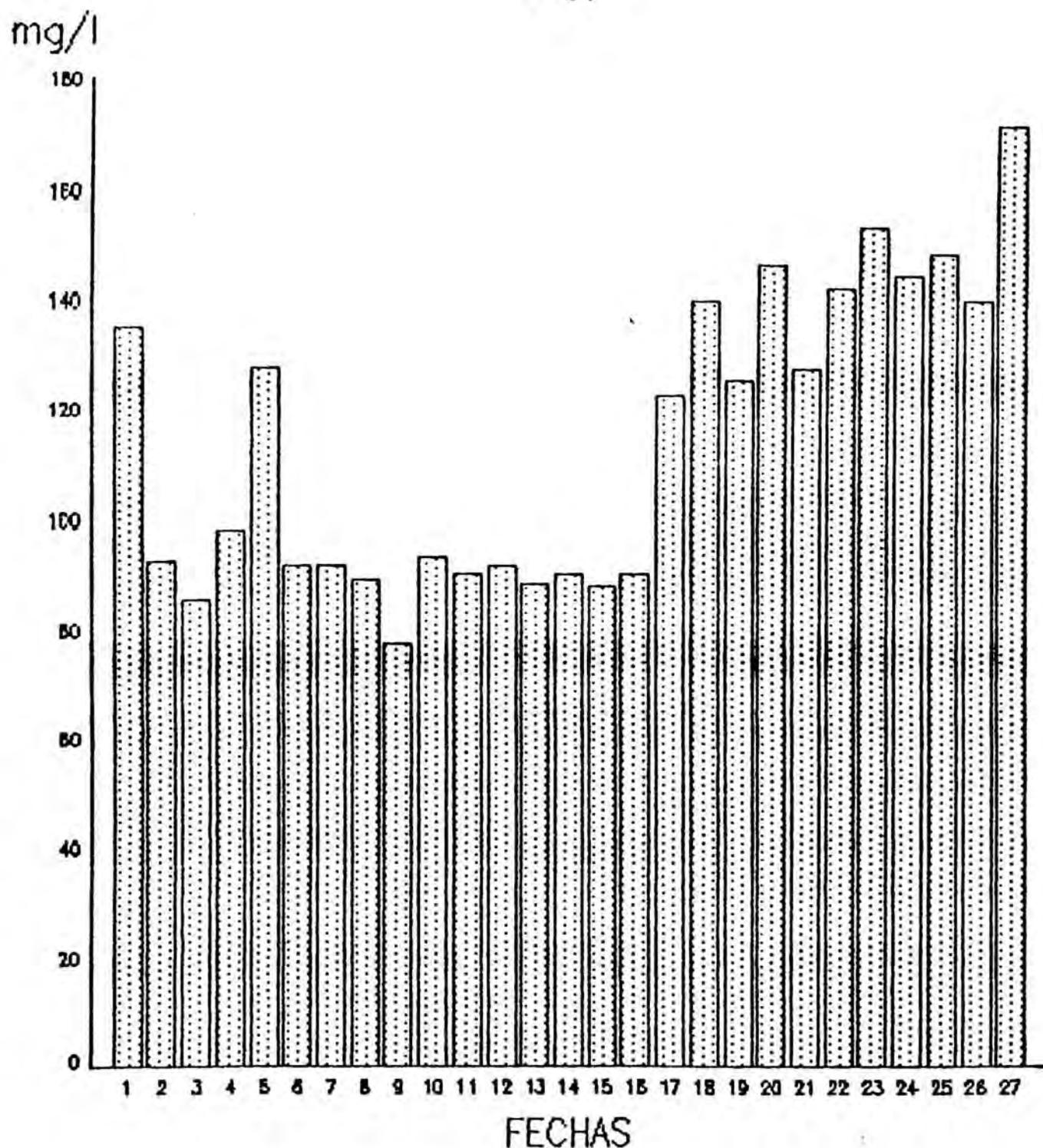
POTASIO EN AA mg/l



GRAFICA 7

CALCIO EN AA

mg/l



GRAFICA B

A2.1.2.4) MAGNESIO

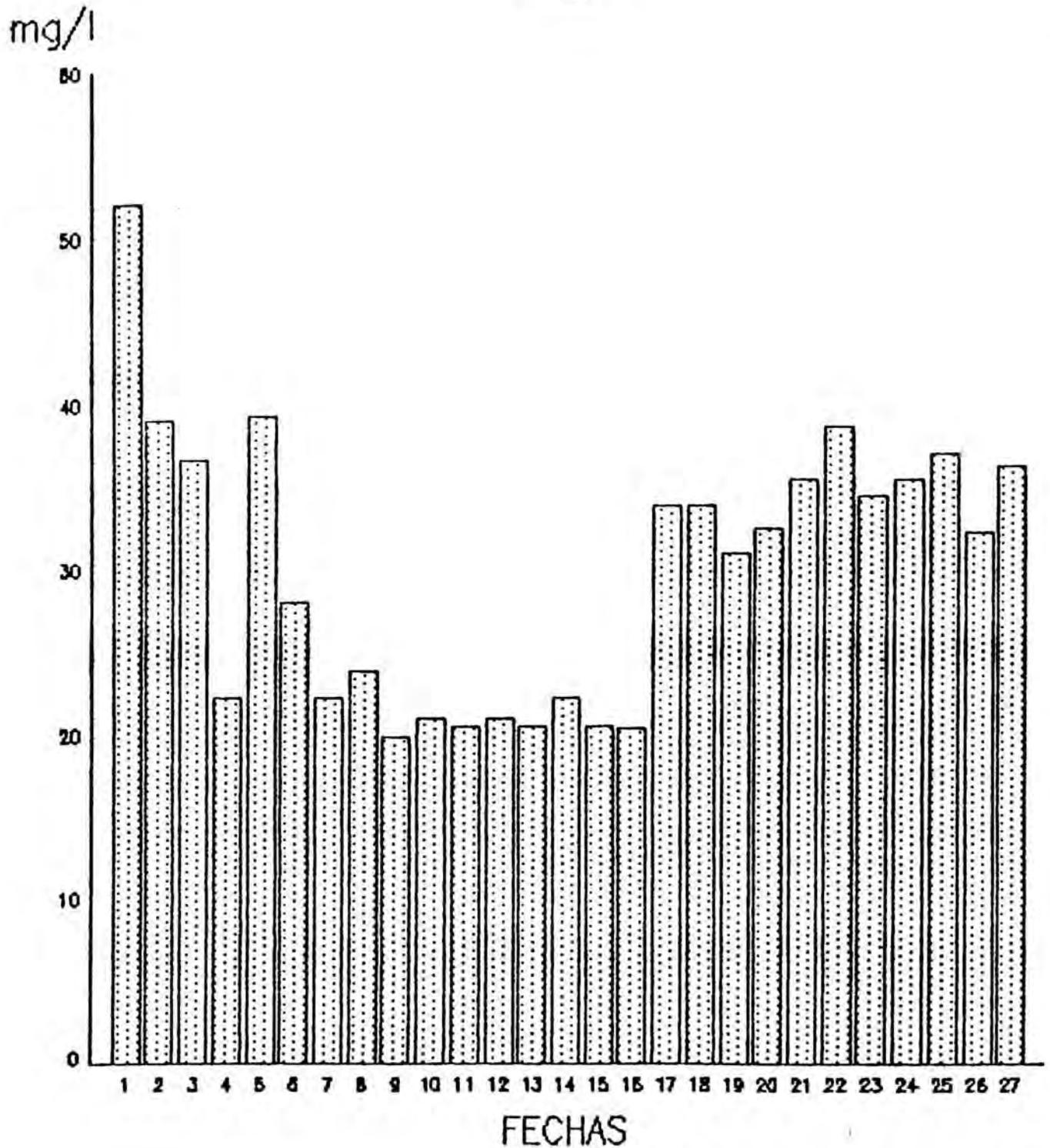
Tal como puede verse en la gráfica B que representa los valores de magnesio en AA, las oscilaciones en el contenido en magnesio en el AA son muy acentuadas, excepto entre las fechas 10/07 y 17/10/84 en que se presentan unos valores más o menos constantes. Tal como se indicó anteriormente, estas oscilaciones pueden atribuirse a los cambios en la procedencia del AA; cuando las aguas tienen su fuente principal en el pantano se obtienen los más bajos contenidos en magnesio, contrariamente a lo que sucede cuando proceden de pozos y minas, siendo los valores de magnesio algo más del doble de los anteriores.

A2.1.2.5) AMONIO

Como era de esperar en un agua de abastecimiento, no se ha encontrado indicio de amonio en ninguna de las veintisiete muestras del AA analizadas.

MAGNESIO EN AA

mg/l



GRAFICA 9

Hemos calculado la proporción que cada uno de los cationes comentados representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en la mayoría de iones:

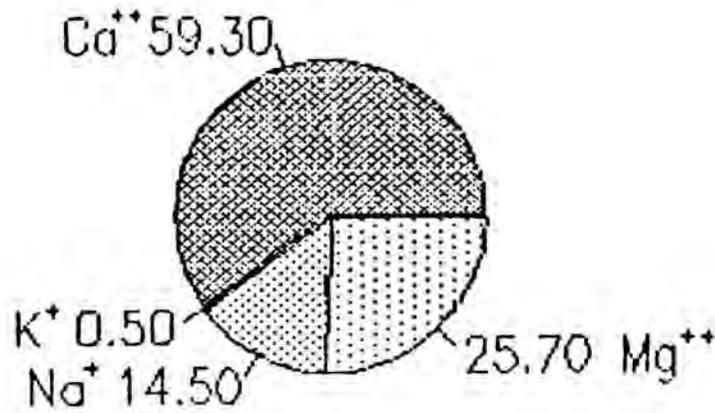
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

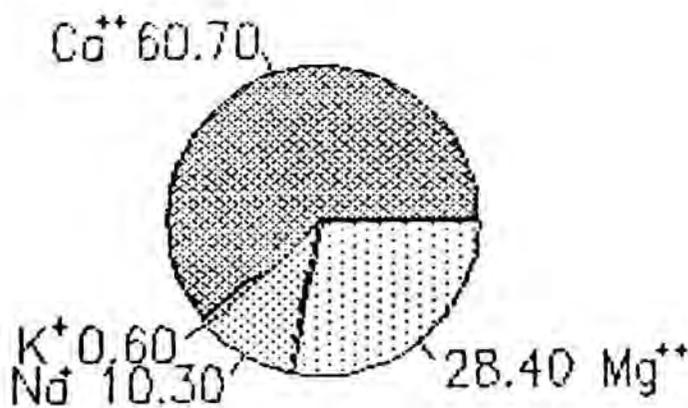
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

CATIONES EN AA

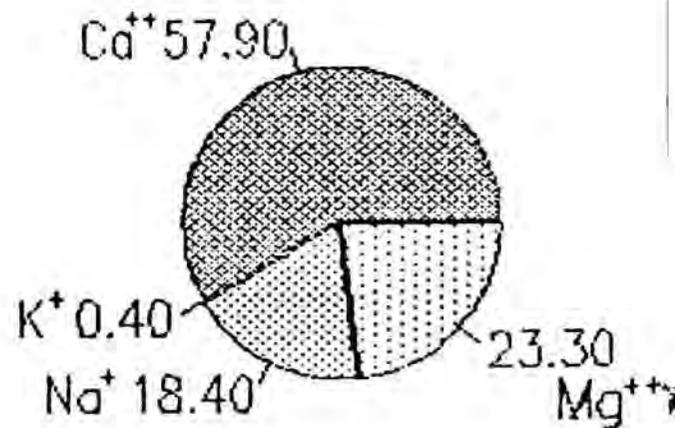
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

A2.1.2.6) METALES PESADOS

Los metales pesados determinados en el presente trabajo son: cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc. Según los resultados obtenidos, podemos distinguir tres grupos de metales.

Grupo 1 : Aquellos metales pesados que, si existen, están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica.

Límite de detección (mg/l)	
Cd	0.0005
Co	0.006
Cu	0.001
Cr	0.002
Mn	0.001
Pb	0.01

Grupo 2 : Aquellos metales pesados que, en la mayoría de las muestras, si existen están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica en las condiciones en que se ha trabajado. No obstante, en algunas de las muestras valoradas, su concentración llega a ser detectada por el aparato, aunque a un nivel muy cercano al límite. Seguidamente se indican las fechas en que se han presentado trazas de estos metales en el AA analizada.

	Límite de detección (mg/l)	Fechas
Fe	0.003	08/01, 22/01, 05/03/85
Ni	0.004	26/06/84, 08/01/85

Grupo 3 : Aquellos metales que se presentan en todas las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas.

	Límite de detección (mg/l)	Valores (mg/l)	Fecha
Zn	0.0008	Máx: 0.35 Mín: 0.01	06/02/85 02/05/84

A2.1.3) Aniones

Los aniones que estudiaremos a continuación son:

- Cloruros
- Carbonatos-Bicarbonatos
- Sulfatos
- Fosfatos
- Nitratos.

A2.1.3.1) CLORUROS

Según puede comprobarse en la gráfica 9, los contenidos de cloruros en el AA siguen un comportamiento similar al que siguen los valores de salinidad, es decir que se diferencian claramente dos periodos, el primero que, excepto en las fechas 21/03 y 15/05/84, presenta contenidos de cloruros bajos hasta el 17/10/84 y el segundo a partir de esta fecha con valores relativamente altos.

A2.1.3.2) CARBONATOS-BICARBONATOS

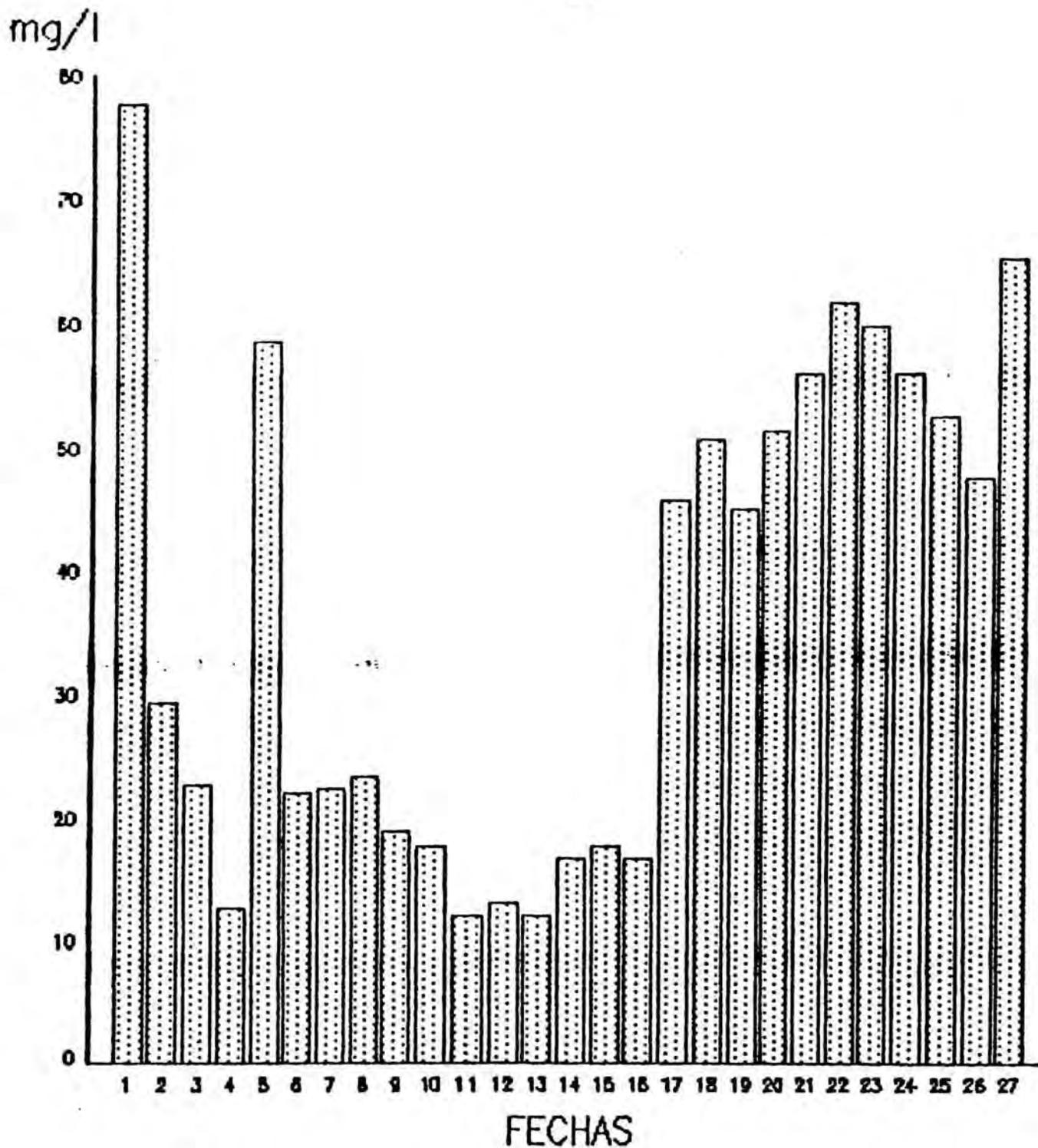
No se ha hallado presencia de carbonatos en el AA.

Al igual que sucede con otros aniones y cationes y tal como puede verse en la gráfica 10, se presentan dos periodos bien diferenciados. Ahora bien, en este caso, cada periodo está constituido a su vez por dos subperiodos. Desde el 21/03 al 02/05/84 hay un descenso sostenido en los valores de bicarbonatos en el AA; seguidamente, a partir del 15/05/84, en que se incrementa el contenido pero sin llegar al máximo, se inicia otro descenso prolongado hasta el 10/07/84. Desde este momento hasta el 02/10 se mantienen unas concentraciones con muy ligeras oscilaciones. Finalmente a partir del 17/10/84 hasta el 08/01/85, los valores se incrementan hasta casi el doble de los anteriores, apareciendo el 22/01/85 el contenido más elevado de bicarbonatos en el AA.

Como se ha hecho ya patente en explicaciones precedentes, estas variaciones son debidas a las condiciones hidrológicas del año estudiado.

CLORUROS EN AA

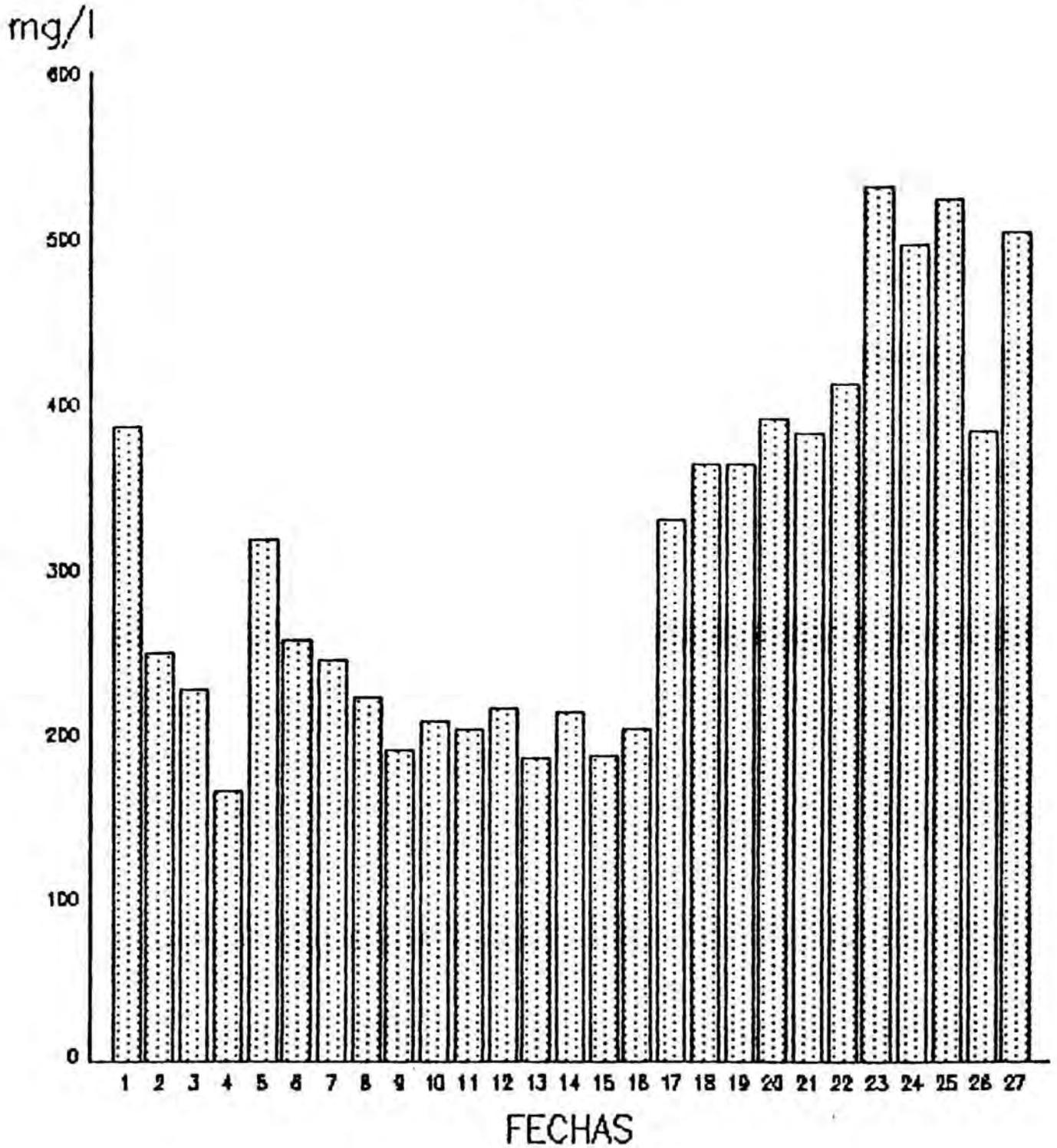
mg/l



GRAFICA 11

BICARBONATOS EN AA

mg/l



GRAFICA 12

A2.1.3.3) SULFATOS

Según se muestra en la gráfica 11, los contenidos de sulfatos en el AA a lo largo del ciclo anual presentan una distribución muy irregular, de tal forma que no se distinguen tan claramente los dos periodos ya indicados en otros parámetros. Si se observa una ligera tendencia a que las concentraciones de sulfatos más bajas aparezcan cuando la fuente principal del AA son pozos y minas, mientras que las más altas se dan cuando el AA procede mayoritariamente del pantano. Ello puede atribuirse a que el límite occidental de la cuenca del pantano de Riudecanyes, en la zona de Argentera y Dosaigües, está constituido por una amplia franja de terrenos de época triásica, formación yesífera característica (39).

A2.1.3.4) FOSFATOS

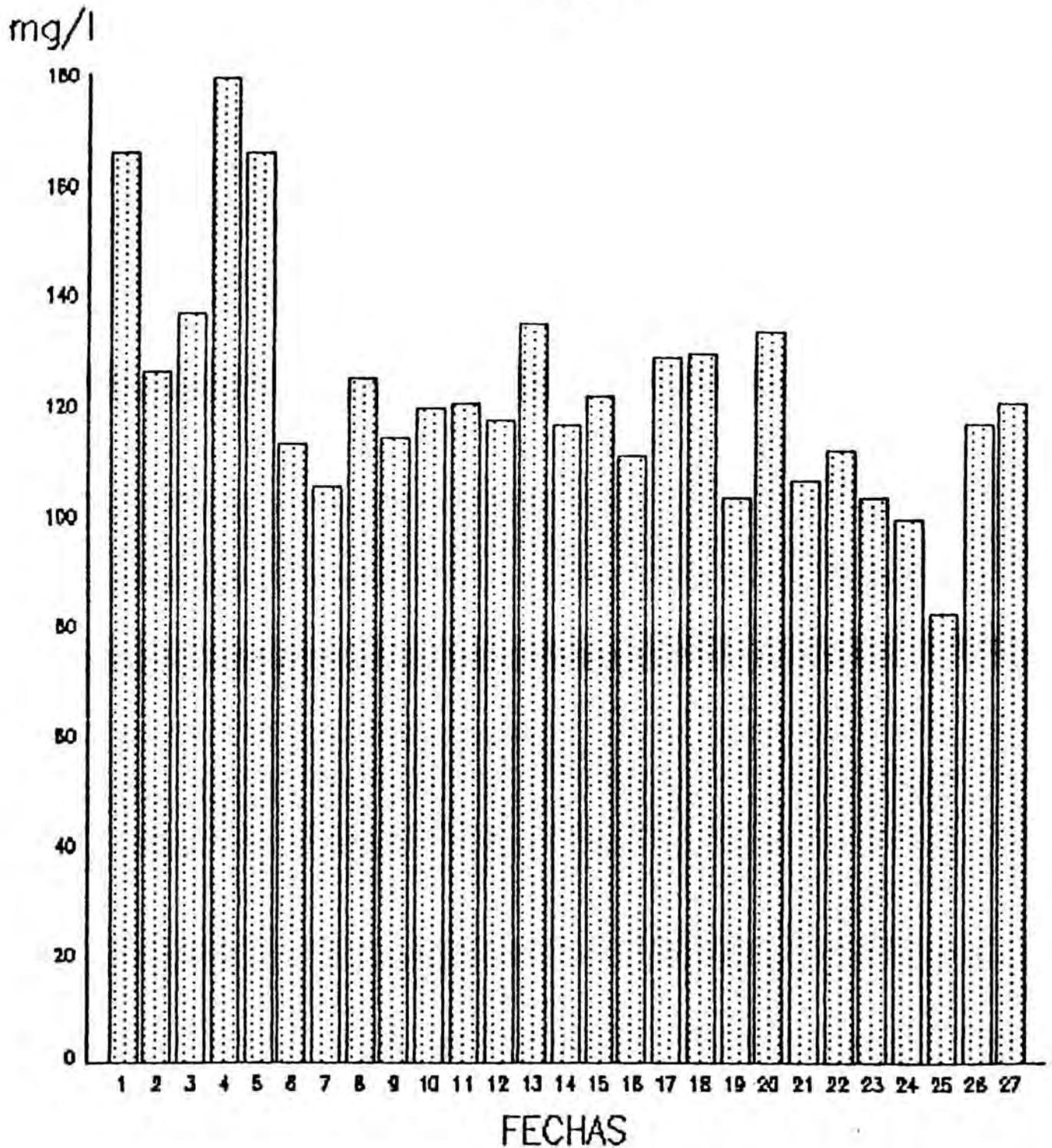
Como puede observarse en la gráfica 12, los contenidos de fosfatos en el AA son muy bajos. Aunque aparentemente estas concentraciones no parecen presentar variaciones excesivas a lo largo del ciclo anual, si consideramos valores relativos de unos datos respecto a otros, las variaciones sí llegan a ser significativas. No se diferencian, no obstante, los periodos distinguidos en otros parámetros comentados anteriormente.

A2.1.3.5) NITRATOS

La observación de la gráfica 13 que representa los valores de nitratos hallados en AA nos indica que en más del 50% de las muestras analizadas hay presencia de nitratos en concentraciones superiores a las permitidas por la reglamentación para aguas potables de consumo público que establece un límite de 50 mg/l (40). Se ha podido comprobar que esta mayor o menor presencia de nitratos en el AA se corresponde también con la procedencia de ésta, pozos y minas o pantano respectivamente.

SULFATOS EN AA

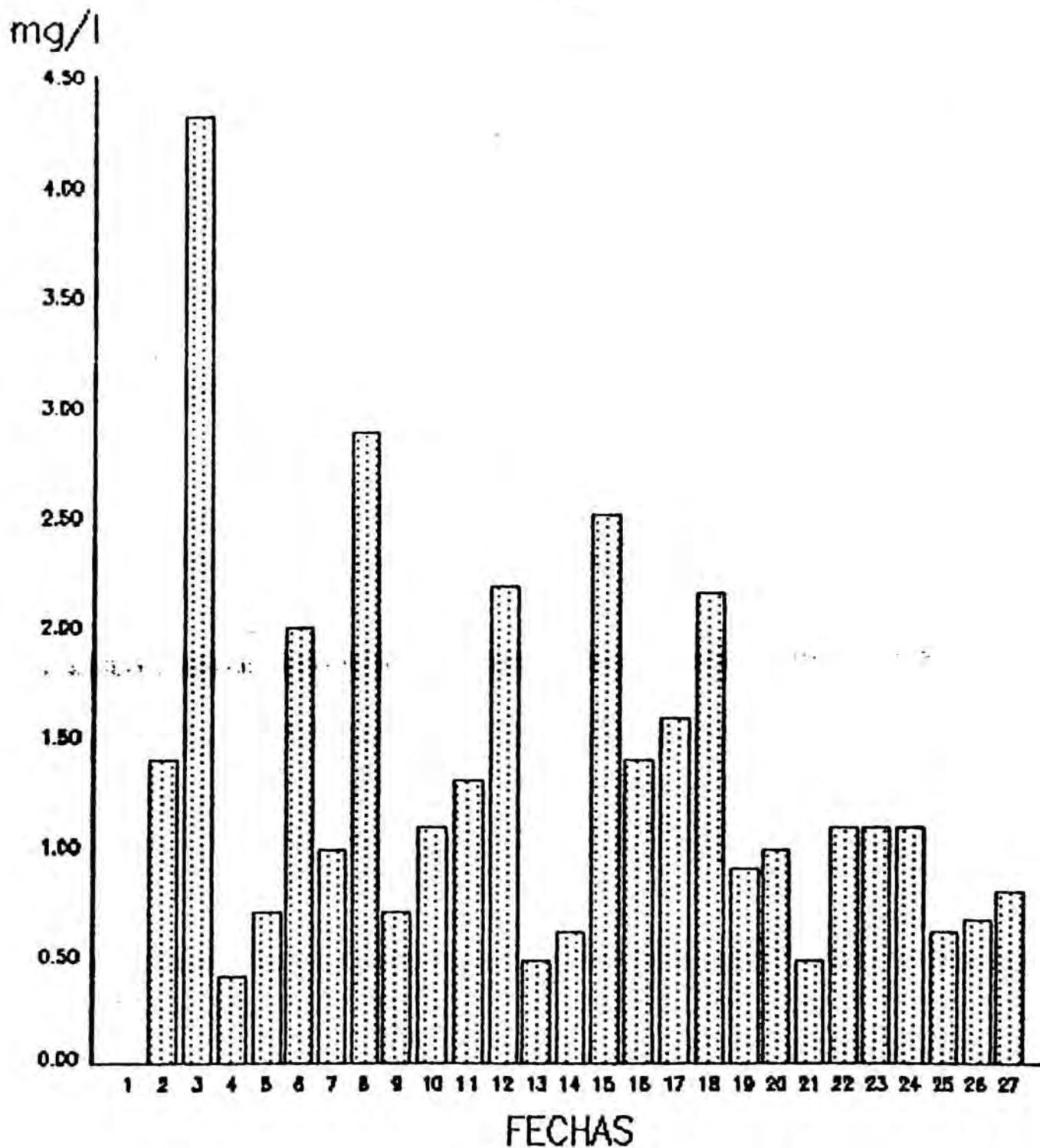
mg/l



GRAFICA 13

FOSFATOS EN AA

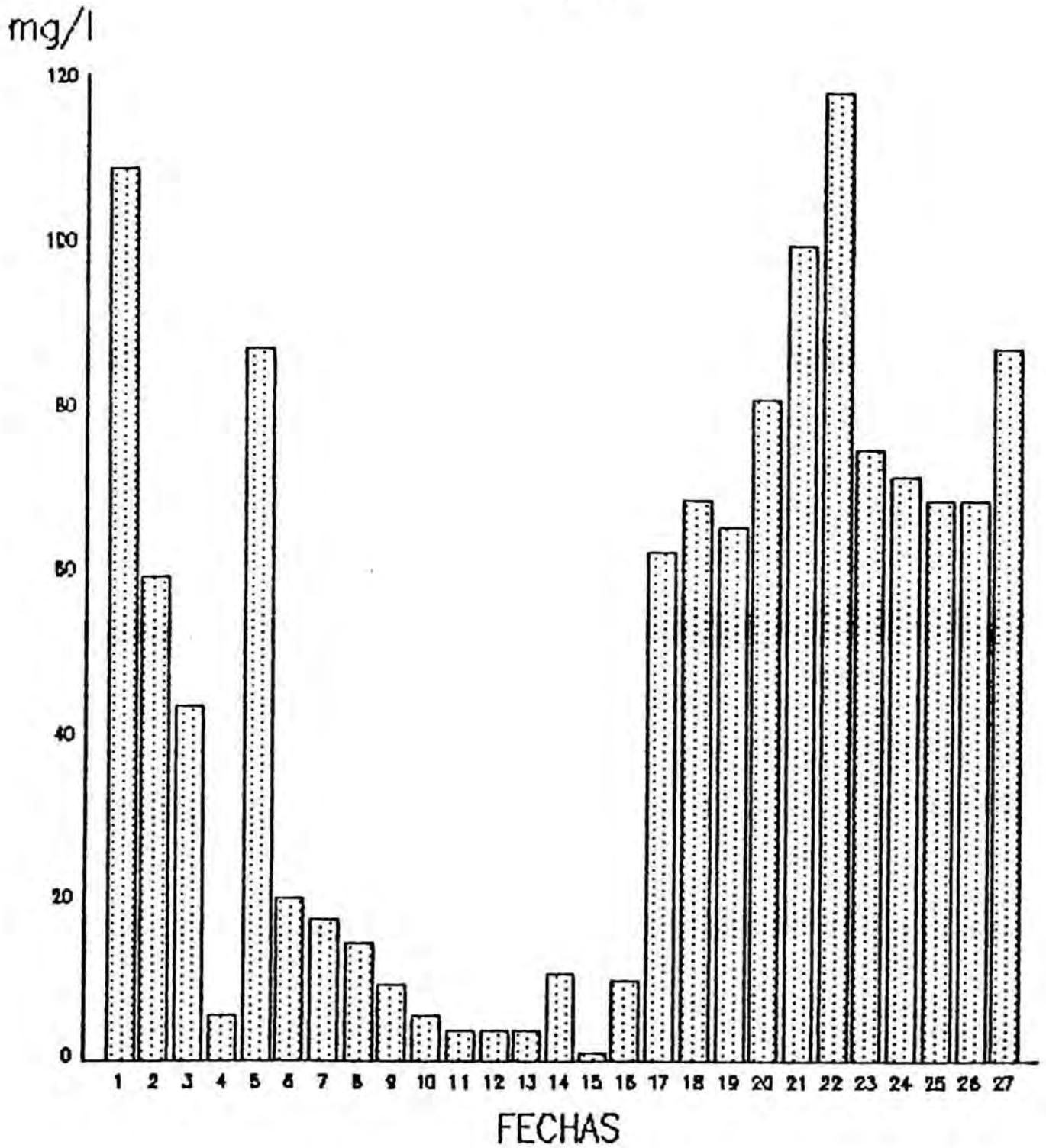
mg/l



GRAFICA 14

NITRATOS EN AA

mg/l



GRAFICA 15

Hemos calculado la proporción que cada uno de los aniones comentados representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en la mayoría de iones:

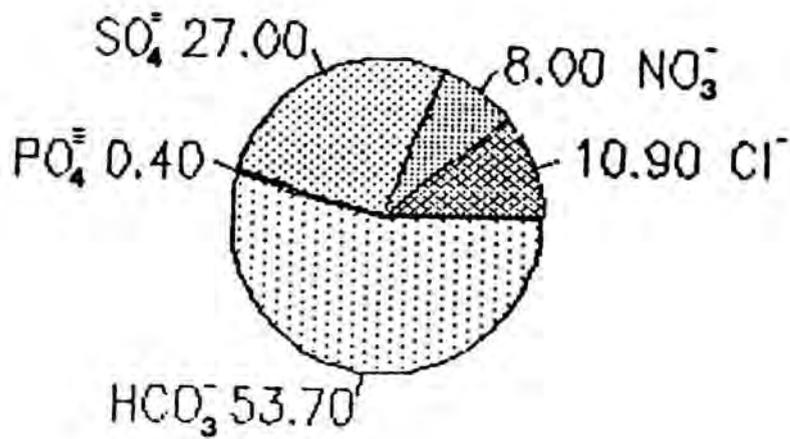
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

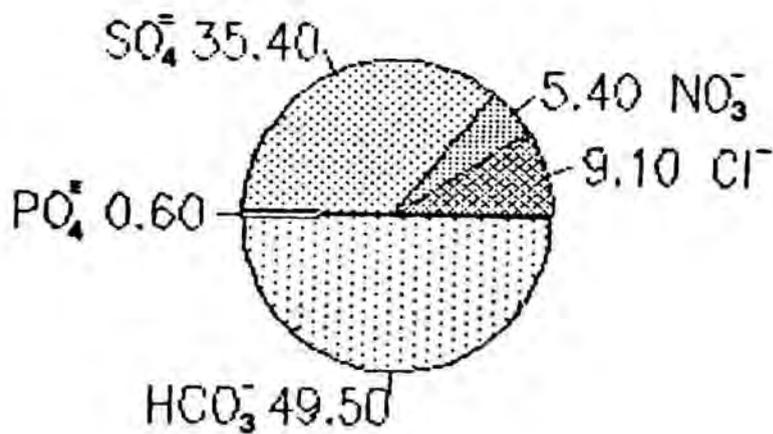
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

ANIONES EN AA

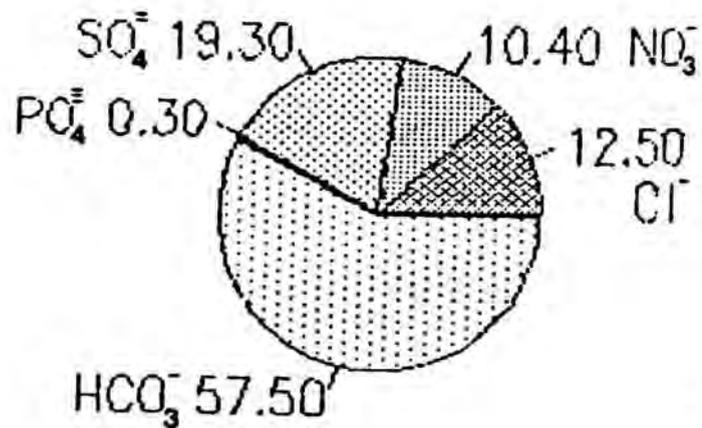
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

A2.1.4) pH

--

La representación de los valores de pH hallados en AA (gráfica 14) nos muestra dos periodos diferenciados relacionados con la procedencia de las aguas. No obstante, contrariamente a los otros parámetros anteriormente comentados, se observa en que el primer periodo hasta el 17/10/84 se presentan valores altos, excepto en las fechas 21/03 y 15/05/84; este periodo, salvo en las dos fechas indicadas, es el correspondiente a aportes del pantano de Riudecanyes. El segundo periodo, que se inicia el 31/10/84, con mayor proporción de aguas de pozos y minas, muestra valores de pH más bajos.

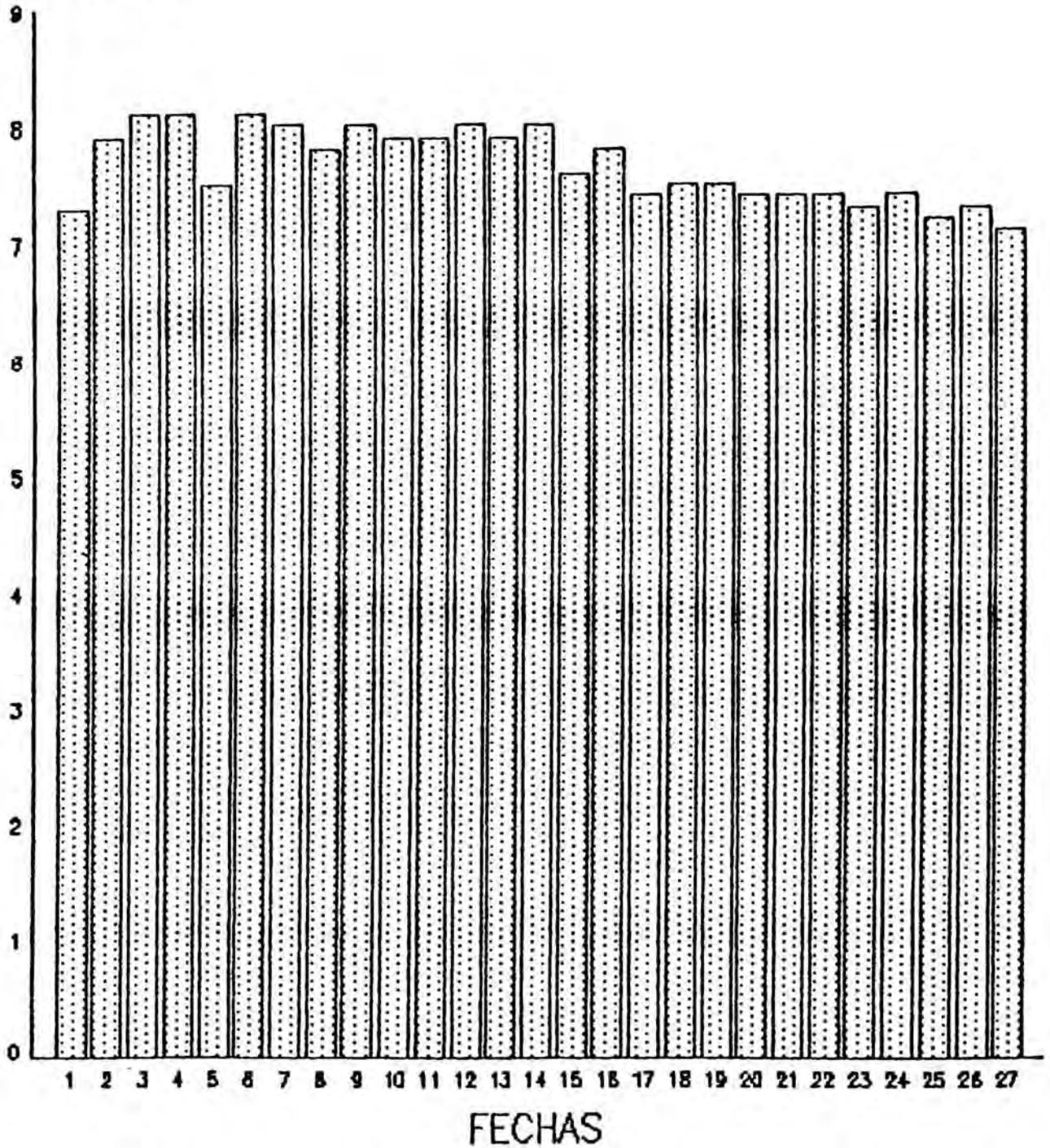
A2.1.5) D.Q.O.

Según la gráfica 15 que representa los valores de D.Q.O. en el AA, hay un 50% de las muestras analizadas que presentan una pequeña D.Q.O. ; salvo en las fechas 15/05/84 y 06/02/85 no se sobrepasan los 10 mg/l de O₂ . Esta contaminación no es significativa.

pH EN AA

Unidades de pH

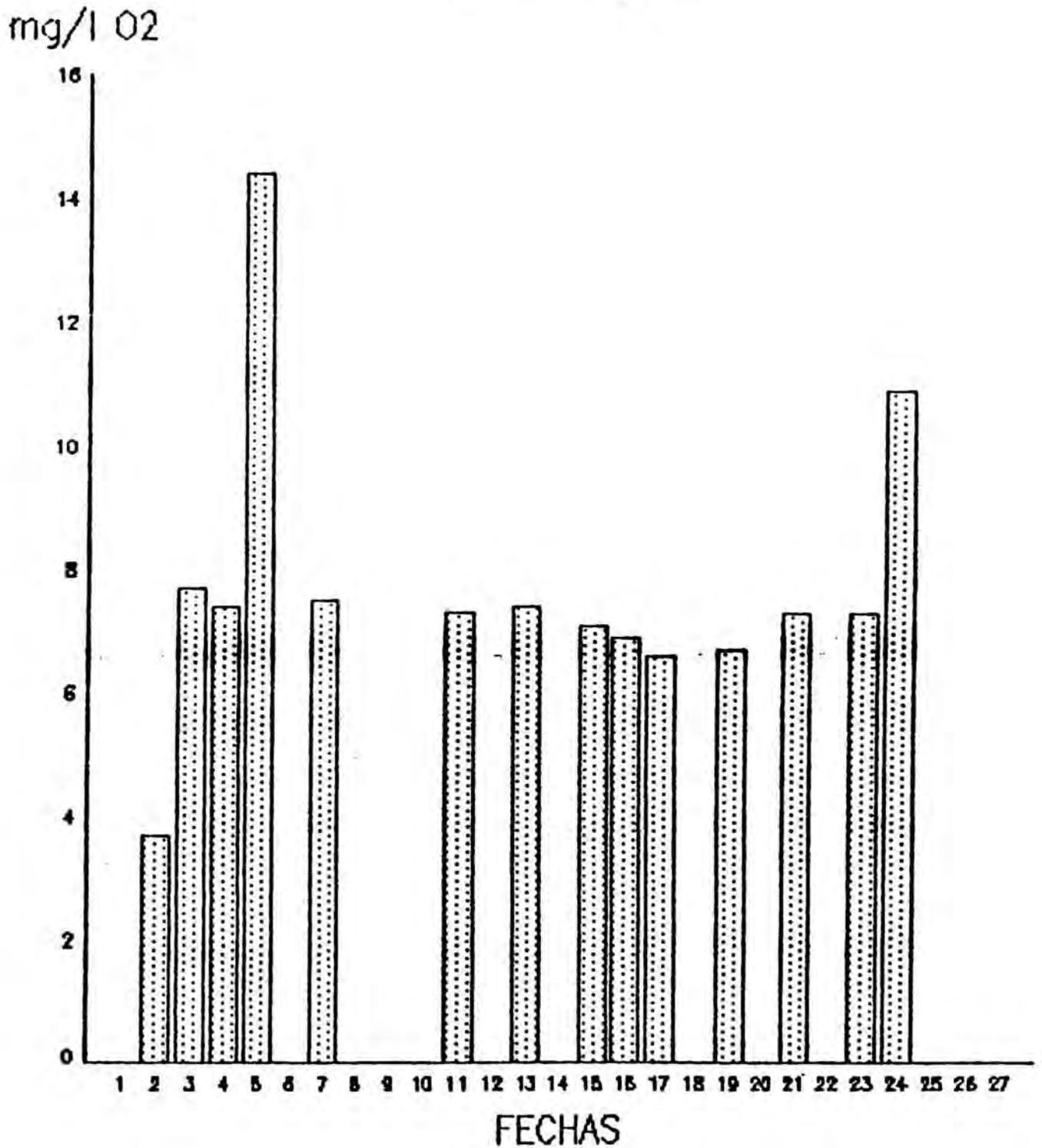
Unidades de pH



GRAFICA 17

D.Q.O. EN AA

mg/l oxígeno



GRAFICA 18

A2.1.6) Correlaciones interparamétricas en el AA

Se ha efectuado un tratamiento estadístico de todos los datos anteriores, buscando el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los distintos parámetros del AA estudiada.

Trabajando con veintisiete valores por parámetro y *microcosmos* podemos interpretar el grado de correlación entre variables de la siguiente forma:

0 - Correlación poco significativa para:
 $r < 0.38$

1 - Correlación significativa al 5 % para:
 $0.38 < r < 0.49$

2 - Correlación significativa al 1 % para:
 $0.49 < r < 0.60$

3 - Correlación significativa al 0.1 % para:
 $r > 0.60$

Los valores negativos indican que la correlación es inversa.

En la tabla 3 se indican los coeficientes de correlación existentes entre parámetros dentro del AA y su grado de significación. Habiendo excluido el amonio por no ser detectado en el agua, podemos decir que de las sesenta y seis posibles combinaciones interparamétricas en ambos sentidos (por ejemplo conductividad - sodio y sodio - conductividad), se dan veintisiete casos de correlaciones altamente significativas; dicho de otra forma, las variaciones de uno de los parámetros vienen explicadas en su mayor parte por las variaciones del otro. Hay que hacer notar que de estas correlaciones cinco son negativas; en todas ellas está implicado el pH. De las restantes correlaciones, una es medianamente significativa y otra es poco significativa.

Ello confirma las observaciones efectuadas con anterioridad sobre los valores hallados para cada parámetro a lo largo del ciclo anual. En dichas observaciones, hicimos hincapie en que se producía un comportamiento similar, debido a la procedencia del AA, para la conductividad, el sodio, el calcio, el magnesio, los cloruros, los bicarbonatos y los nitratos, y un comportamiento opuesto en el caso del pH.

TABLA 3:
CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL AA

	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.O.
Conduct.	1.00												
Sodio	0.98	1.00											
Potasio	0.28	0.33	1.00										
Calcio	0.93	0.94	0.21	1.00									
Magnesio	0.84	0.85	0.53	0.69	1.00								
Amonio	-	-	-	-	-	-							
Cloruros	0.98	0.99	0.37	0.91	0.87	-	1.00						
Bicarb.	0.92	0.93	0.24	0.95	0.70	-	0.89	1.00					
Sulfatos	-0.09	-0.07	0.10	-0.13	0.17	-	-0.01	-0.34	1.00				
Fosfatos	-0.36	-0.35	0.21	-0.36	-0.14	-	-0.34	-0.30	-0.05	1.00			
Nitratos	0.93	0.95	0.42	0.84	0.91	-	0.96	0.82	0.01	-0.28	1.00		
pH	-0.91	-0.89	-0.11	-0.23	-0.70	-	-0.89	-0.88	0.18	0.31	-0.24	1.00	
D.Q.O.	0.73	0.02	0.00	-0.06	0.05	-	0.05	-0.18	-0.22	-0.22	0.05	-0.22	1.00

SIGNIFICACION DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION

	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.O.
Conduct.	*												
Sodio	3	*											
Potasio	0	0	*										
Calcio	3	3	0	*									
Magnesio	3	3	2	3	*								
Amonio	-	-	-	-	-	-							
Cloruros	3	3	0	3	3	-	*						
Bicarb.	3	3	0	3	3	-	3	*					
Sulfatos	0	0	0	0	0	-	0	0	*				
Fosfatos	0	0	0	0	0	-	0	0	0	*			
Nitratos	3	3	1	3	3	-	3	3	0	0	*		
pH	-3	-3	0	0	-3	-	-3	-3	0	0	0	*	
D.Q.O.	3	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	*

NUMERO DE CORRELACIONES SEGUN GRADO DE SIGNIFICACION

Grado de significación	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.O.
3	7	6	0	6	6	-	6	6	0	0	6	1	1
2	0	0	1	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	-	0	0	0	0	1	0	0
0	3	4	9	5	3	-	4	4	11	11	4	5	10
-1	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
-2	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0
-3	1	1	0	0	1	-	1	1	0	0	0	5	0

En resumen, podemos decir:

1. El AA de Reus es de salinidad media a alta, en función de su procedencia (pantano o pozos y minas); es utilizable para riego sin problemas, siendo su calidad de buena (C2S1) a mediocre (C3S1).
2. Su contenido en nitratos puede llegar a hacer dudosa la potabilidad de esta agua en las épocas del año en que procede de pozos y minas.
3. Debido a su concentración en calcio y magnesio, el AA es una agua dura.

A2.2 - SUBMATRIZ AGUA RESIDUAL DEPURADA

Constituida por el Agua Residual Depurada procedente de la planta depuradora de Reus cuyas características técnicas vienen expuestas en el anexo V.

Se han determinado en esta agua los mismos parámetros que en el AA; los valores obtenidos que se encuentran en el anexo VI se comentarán por separado a continuación.

La media (\bar{x}), el valor máximo (máx), el mínimo (mín) y la desviación estándar (S) de los valores correspondientes a cada parámetro se indican en la tabla 4.

TABLA 4:
VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES
ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS
EN EL ARD

<u>CONDUCTIVIDAD</u> (MicroS/cm)		<u>CALCIO</u> (mg/l)		<u>SODIO</u> (mg/l)	
\bar{x} = 1624.96	\bar{x} = 90.04	\bar{x} = 145.68			
S = 196.66	S = 22.92	S = 19.59			
máx = 1973.00	máx = 137.47	máx = 189.98			
mín = 1254.00	mín = 42.48	mín = 107.41			
<hr/>					
<u>POTASIO</u> (mg/l)		<u>MAGNESIO</u> (mg/l)		<u>NITRATOS</u> (mg/l)	
\bar{x} = 21.52	\bar{x} = 30.89	\bar{x} = 6.66	\bar{x} = 59.16		
S = 4.07	S = 5.53	S = 3.47	S = 16.16		
máx = 35.97	máx = 50.81	máx = 14.90	máx = 97.10		
mín = 16.11	mín = 23.46	mín = 2.50	mín = 29.00		
<hr/>					
<u>FOSFATOS</u> (mg/l)		<u>CLORUROS</u> (mg/l)		<u>SULFATOS</u> (mg/l)	
\bar{x} = 54.32	\bar{x} = 121.13	\bar{x} = 141.38			
S = 7.38	S = 15.57	S = 30.34			
máx = 68.20	máx = 170.51	máx = 219.50			
mín = 35.68	mín = 92.52	mín = 79.25			
<hr/>					
<u>BICARBONATOS</u> (mg/l)		<u>pH</u> (unidades)		<u>DQO</u> (mg/l O ₂)	
\bar{x} = 562.28	\bar{x} = 7.70	\bar{x} = 104.32			
S = 119.13	S = 0.10	S = 49.68			
máx = 797.27	máx = 7.90	máx = 225.40			
mín = 360.51	mín = 7.50	mín = 41.70			
<hr/>					

A2.2.1) Salinidad

Al igual que para el AA, estudiaremos en el ARD por una parte los valores de conductividad y por otra los índices SAR y SAR aj.

Conductividad

Considerando la gráfica 18 vemos que es más difícil establecer dos períodos diferenciados como hemos hecho para el AA. De todas formas se observa que, en fechas anteriores al 31/10/84, los valores de conductividad son, por regla general, menos elevados que a partir de esta fecha, a pesar de existir variaciones tanto en un período como en otro, probablemente debido a vertidos contaminantes.

Para conocer a qué tipo de agua de riego corresponde el ARD estudiada, utilizamos la clasificación de Richards del U.S. Salinity Laboratory para la conductividad:

Tipo de agua para riego	Conductividad (microSiemens/cm)	Indice
De baja salinidad	< 250	C ₁
De salinidad media	250 - 750	C ₂
De salinidad alta	750 - 2250	C ₃
De salinidad muy alta	>2250	C ₄

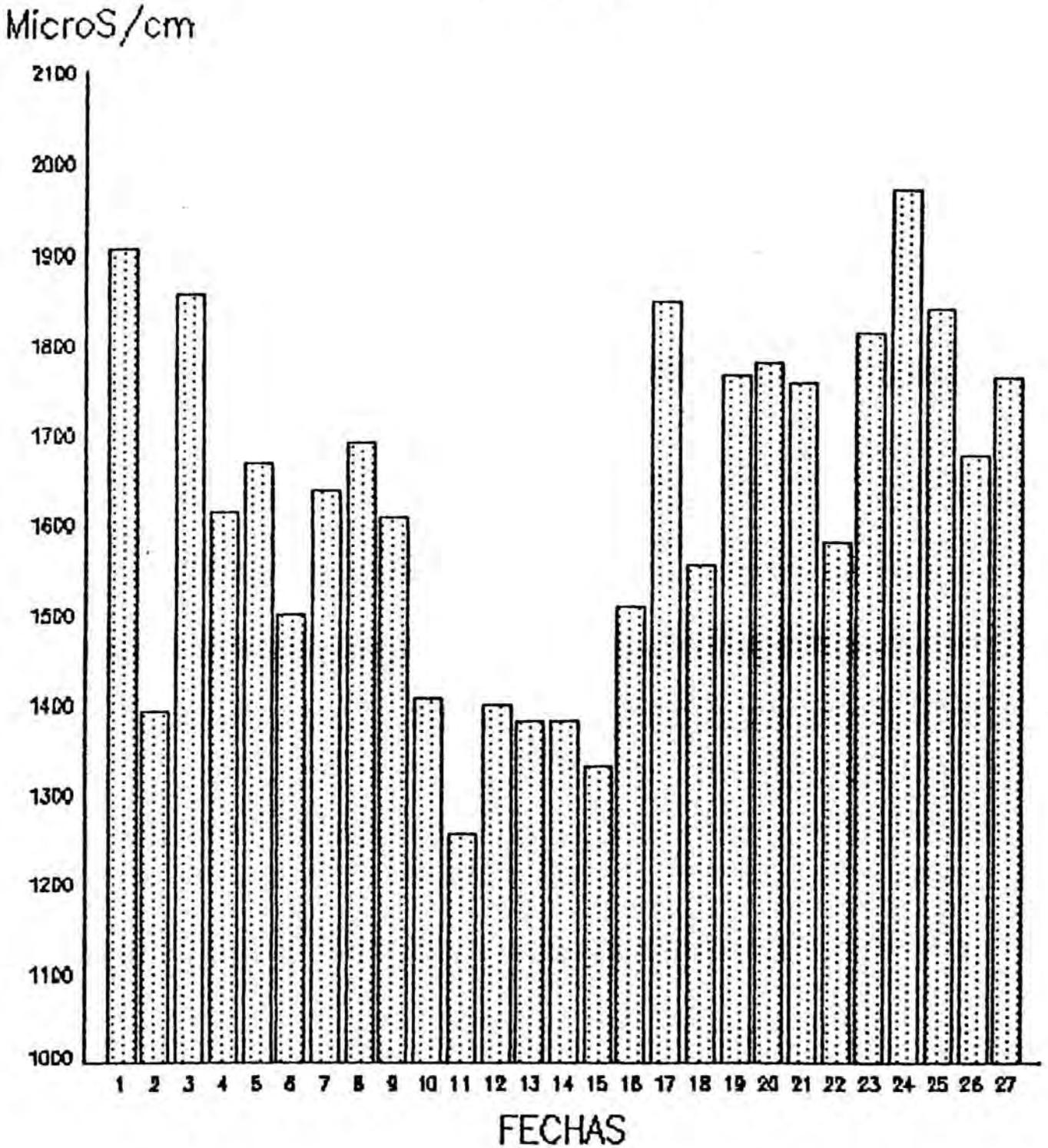
De las 27 muestras de ARD analizadas, se ha calculado el porcentaje incluido en cada tipo:

Indice	ARD
C ₁	0 %
C ₂	0 %
C ₃	100 %
C ₄	0 %

El 100 % de las muestras se incluye dentro del grupo de aguas altamente salinas, es decir con peligro de causar problemas a la hora de su empleo para el riego.

CONDUCTIVIDAD EN ARD

MicroS/cm



GRAFICA 19

Indices SAR y SARaj

Hemos considerado conveniente tener en cuenta también los índices SAR y SARaj, cuyos valores vienen representados gráficamente en las gráficas 19 y 20.

Indice SAR

La clasificación más utilizada para conocer el tipo de agua de riego es la de Richards basada en el SAR y la conductividad y para la que se emplea un diagrama en el que se establecen dieciseis clases de agua, tal como se muestra en la figura 18.

Agrupando los 27 valores obtenidos según los diagramas correspondientes, se ha confeccionado el cuadro siguiente:

Indice	C3S1
ARD	27

Según el cuadro anterior podemos clasificar las muestras de ARD analizadas como de mediocre calidad para el riego (C3S1).

Indice SARaj

Según el SARaj, las muestras de ARD pueden clasificarse de la siguiente forma:

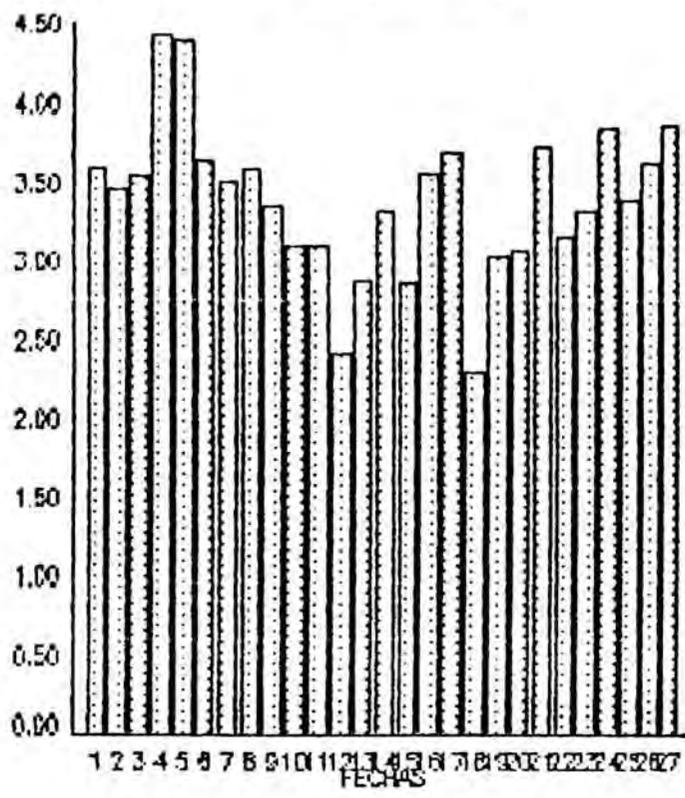
Tipo de agua para riego	SARaj	Indice
Utilizable sin problemas	<6	A
Utilizable con problemas crecientes	6 - 9	B
No utilizable	>9	C

De las 27 muestras de ARD analizadas, el porcentaje incluido en cada grupo es:

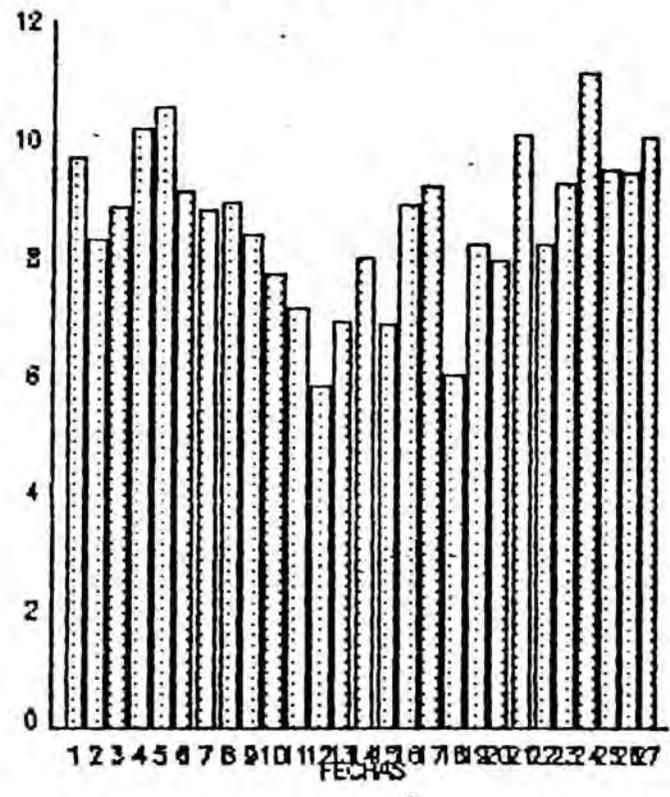
Indice	ARD
A	7.4 %
B	51.9 %
C	40.7 %

Considerando el cuadro anterior tenemos que un 7.4 % de las muestras de ARD es "utilizable sin problemas", un 51.9 % es "utilizable con problemas crecientes" y un 40.7 % es "no utilizable para el riego.

SAR EN ARD

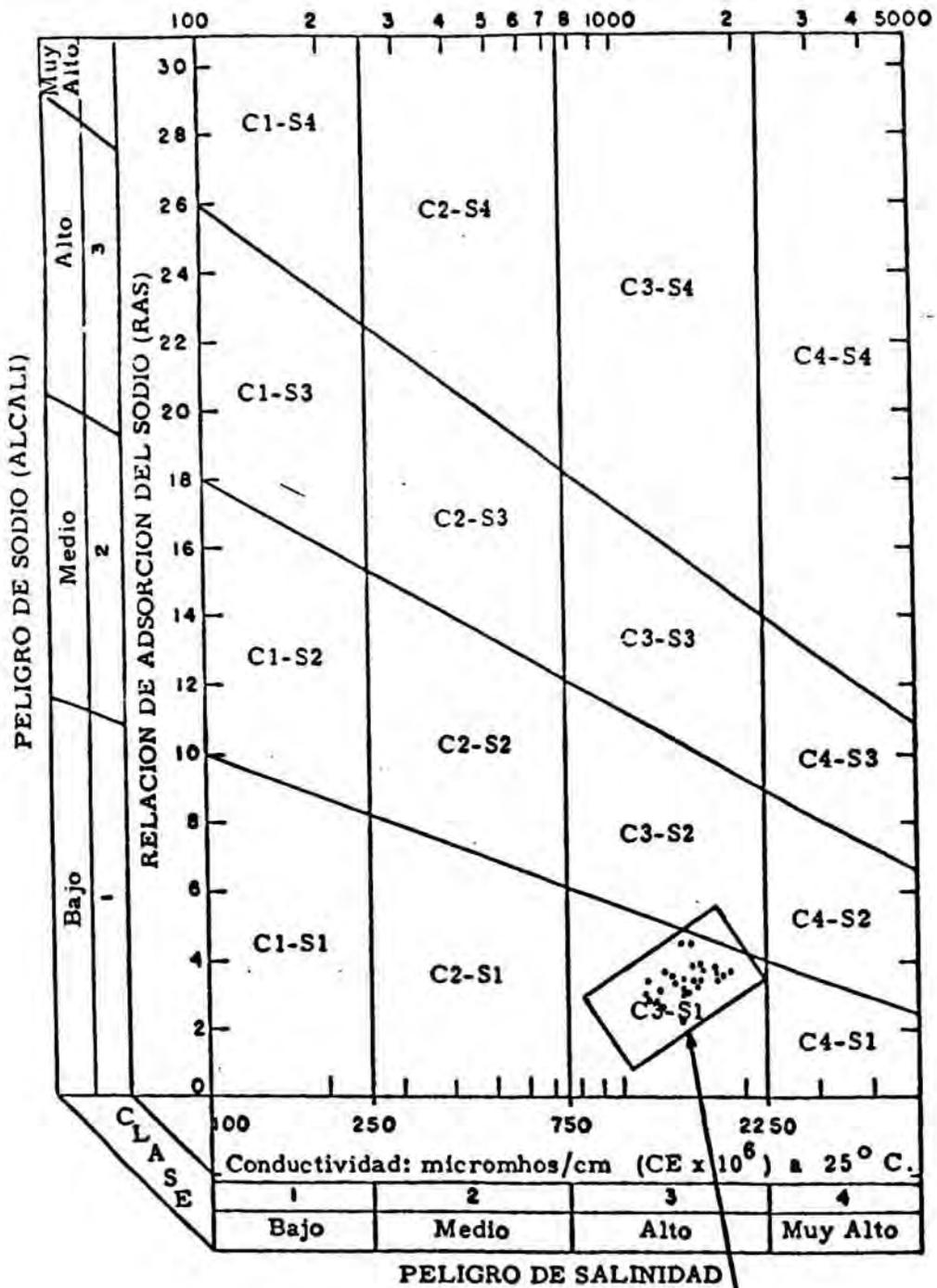


SARaj EN ARD



GRAFICA 20

ARD



—Normas de Riverside. Diagrama para la clasificación de aguas de riego. (U. S. Soil Salinity Laboratory).

SITUACION DE LOS PUNTOS

GRAFICA 21

A2.2.2) Cationes

Seguidamente estudiaremos los cationes:

- Sodio
- Potasio
- Calcio
- Magnesio
- Amonio
- Metales pesados (Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Pb, Fe, Ni y Zn)

A2.2.2.1) SODIO

En la gráfca 22 vienen representados los valores de sodio hallados a lo largo del ciclo anual en el AA . Podemos ver que no se distinguen dos períodos definidos como para el AA. Se presenta una distribución de los contenidos de sodio totalmente irregular. El contenido medio en sodio del ARD es 4.5 veces superior al del AA.

A2.2.2.2) POTASIO

Según se desprende de la gráfica 23, existe una gran variación en los contenidos de potasio de las muestras analizadas, no pudiéndose encontrar una relación con la época del año o el origen de las aguas. Podemos comprobar que la concentración de potasio del ARD es aproximadamente 10 veces superior que la del AA.

A2.2.2.3) CALCIO

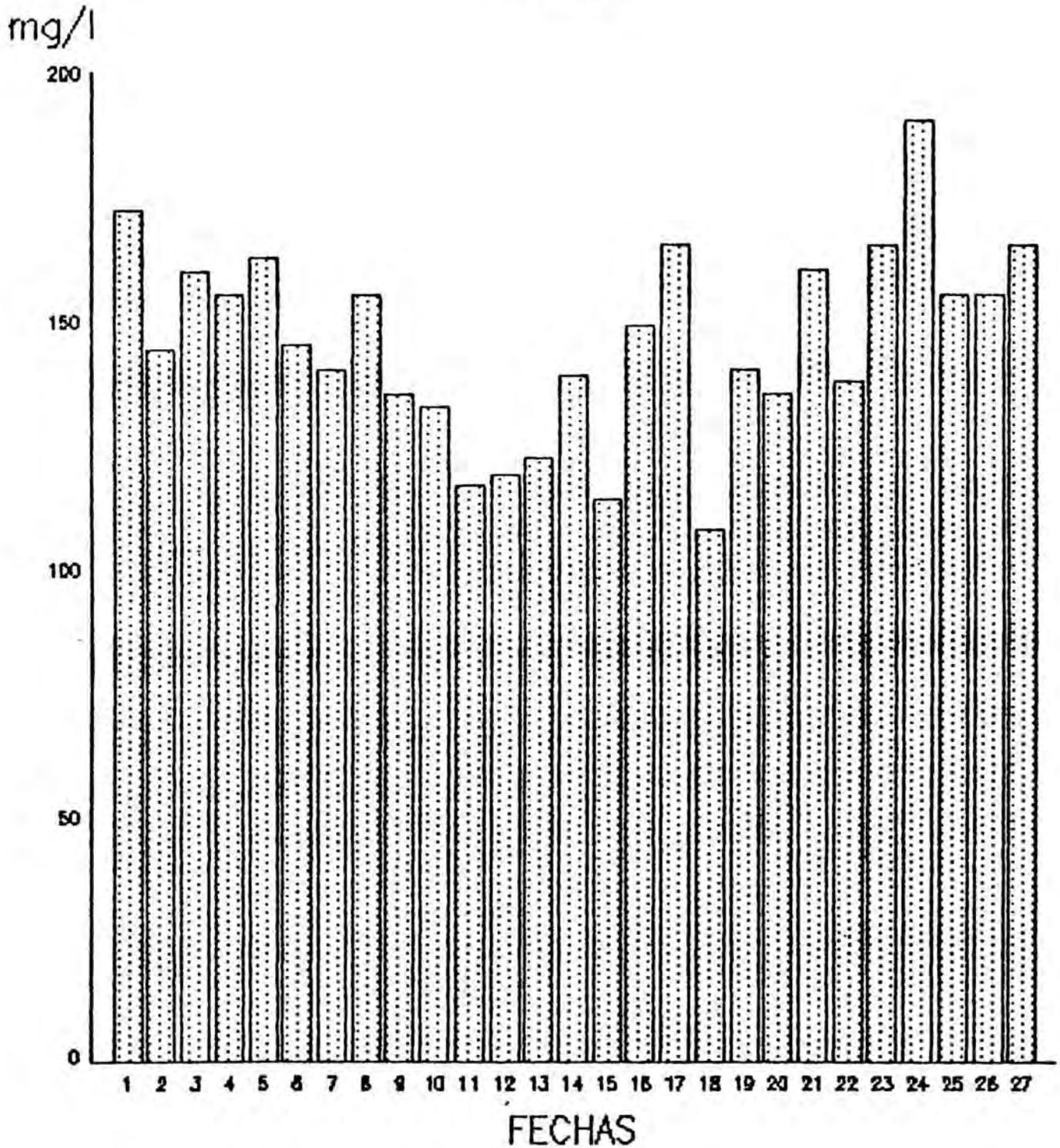
El contenido en calcio de las muestras de ARD analizadas a lo largo del ciclo anual presenta, tal como puede verse en la gráfica 24, un comportamiento más irregular que en el de las de AA; a pesar de ello y eliminando el punto en fecha 21/08/84 pueden diferenciarse dos períodos de tiempo, uno que va desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84 y otro, a partir del 31/10/84 hasta el final de la experiencia , en que se obtienen unos valores ligeramente más altos que en el primer período.

A2.2.2.4) MAGNESIO

Tal como puede verse en la gráfica 25, no se producen variaciones estacionales demasiado acentuadas en los contenidos en magnesio durante el ciclo anual, salvo en algunos puntos.

SODIO EN ARD

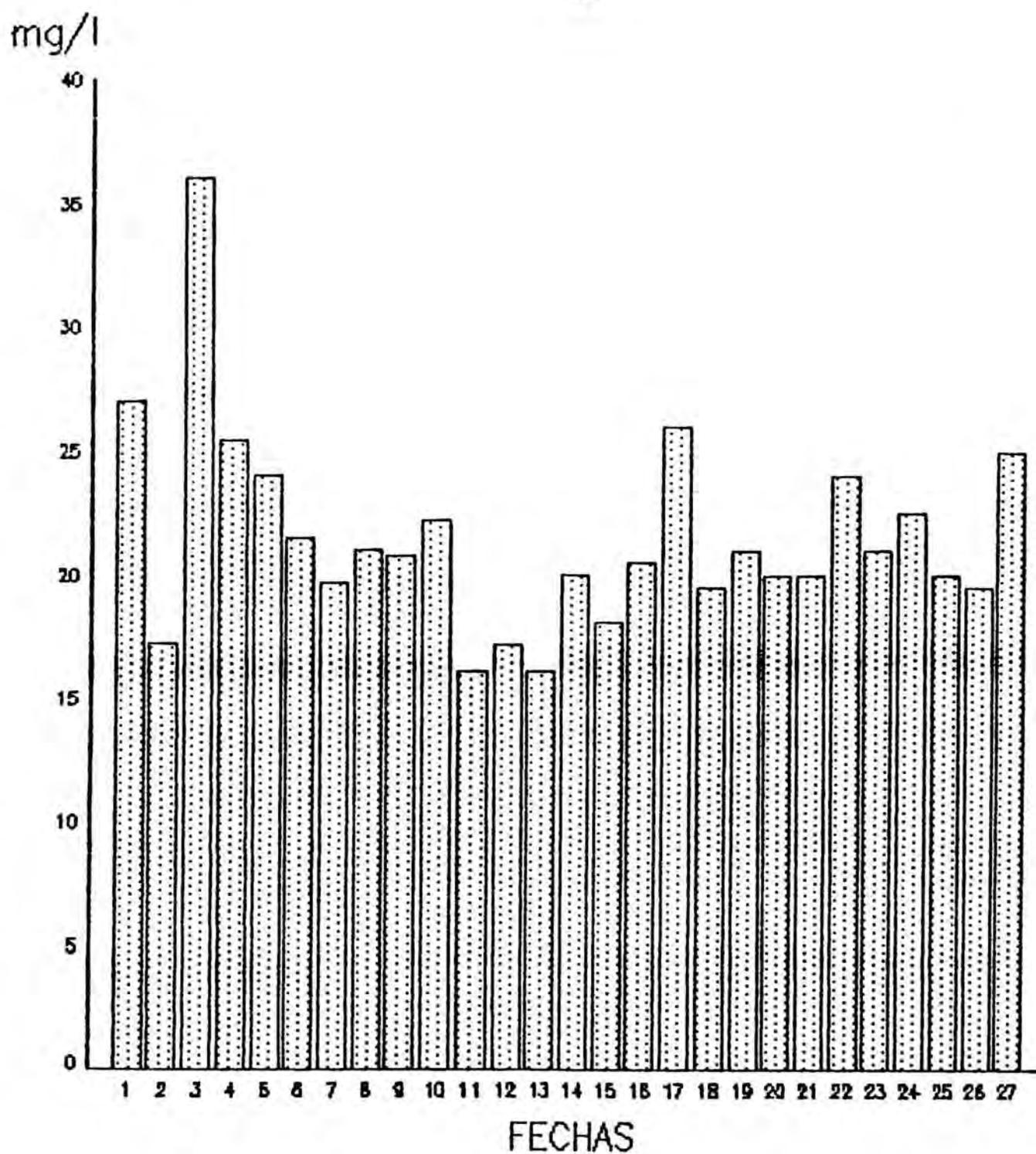
mg/l



GRAFICA 22

POTASIO EN ARD

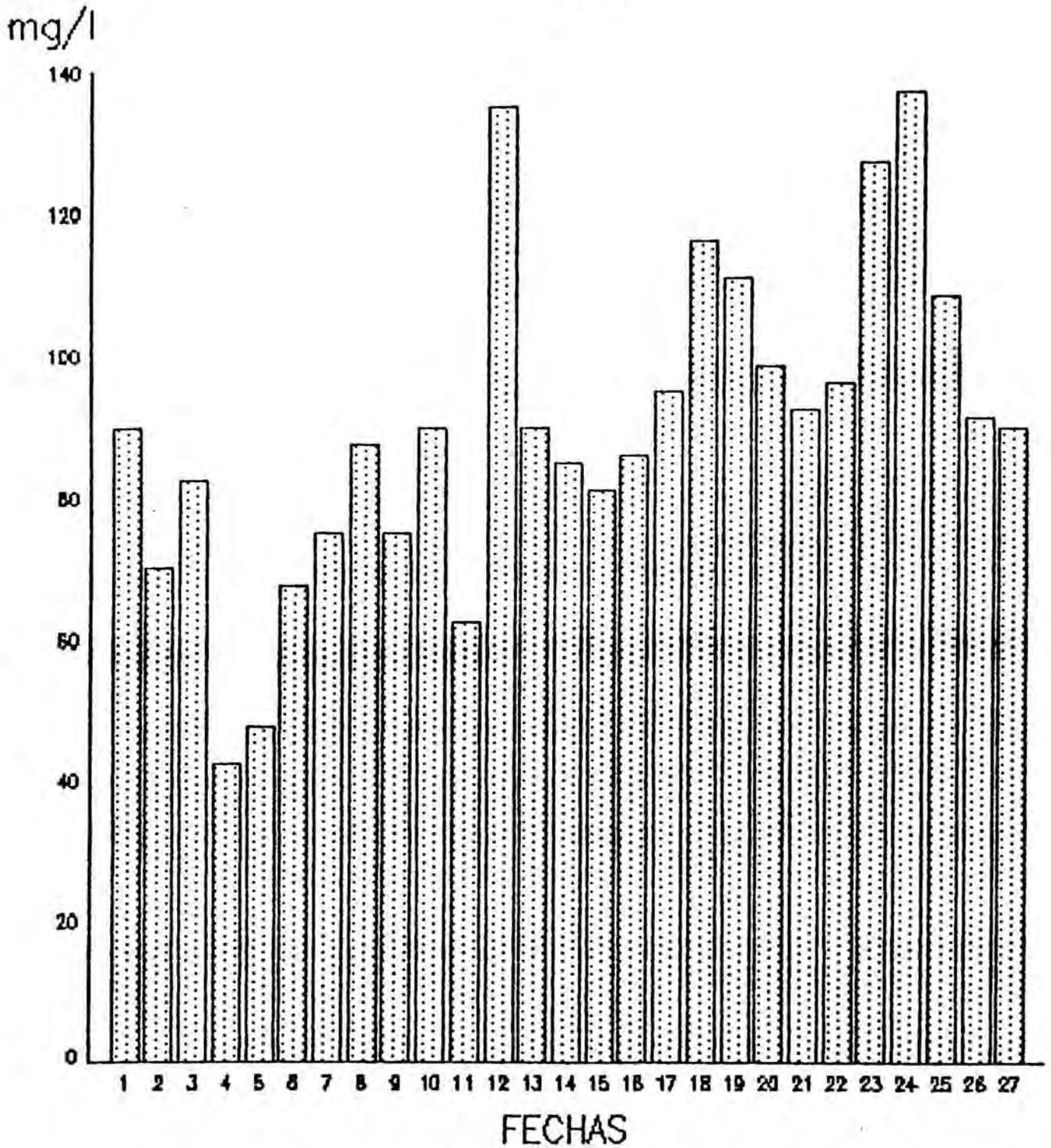
mg/l



GRAFICA 23

CALCIO EN ARD

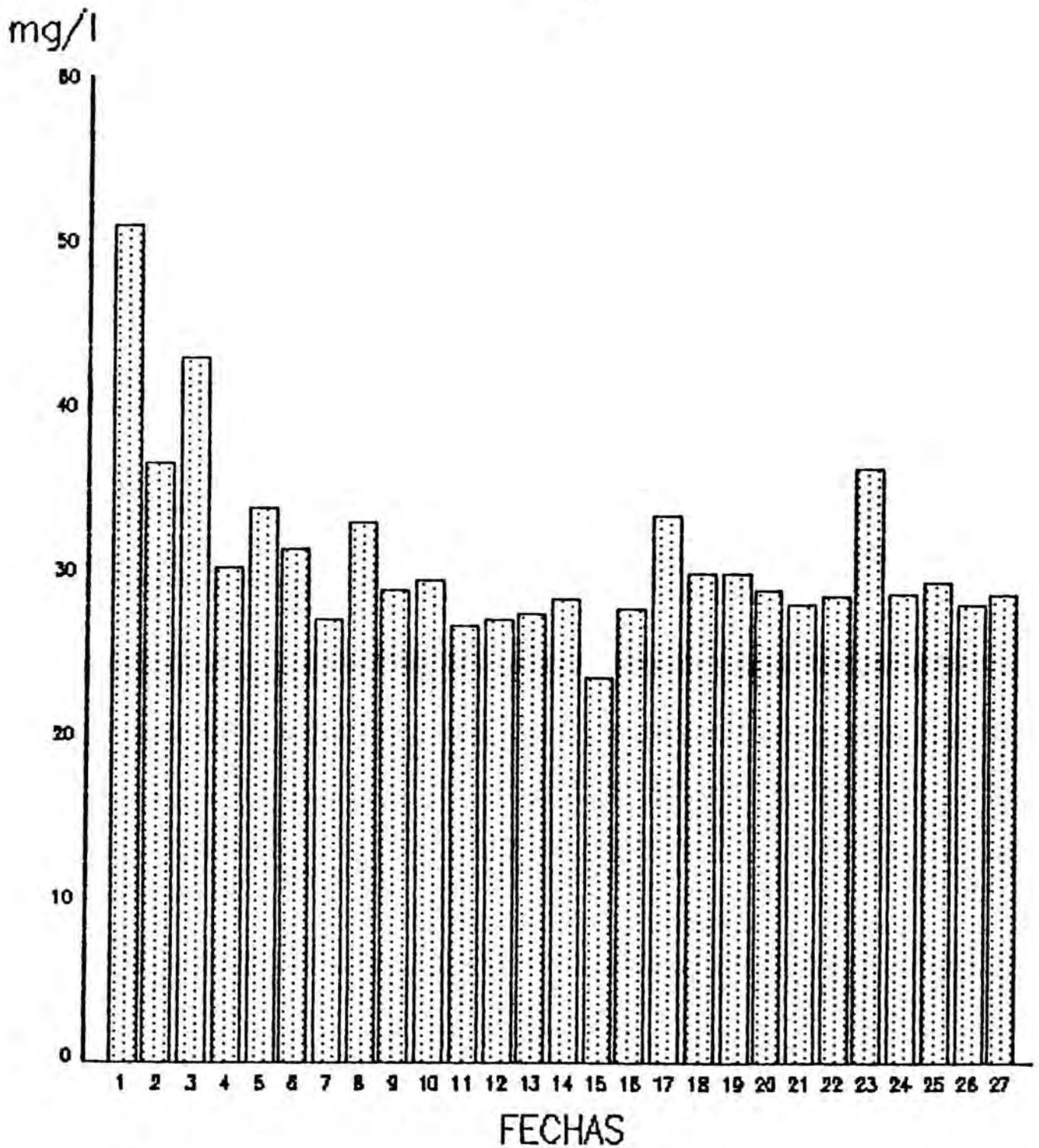
mg/l



GRAFICA 24

MAGNESIO EN ARD

mg/l



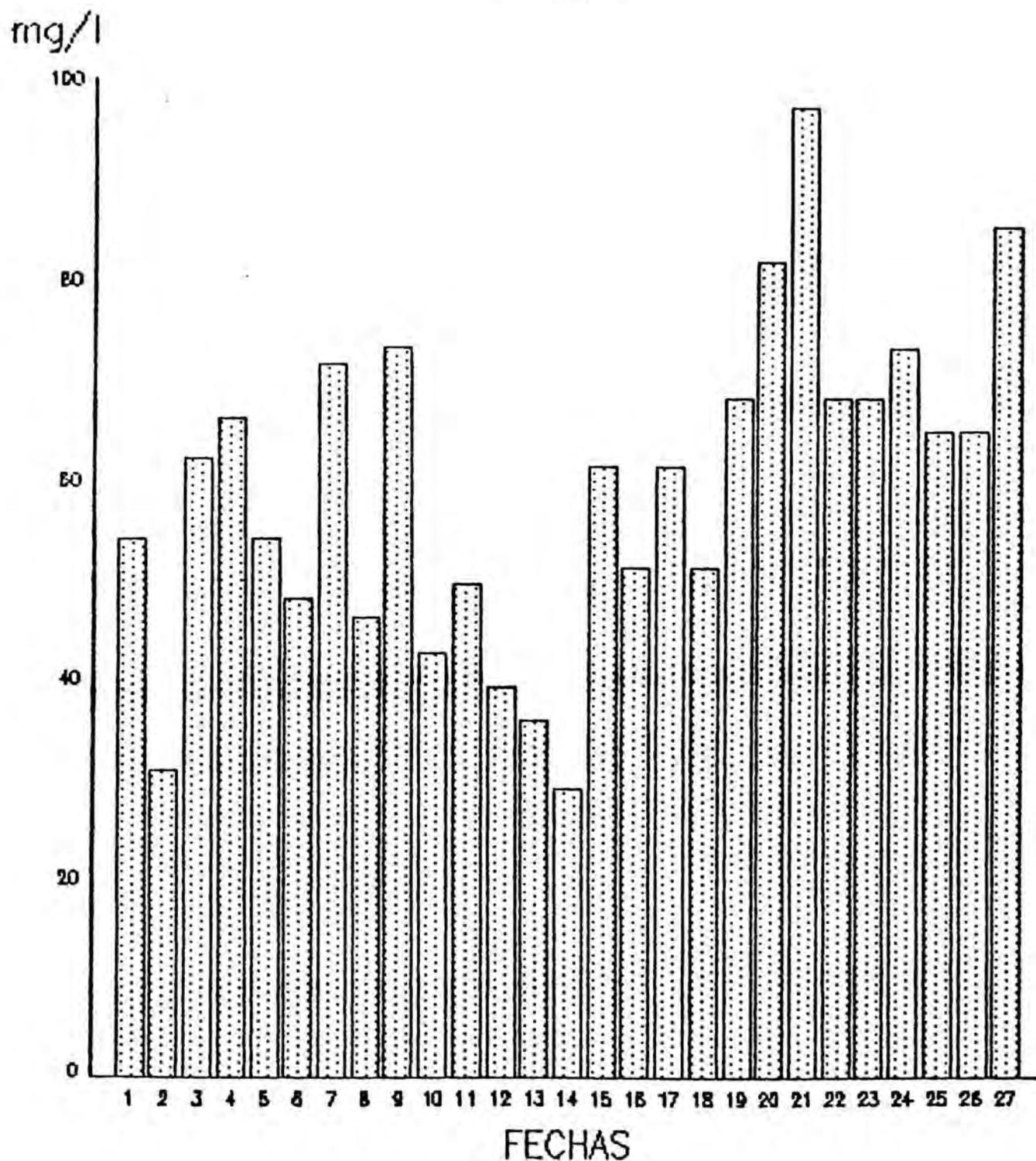
GRAFICA 25

A2.2.2.5) AMONIO

No se observa ninguna variación estacional en los valores de amonio en el ARD según la gráfica 26, aunque sí existe una gran irregularidad entre ellos. La gran diferencia que se presenta entre el ARD y el AA en cuanto al contenido en nitrógeno-amónico es su no presencia en esta última. El ARD es, por tanto, una fuente no desdeñable de nitrógeno respecto al AA.

AMONIO EN ARD

mg/l



GRAFICA 26

Hemos calculado la proporción que cada uno de los cationes comentados representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en la mayoría de iones:

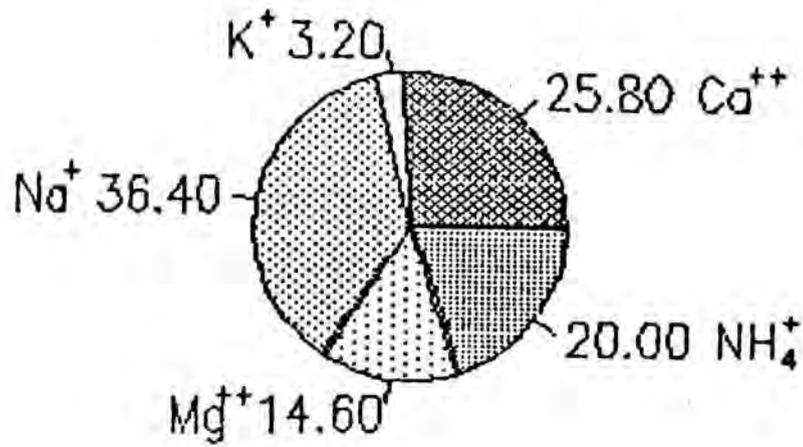
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

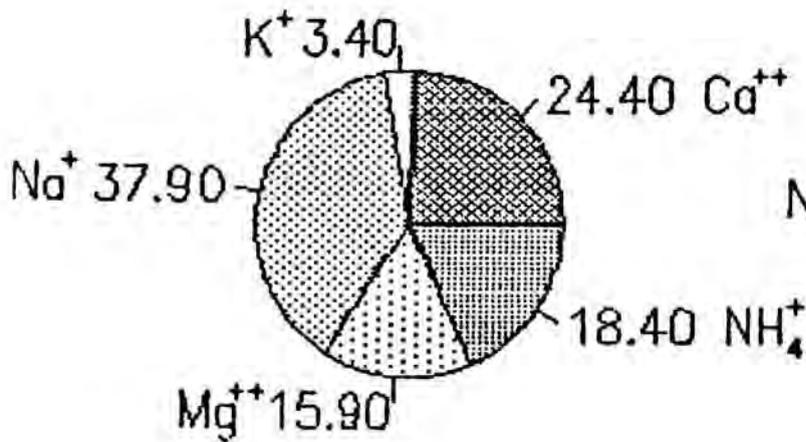
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

CATIONES EN ARD

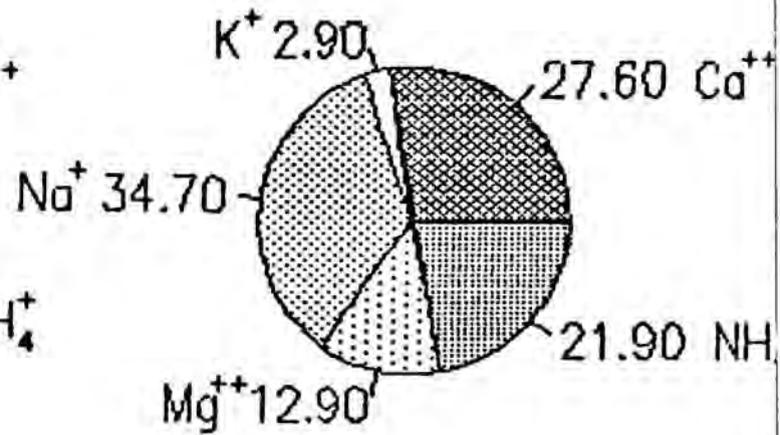
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

A2.2.2.6) METALES PESADOS

Con objeto de controlar la posible variación de la calidad del ARD en cuanto a su contenido en metales pesados, efectuamos una toma de muestras de agua diaria durante cuatro semanas. De esta manera podíamos ver si se producían vertidos incontrolados en el agua que llega a la depuradora en algún día determinado de la semana. Se comprobó que la variación diaria era mínima y que se podía elegir un día fijo para la toma de muestras de ARD semanal.

Los metales pesados determinados en el presente trabajo son: cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc. Según los resultados obtenidos, podemos distinguir tres grupos de metales.

Grupo 1 : Aquellos metales pesados que, si existen, están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica.

Límite de detección (mg/l)	
Cd	0.0005
Cu	0.001
Mn	0.001
Pb	0.01

Grupo 2 : Aquellos metales pesados que, en la mayoría de las muestras, si existen están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica. No obstante, en algunas de las muestras valoradas, su concentración llega a ser detectada por el aparato, aunque a un nivel muy cercano al límite. Seguidamente se indican las fechas en que se han presentado trazas de estos metales en el ARD analizada.

	Límite de detección (mg/l)	Fechas
Co	0.006	02/05/84
Cr	0.002	26/03/85
Fe	0.003	22/01,06/02,19/02/85
Ni	0.004	10/07,31/10/84-22/01,06/02,26/03/85

Grupo 3 : Aquellos metales que se presentan en todas las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas.

	Límite de detección (mg/l)	Valores	Fecha
Zn	0.0008	Máx: 0.21 Mín: <1d.	26/03/85 07/08/84 21/08/84

A2.2.3) Aniones

Los aniones que estudiaremos a continuación son:

- Cloruros
- Carbonatos-Bicarbonatos
- Sulfatos
- Fosfatos
- Nitratos.

A2.2.3.1) CLORUROS

Según puede comprobarse en la gráfica 27, no se observa, como sucedía con el AA, una división clara en dos periodos de tiempo; los valores son irregulares de una fecha a otra. Hay que reseñar que el contenido medio en cloruros del ARD es más de tres veces superior al del AA.

A2.2.3.2) CARBONATOS-BICARBONATOS

No se ha hallado presencia de carbonatos en el ARD.

Al igual que con los demás parámetros estudiados anteriormente, se observan variaciones notables entre valores de una fecha a otra tal como viene representado en la gráfica 28.

A2.2.3.3) SULFATOS

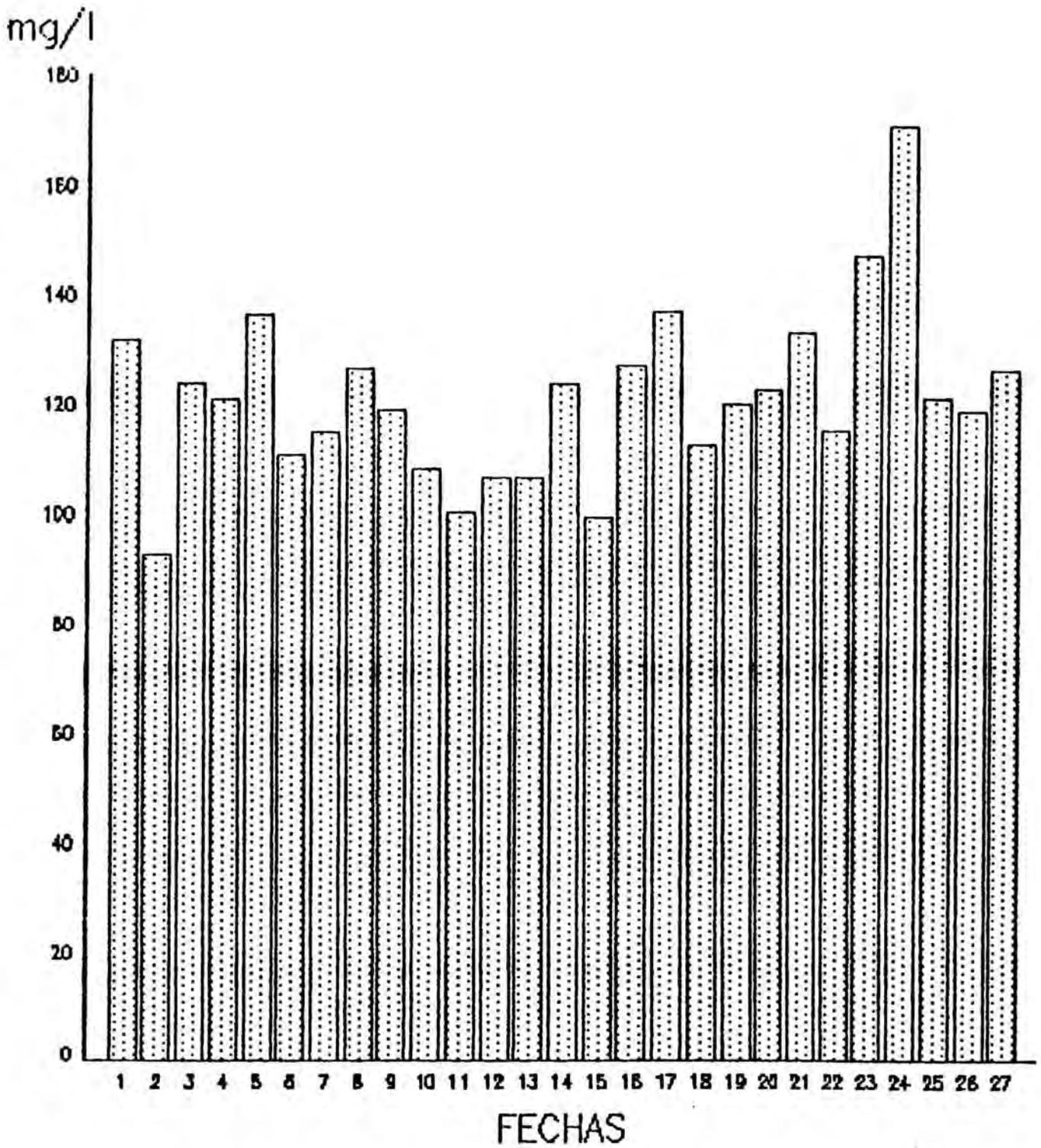
Según se muestra en la gráfica 29, los contenidos de sulfatos en el ARD a lo largo del ciclo anual presentan una gran irregularidad. Observamos únicamente que el contenido medio en sulfatos del ARD es ligeramente superior al del AA.

A2.2.3.4) FOSFATOS

Como puede observarse en la gráfica 30 que representa los valores de fosfatos en las muestras de ARD analizadas, la variabilidad en el contenido en fosfatos en el ARD es elevada a lo largo del ciclo anual, sin que pueda llegarse a apreciar una variación debida a la estacionalidad. La concentración media en fosfatos del ARD es unas cincuenta veces superior a la del AA, lo cual nos demuestra el importante aporte en fósforo de esta agua.

CLOURUROS EN ARD

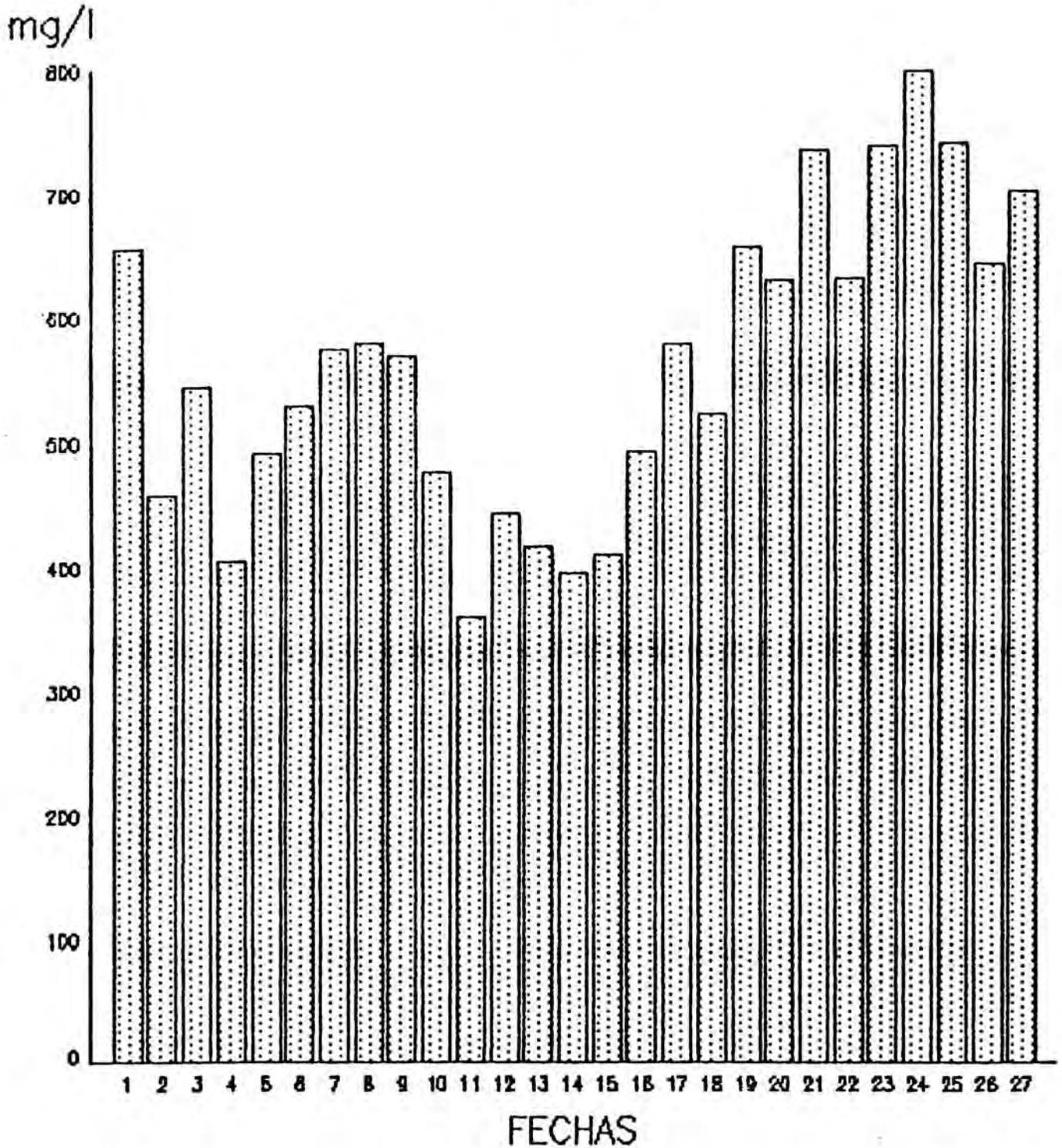
mg/l



GRAFICA 28

BICARBONATOS EN ARD

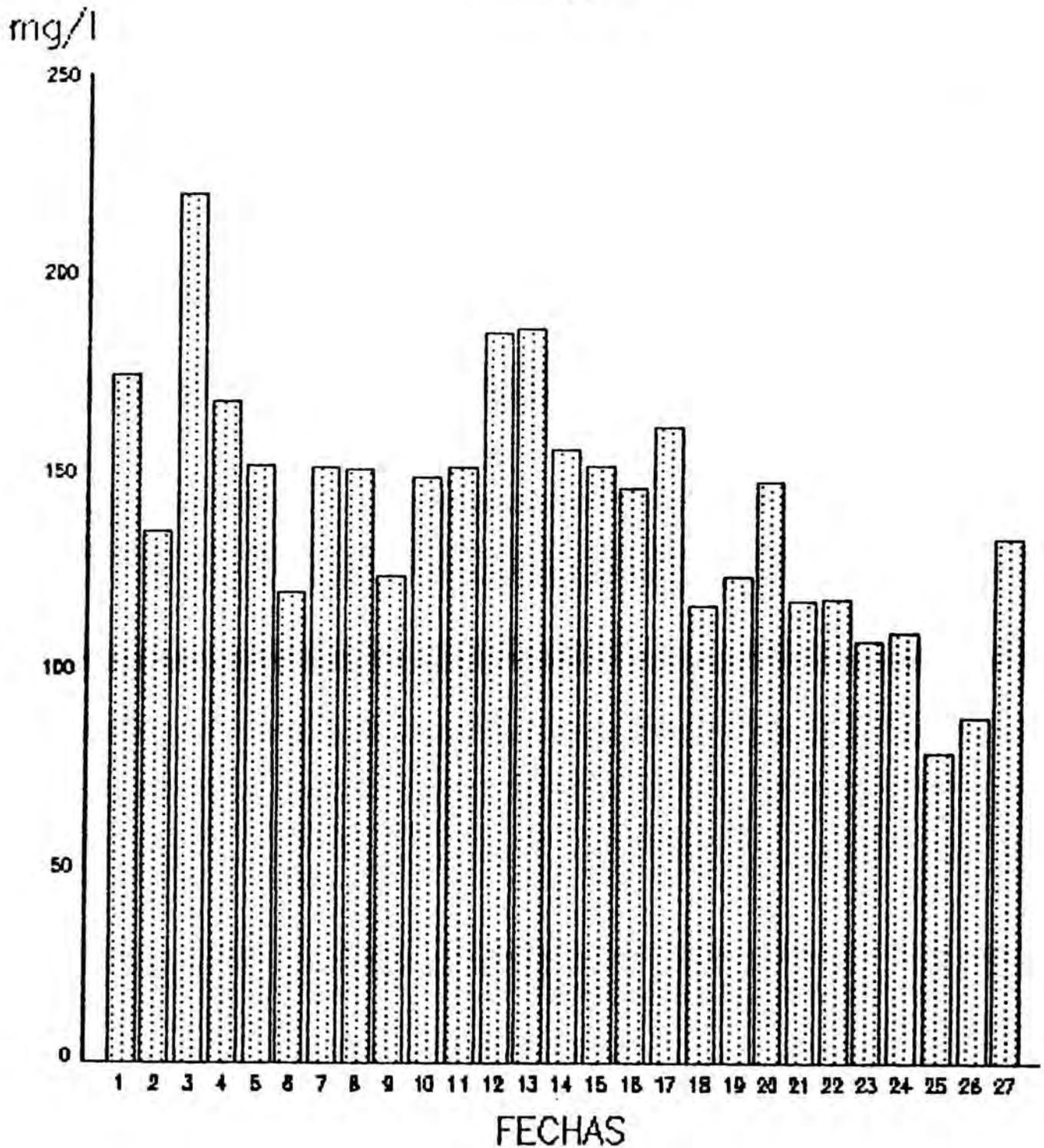
mg/l



GRAFICA 29

SULFATOS EN ARD

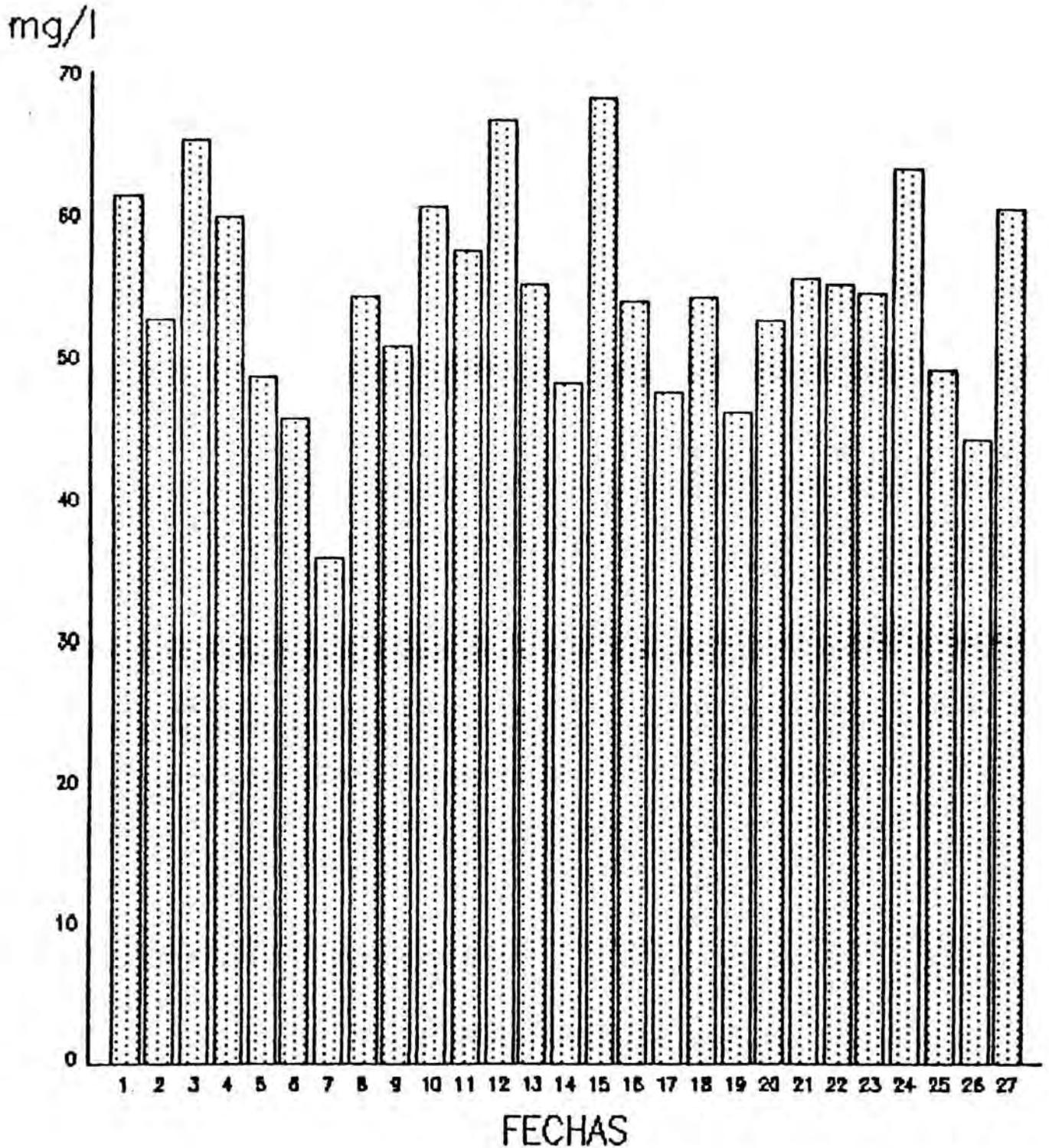
mg/l



GRAFICA 30

FOSFATOS EN ARD

mg/l



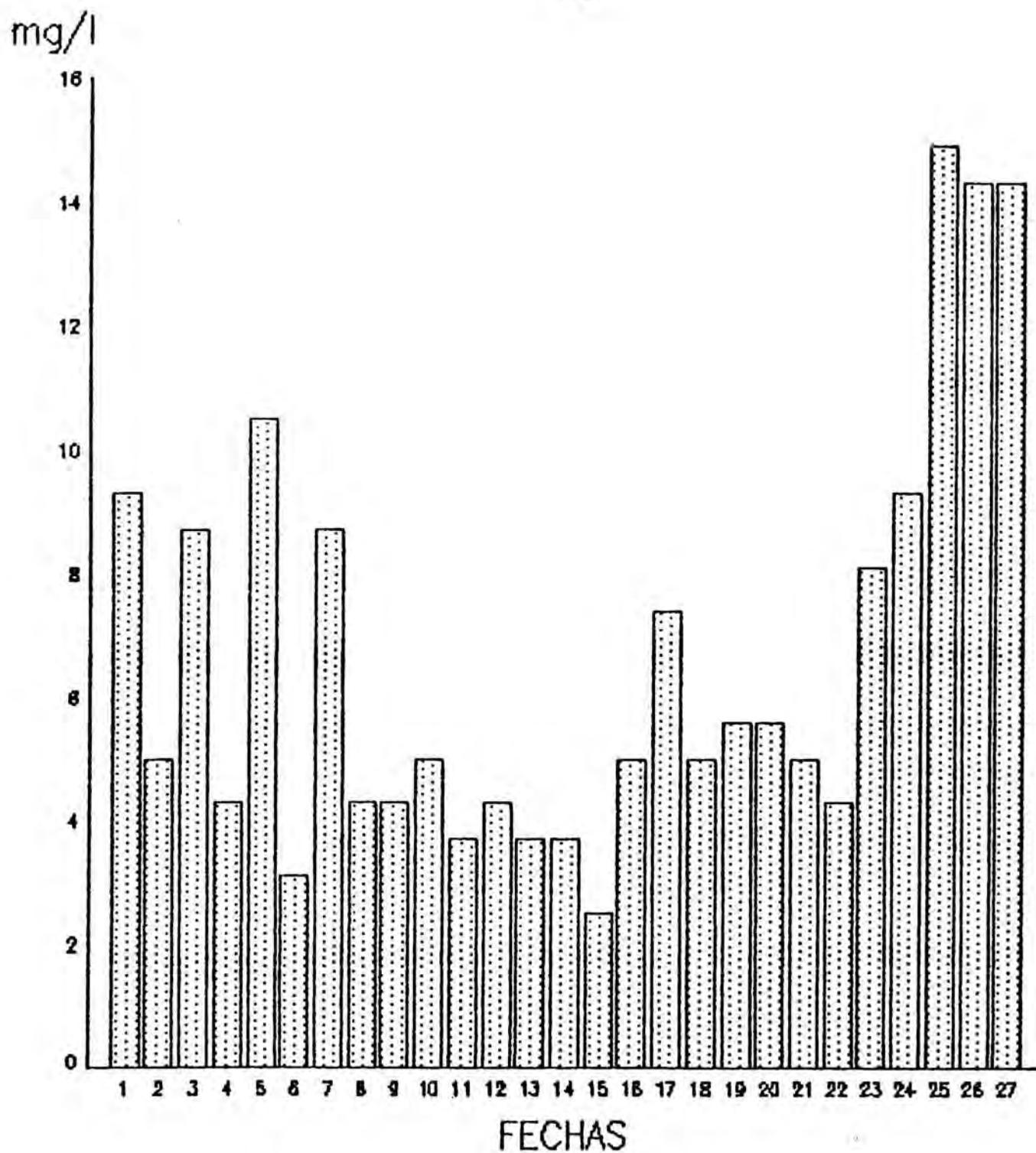
GRAFICA 31

A2.2.3.5) NITRATOS

La observación de la gráfica 31 que representa los valores de nitratos en ARD nos lleva a concluir que los contenidos en nitrógeno-nítrico en el ARD pueden considerarse bajos. No es, por tanto, bajo esta forma que se produce el aporte en nitrógeno por parte del ARD sino, como ya se ha visto, en forma de nitrógeno-amónico.

NITRATOS EN ARD

mg/l



GRAFICA 32

Hemos calculado la proporción que cada uno de los aniones comentados representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en la mayoría de iones:

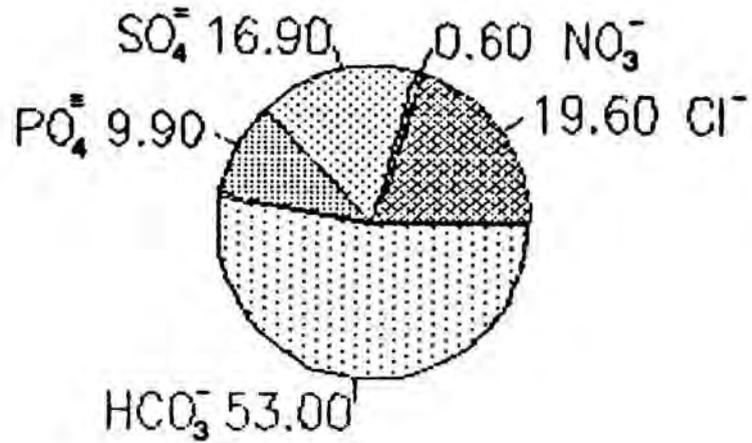
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

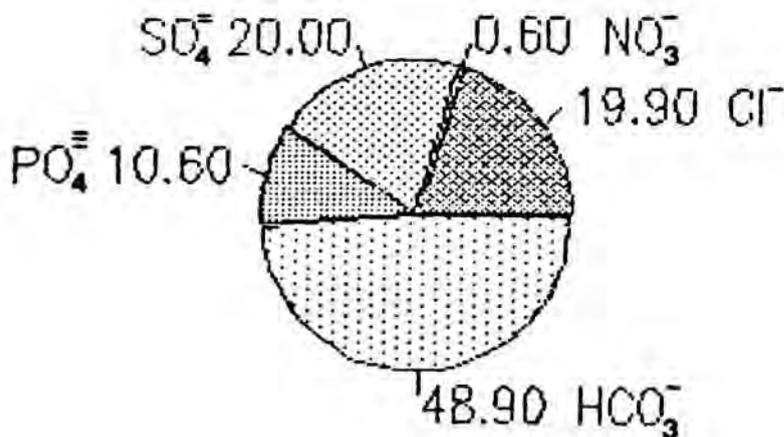
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

ANIONES EN ARD

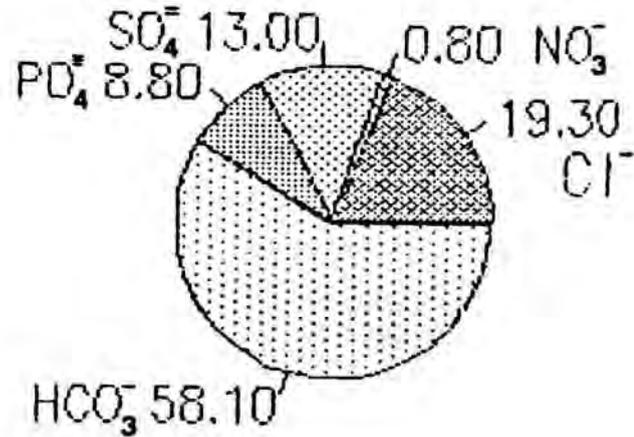
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

A2.2.4) pH

--

La representación gráfica de los valores de pH en las muestras de ARD analizadas (gráfica 32) nos muestra que no se producen variaciones excesivas entre el pH de una y otra muestra.

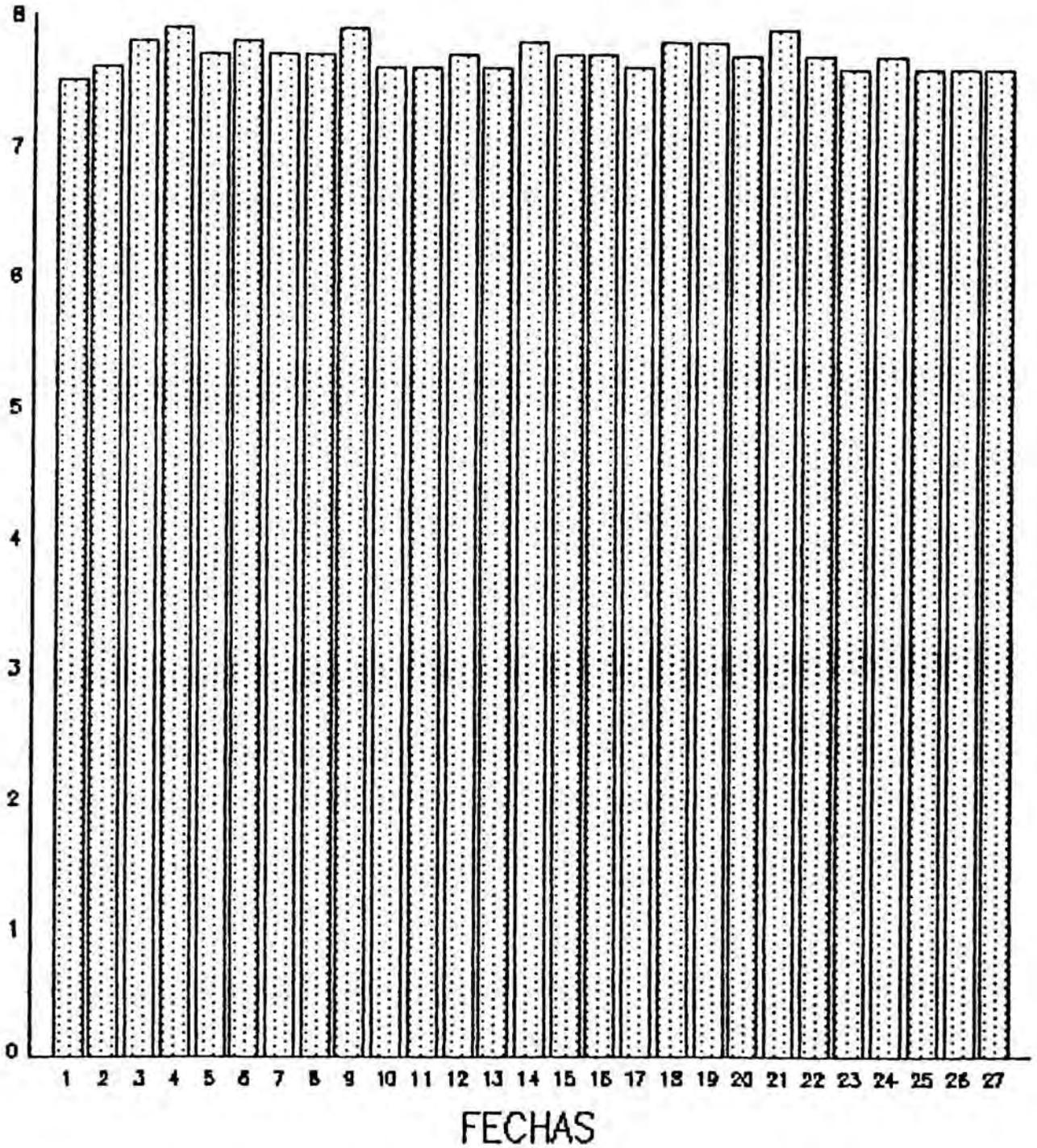
A2.2.5) D.Q.O.

Según puede verse en la gráfica 33 que representa los valores de D.Q.O. en el ARD, observamos que los valores son muy variables, aunque relativamente bajos excepto en un punto. Ello es debido al grado de eficacia en la depuración.

pH EN ARD

Unidades de pH

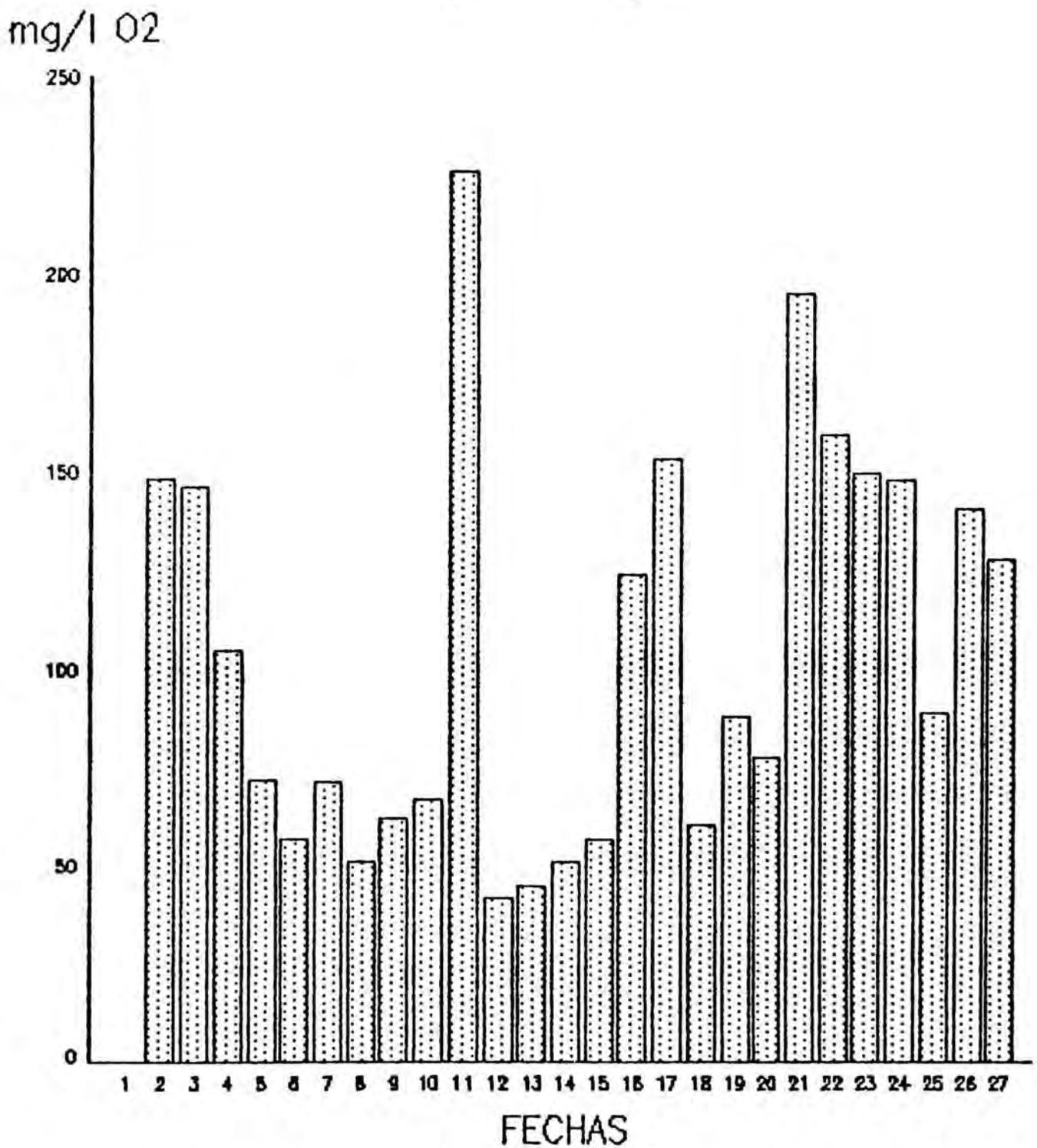
Unidades de pH



GRAFICA 34

D.Q.O. EN ARD

mg/l oxígeno



GRAFICA 35

A2.2.6) Correlaciones interparamétricas en el ARD

Siguiendo la misma metodología empleada con el AA (ver apartado A2.1.6), se ha efectuado un tratamiento estadístico de todos los datos anteriores, hallando el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los distintos parámetros del ARD estudiada (tabla 5).

De las 78 posibles correlaciones interparamétricas, sólo 11 son altamente significativas (ninguna negativa), 6 son medianamente significativas, de las cuales una es negativa, y 6 más son poco significativas.

En resumen, podemos decir:

1. El ARD de Reus es de mediocre calidad para el riego (C3S1) y es utilizable para estos fines con ciertos condicionantes.
2. Su contenido en N, P y K les confiere un cierto poder fertilizante.
3. El escaso contenido en metales pesados en las ARD convierte en muy improbable su paso a la cadena trófica tras el riego con estas aguas.

COMPARACION DE AA Y ARD

La diferencia principal entre las AA y las ARD es que las segundas son en promedio más ricas en sales que las AA, sobre todo en cuanto al sodio, potasio, amonio, cloruros, alcalinidad (bicarbonatos) y fosfatos.

La concentración de potasio en las ARD es del orden de diez veces mayor que la de las AA.

En cuanto al amonio, no se encuentra en las AA y tiene una concentración apreciable en las ARD.

La proporción de fosfatos es también muy elevada en las ARD respecto a las AA.

La existencia de los tres elementos N, P y K, en las citadas concentraciones, en las ARD les confiere el poder fertilizante.

Las AA, por su parte, son ricas en nitratos, mientras que en las ARD, su concentración es muy pequeña. Este contenido se explica por la contaminación por abonos nitrogenados de aguas subterráneas de las cuales se abastece la ciudad en las épocas de falta de agua de pantano.

También es superior en las AA la concentración de calcio, respecto a la de las ARD.

B. - MICROCOSMOS AA1

Las matrices constituyentes del microcosmos AA1, tal como viene representado en el esquema 5 y como ya se había indicado, son:

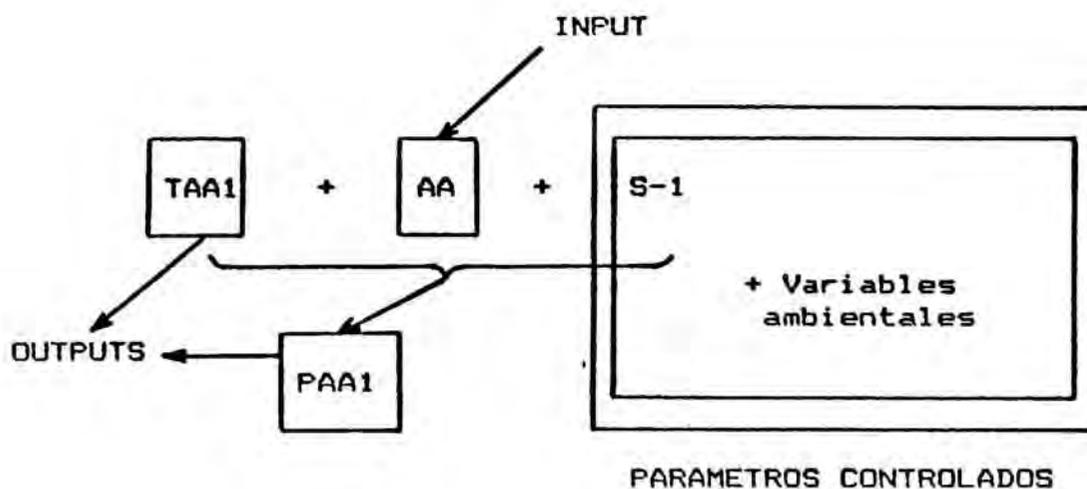
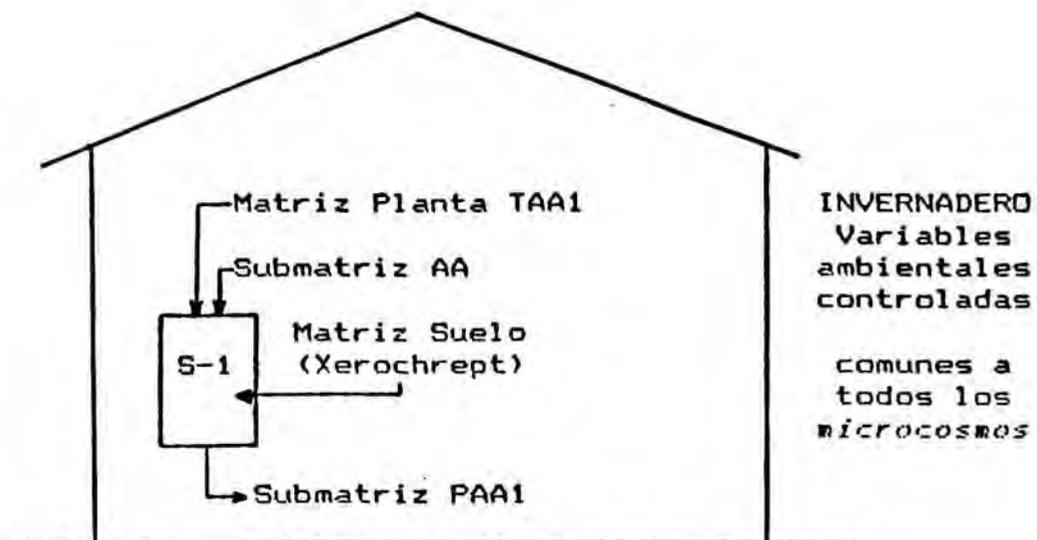
- Matriz Suelos: Suelo-1 o S-1.
- Matriz Aguas
 - . Submatriz Agua de Riego:
Agua de Abastecimiento o AA.
 - . Submatriz Agua de Percolación:
Percolado de Suelo-1 regado con Agua de Abastecimiento o PAA1.
- Matriz Plantas: Tejido Vegetal en Suelo-1 regado con Agua de Abastecimiento o TAA1.

La Matriz Suelo-1 así como la submatriz agua de riego AA ya han sido definidos en el apartado de matrices comunes. A continuación pasaremos a describir la submatriz agua de percolación PAA1 y la matriz planta TAA1.

ESQUEMA 15

MICROCOSMOS AA1

Representación esquemática



B1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PAA1

Constituída por el Agua de Abastecimiento de Reus AA tras su paso o percolación por el Suelo-1 sembrado con Rye-grass. Sus valores representan la media de los valores de cada uno de los percolados de las cuatro columnas lisimétricas de Suelo-1 regado con AA.

Los mililitros de agua empleados para el riego de cada columna lisimétrica así como los de PAA1 obtenidos vienen relacionados en la tabla VI.26 del anexo VI, en la que se han agrupado los volúmenes por quincenas. La periodicidad o número de riegos quincenal ha sido variable en función de la época del año y, por consiguiente de las necesidades hídricas del *microcosmos*

A lo largo del ciclo anual, el volumen total de agua percolada, PAA1, correspondió al 71.7 % del volumen de AA añadido; el 28.3 % restante quedó a disposición de las matrices Suelo y Planta.

TOTAL AA AÑADIDA	:	70.7 litros/columna/año
TOTAL PERCOLADO (PAA1)	:	50.7 litros/columna/año (71.7 %)

B1.1) Cationes y aniones

La media (\bar{x}), la desviación estándar (S), el valor máximo (máx) y mínimo (mín) de todos los cationes y aniones determinados en el PAA1 se indican en la página siguiente (tabla 6).

Los comentarios sobre los valores obtenidos en PAA1 se realizarán más adelante, en el apartado de BALANCES.

TABLA 6:
VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES
ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS
EN EL PAA1

<u>CONDUCTIVIDAD</u> (MicroS/cm)	<u>CALCIO</u> (mg/l)	<u>SODIO</u> (mg/l)
\bar{x} = 948.07	\bar{x} = 156.39	\bar{x} = 30.07
S = 94.05	S = 12.72	S = 11.00
máx = 1178.00	máx = 179.56	máx = 64.86
mín = 776.00	mín = 133.07	mín = 17.71
<hr/>		
<u>POTASIO</u> (mg/l)	<u>MAGNESIO</u> (mg/l)	<u>NITRATOS</u> (mg/l)
\bar{x} = 0.37	\bar{x} = 10.05	\bar{x} = 32.14
S = 0.26	S = 4.80	S = 35.51
máx = 0.98	máx = 17.99	máx = 171.70
mín = <1d.	mín = 3.65	mín = 1.90
<hr/>		
<u>FOSFATOS</u> (mg/l)	<u>CLORUROS</u> (mg/l)	<u>SULFATOS</u> (mg/l)
\bar{x} = 1.07	\bar{x} = 40.02	\bar{x} = 144.77
S = 0.71	S = 13.12	S = 42.78
máx = 2.63	máx = 64.16	máx = 256.48
mín = 0.16	mín = 21.27	mín = 60.04
<hr/>		
<u>BICARBONATOS</u> (mg/l)	<u>pH</u> (unidades)	<u>DQO</u> (mg/l O ₂)
\bar{x} = 320.20	\bar{x} = 7.55	\bar{x} = 14.13
S = 76.39	S = 0.16	S = 5.08
máx = 492.88	máx = 8.00	máx = 23.50
mín = 210.45	mín = 7.30	mín = 1.70
<hr/>		

Hemos calculado la proporción que cada uno de los cationes y aniones del percolado representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en las aguas de riego:

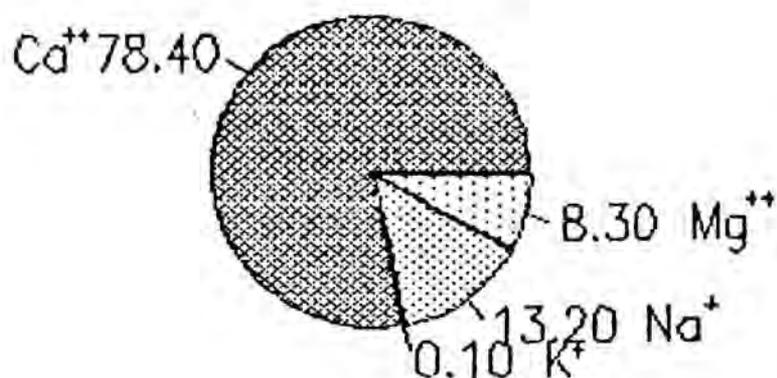
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

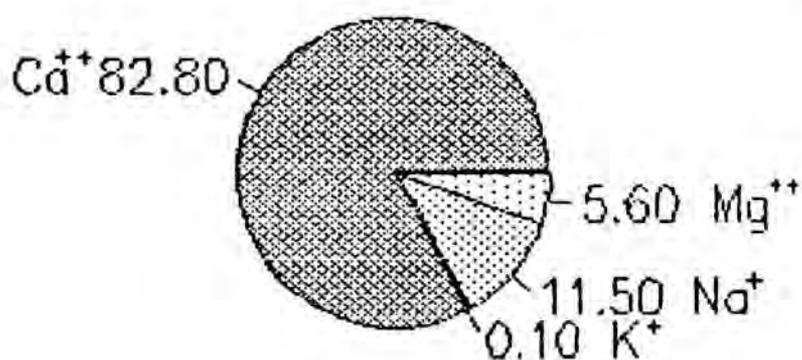
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

CACIONES EN PAA1

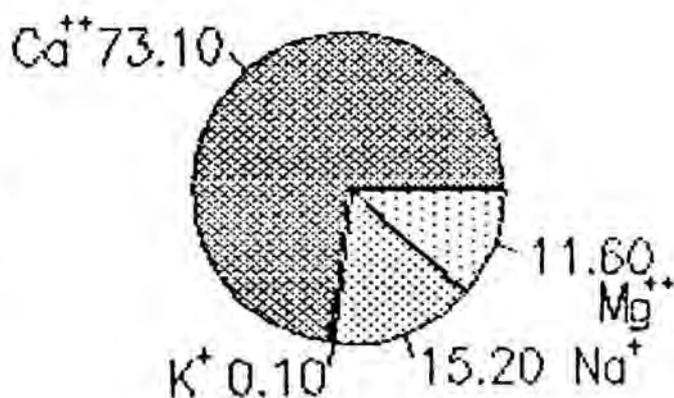
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



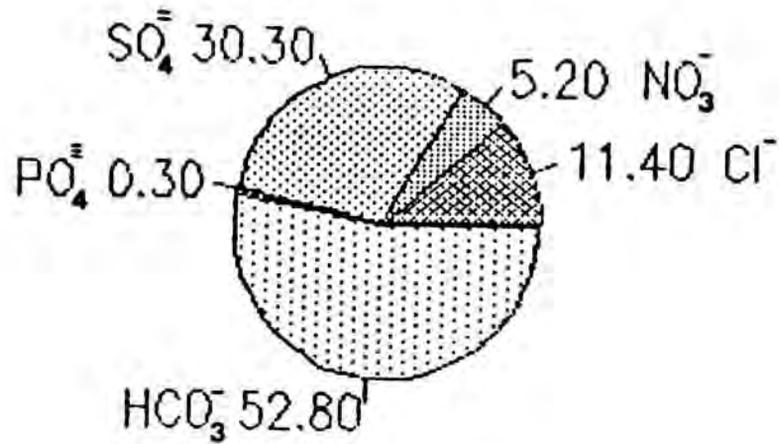
PRIMER PERIODO



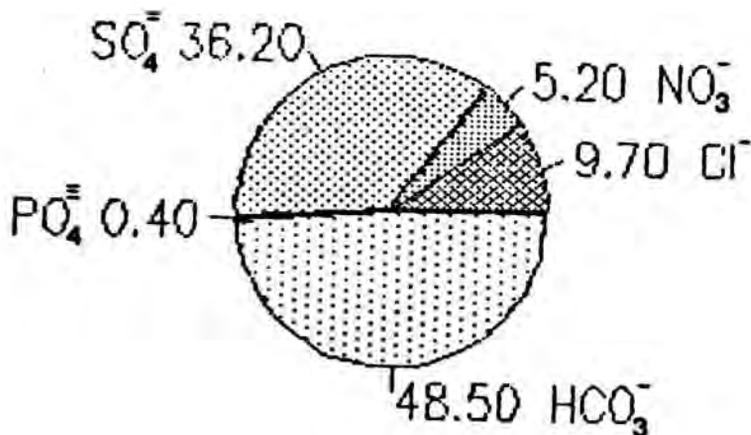
SEGUNDO PERIODO

ANIONES EN PAA1

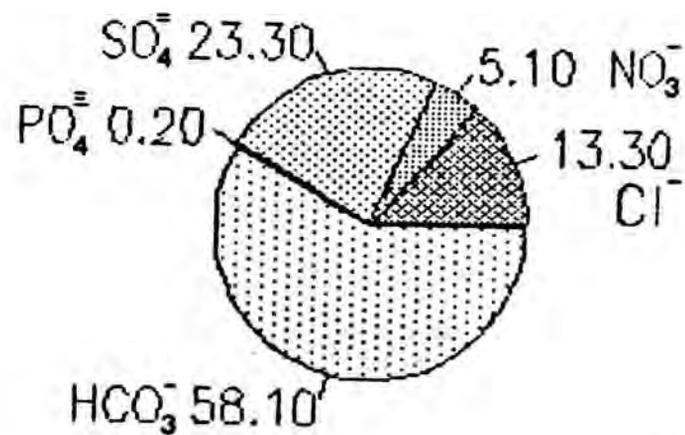
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

Los metales pesados determinados en PAA1 son: cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc. Según los resultados obtenidos, podemos distinguir tres grupos de metales, al igual que en las aguas de riego:

Grupo 1 : Aquellos metales pesados que, si existen, están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica.

Límite de detección (mg/l)	
Cd	0.0005
Cu	0.001
Cr	0.002
Mn	0.001
Pb	0.01

Grupo 2 : Aquellos metales pesados que, en la mayoría de las muestras, si existen están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica en las condiciones en que se ha trabajado. No obstante, en algunas de las muestras valoradas, su concentración llega a ser detectada por el aparato, aunque a un nivel muy cercano al límite. Seguidamente se indican las fechas en que se han presentado trazas de estos metales en el PAA1 analizado.

	Límite de detección (mg/l)	Fechas
Co	0.006	05/03/85
Fe	0.003	a partir de 31/10/84
Ni	0.004	17/04/84, 26/06/84

Grupo 3 : Aquellos metales que se presentan en todas las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas.

	Límite de detección (mg/l)	Valores (mg/l)
Zn	0.0008	Máx: 0.03 Mín: <ld.

B1.2) Correlaciones interparamétricas

Se ha efectuado un tratamiento estadístico de todos los datos anteriores, hallando el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los distintos parámetros del PAA1. El significado de los valores de dicho coeficiente viene explicado cuando se estudian las correlaciones interparamétricas en el AA.

En la tabla 7 se indican los coeficientes de correlación existentes entre parámetros dentro del PAA1 y su grado de significación. Habiendo excluido el amonio por no ser detectado en el agua analizada, podemos decir que de las sesenta y seis posibles combinaciones interparamétricas en ambos sentidos (p.e. Cond.- Na y Na - Cond.), se dan once casos de correlaciones altamente significativas; dicho de otra forma, las variaciones de uno de los parámetros vienen explicadas en su mayor parte por las variaciones del otro. De las restantes correlaciones, cuatro son medianamente significativas siendo una negativa, y nueve son poco significativas de las cuales cuatro son negativas.

**TABLA 7:
CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL PAA1**

	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.O.
Conduct.	1.00												
Sodio	0.76	1.00											
Potasio	0.20	0.20	1.00										
Calcio	0.75	0.37	0.05	1.00									
Magnesio	0.59	0.70	0.46	0.19	1.00								
Amonio	-	-	-	-	-	-							
Cloruros	0.63	0.71	0.45	0.42	0.74	-	1.00						
Bicarb.	0.79	0.88	0.20	0.48	0.75	-	0.70	1.00					
Sulfatos	0.13	-0.18	-0.39	0.38	-0.31	-	-0.35	-0.26	1.00				
Fosfatos	-0.21	-0.31	-0.29	-0.03	-0.52	-	-0.49	-0.39	0.35	1.00			
Nitratos	0.02	-0.03	0.47	0.09	0.02	-	0.35	-0.06	-0.56	-0.18	1.00		
pH	-0.09	-0.17	0.55	-0.02	0.08	-	0.37	-0.14	-0.49	-0.31	0.79	1.00	
D.Q.O.	0.02	0.16	0.20	-0.03	0.01	-	-0.10	0.02	0.02	-0.00	0.02	0.12	1.00

SIGNIFICACION DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION

	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.O.
Conduct.	*												
Sodio	3	*											
Potasio	0	0	*										
Calcio	3	0	0	*									
Magnesio	2	3	1	0	*								
Amonio	-	-	-	-	-	-							
Cloruros	3	3	1	1	3	-	*						
Bicarb.	3	3	0	1	3	-	3	*					
Sulfatos	0	0	-1	0	0	-	0	0	*				
Fosfatos	0	0	0	0	-2	-	-1	-1	0	*			
Nitratos	0	0	1	0	0	-	0	0	2	0	*		
pH	0	0	2	0	0	-	0	0	-1	0	3	*	
D.Q.O.	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	*

NUMERO DE CORRELACIONES SEGUN GRADO DE SIGNIFICACION

Grado de significacion	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.O.
3	4	4	0	1	3	-	4	4	0	0	1	1	0
2	1	0	1	0	1	-	0	0	1	0	1	1	0
1	0	0	3	2	1	-	2	1	0	0	1	0	0
0	6	7	6	8	5	-	4	5	8	8	8	8	11
-1	0	0	1	0	0	-	1	1	2	2	0	1	0
-2	0	0	0	0	1	-	0	0	0	1	0	0	0
-3	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0

B2 - MATRIZ PLANTA TAA1

Viene representada, como ya se indicó, por Rye-grass inglés o *Lolium perenne* L. sembrado, antes de iniciar los riegos, en Suelo-1 y regado con Agua de Abastecimiento AA. Como es de suponer, todos los resultados obtenidos en cuanto a composición de este Tejido Vegetal se refieren a la parte del Rye-grass cosechada (cortada por encima del borde del lisímetro).

Los resultados de las determinaciones analíticas realizadas pueden encontrarse en el anexo VI.

Seguidamente efectuaremos un comentario de estos resultados.

B2.1) Materia verde - Materia seca

Según puede verse en la tabla 8, resumen de las tablas VI.27 y VI.28, del anexo correspondiente, las producciones en materia verde y materia seca presentan variaciones estacionales notables de uno a otro corte como es natural si se considera, por una parte, los intervalos entre cada uno que varían entre dos y tres meses y, por otra, las diferentes épocas del año. Para poder efectuar una comparación, referimos todos los resultados obtenidos a un mes, pudiéndose observar:

- Que las mayores producciones de materia verde se obtienen durante el segundo período (15/06 a 15/08), seguido del primero y del quinto período (21/03 a 15/06 y 07/01 a 13/03), dándose las menores producciones desde mediados de agosto a principios de noviembre (tercer período), lo cual puede deberse al propio ciclo del Rye-grass (41).

- Que en el último período (07/01 a 13/03) se obtiene un anómalo contenido en materia seca, debido a que el cultivo acusó los fuertes efectos de las heladas que se produjeron en aquella época, secándose la parte que se iba a recolectar. No despreciamos los valores obtenidos y los incluimos en la tabla 8 ya que nos eran necesarios para efectuar los posteriores balances de entrada - salida de elementos.

B2.2) % Cenizas - % Materia orgánica

No se observan variaciones significativas en estos porcentajes a lo largo del ciclo anual, aunque se produce un ligero descenso en el % de cenizas en los cortes cuarto y quinto, lo cual se traduce en el correspondiente aumento del contenido de materia orgánica.

B2.3) % Calcio

Tras un aumento progresivo del contenido en calcio del primer al tercer corte en el que se presenta un máximo, tiene lugar un descenso notable en los cortes cuarto y quinto.

B2.4) % Potasio

El contenido en potasio oscila desde un máximo en el corte del 15/06/84 a un mínimo en el corte del 15/08/84, manteniéndose las cantidades alrededor del 3 % de potasio.

B2.5) % Magnesio

Podemos observar que se produce un máximo en el contenido en magnesio en el segundo corte (15/08/84) descendiendo luego dicho contenido en el tercer y cuarto corte y aumentando de nuevo ligeramente en el último.

Si efectuamos una comparación entre contenidos de potasio, de calcio y de magnesio en el TAA1 (gráfica 37) considerando el ciclo anual en su conjunto, podemos observar que, si bien no existe una correlación muy marcada, sí el signo de los coeficientes nos indica que existe un cierto antagonismo entre el potasio y los otros dos elementos:

<u>COEFICIENTES DE CORRELACION</u>		
$r = \frac{\text{Ca} - \text{Mg}}{0.25}$	$\frac{\text{Ca} - \text{K}}{-0.60}$	$\frac{\text{Mg} - \text{K}}{-0.72}$

B2.6) % Sodio

Tras disminuir el porcentaje de sodio en TAA1 entre el primer y el tercer corte, éste vuelve a aumentar en el cuarto y es máximo en el quinto.

B2.7) % Fósforo

En los dos primeros cortes se obtiene un mayor contenido en fósforo que en los tres siguientes, de tal forma que disminuye dicho contenido del orden del 60 % .

B2.8) Microelementos

Resumiremos en el cuadro siguiente los valores obtenidos de cada uno de los microelementos determinados en TAA1 y que pueden hallarse en el anexo VI:

Microelemento (g/g)	Mínimo	Máximo
Zn	47	100
Cu	4	22*
Mn	69	94
Fe	76	257*
<hr/>		
Ni	<ld.	T
Co	<ld.	T
Cd, Cr, Pb	<ld.	<ld.

Cabe resaltar de los resultados obtenidos que las concentraciones de cobre y de hierro en TAA1 alcanzan valores (*) que pueden empezar a considerarse altos, según la bibliografía consultada (42,43,44,45), a pesar de no haber detectado presencia de estos elementos de forma significativa en el agua de riego, AA.

**TABLA 8:
PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TAA1
EN CADA UNO DE LOS CORTES EFECTUADOS**

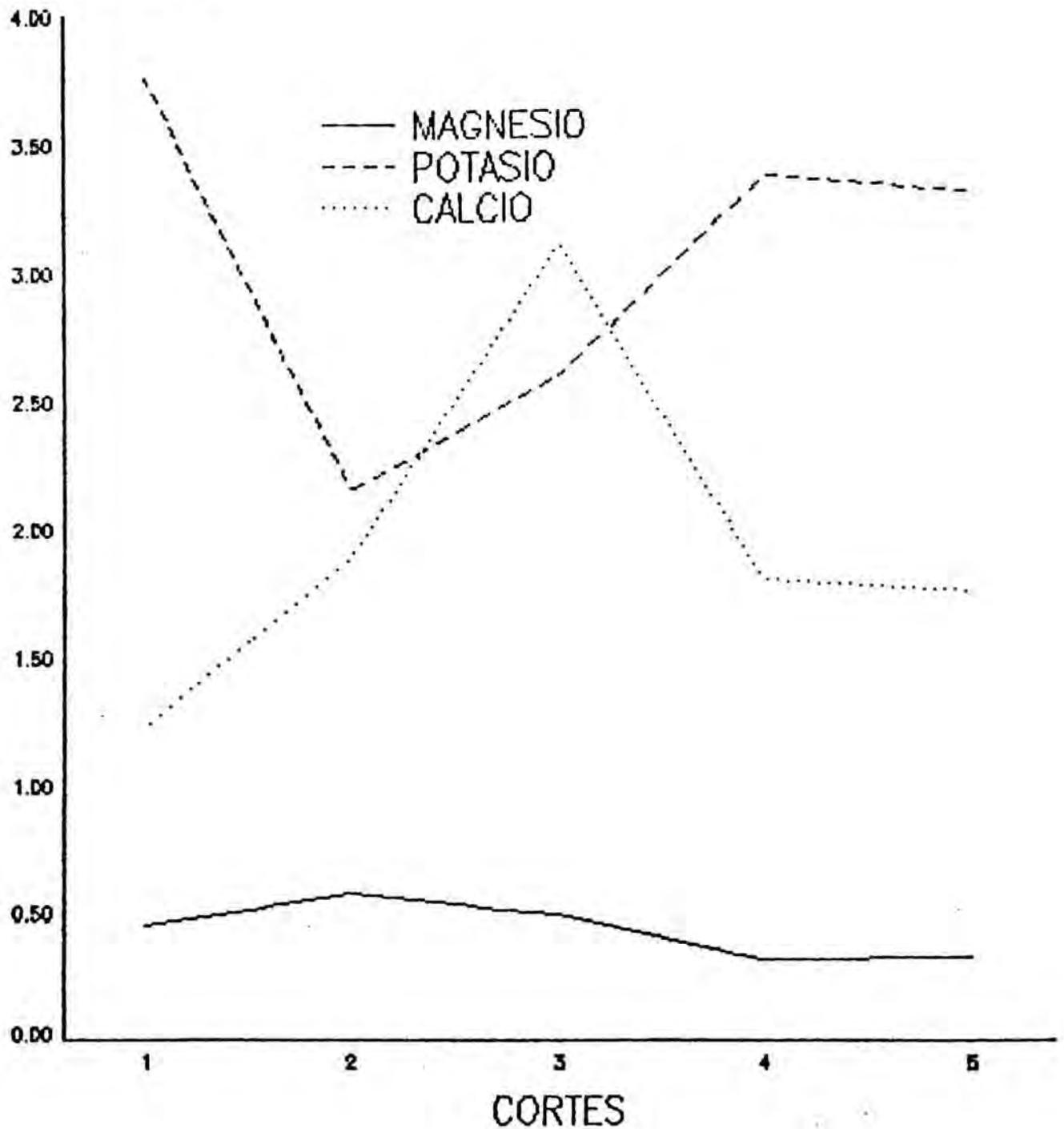
CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g)	MATERIA SECA (g)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	10.68	1.98
	a		
2º	15/08/84	9.23	1.70
	a		
3º	07/11/84	4.67	1.41
	a		
4º	07/01/85	5.33	0.78
	a		
5º	13/03/85	6.91	4.77

**PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TAA1
REFERIDO A UN MES**

CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g/mes)	MATERIA SECA (g/mes)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	3.56	0.66
	a		
2º	15/08/84	4.62	0.85
	a		
3º	07/11/84	1.56	0.47
	a		
4º	07/01/85	2.67	0.39
	a		
5º	13/03/85	3.46	2.39

POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO CONTENIDO EN TAA1

% sobre m.s.



GRAFICA 38

C. - MICROCOSMOS AA2

Las matrices constituyentes del *microcosmos* AA2, tal como viene representado en el esquema 7 y como ya se había indicado, son:

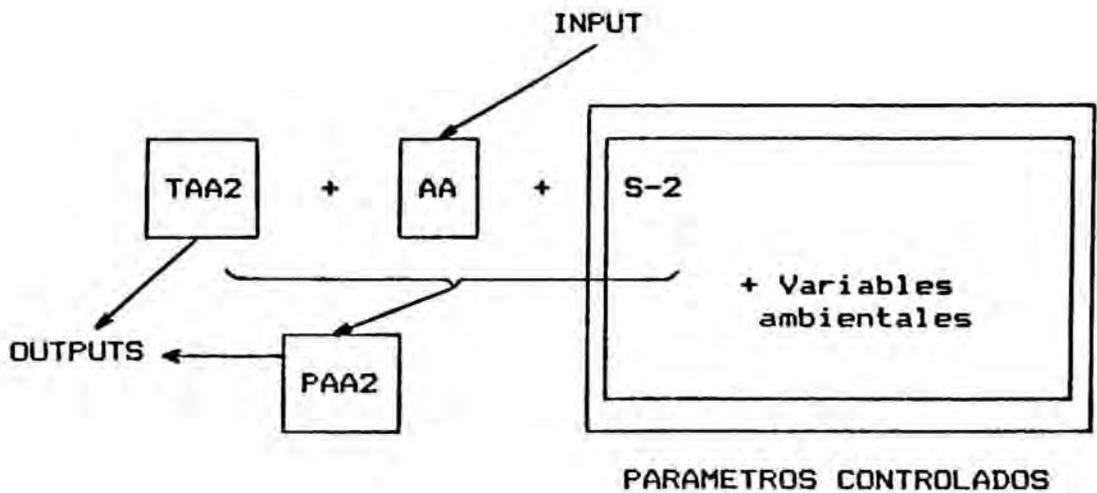
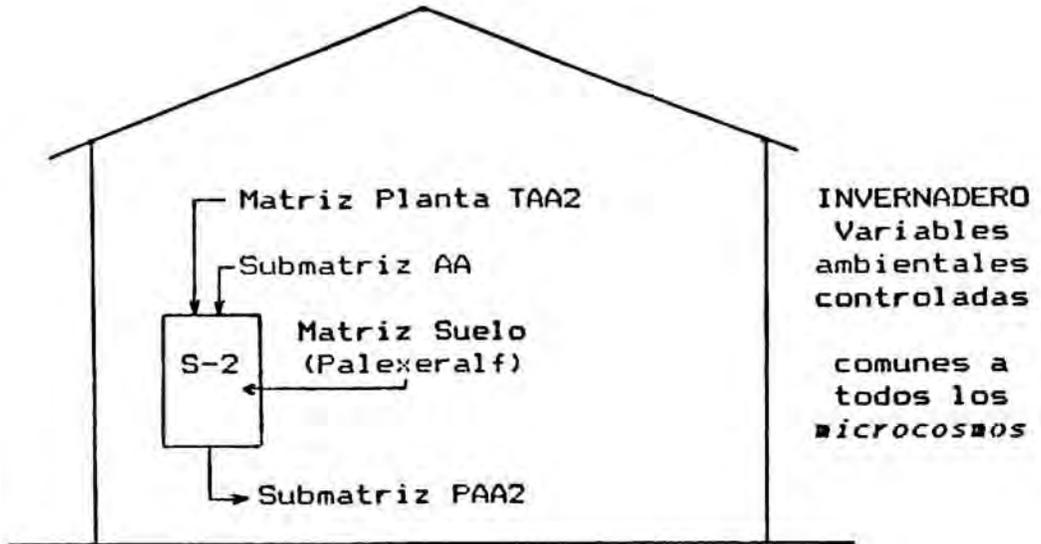
- Matriz Suelo: Suelo-2 o S-2.
- Matriz Agua:
 - . Submatriz Agua de Riego:
Agua de Abastecimiento o AA.
 - . Submatriz Agua de Percolación:
Percolado de Suelo-2 regado con Agua de Abastecimiento o PAA2.
- Matriz Planta: Tejido Vegetal en Suelo-2 regado con Agua de Abastecimiento o TAA2.

Tanto la descripción de la matriz suelo S-2 como de la submatriz agua de riego AA pueden hallarse en el apartado de matrices comunes. Describiremos seguidamente las matrices que nos faltan, que son la submatriz agua de percolación PAA2 y la matriz planta TAA2.

ESQUEMA 16

MICROCOSMOS AA2

Representación esquemática



C1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PAA2

Constituida por el Agua de Abastecimiento de Reus AA tras su paso o percolación por el Suelo-2 sembrado con Rye-grass. Sus valores representan la media de los valores de cada uno de los percolados de las cuatro columnas lisimétricas de Suelo-2 regado con AA.

Los mililitros de agua empleados para el riego de cada columna lisimétrica así como los de PAA2 obtenidos vienen relacionados en la tabla VI.26 el anexo VI, en la que se han agrupado los volúmenes por quincenas. La periodicidad o número de riegos quincenal ha sido muy variable en función de la época del año y, por consiguiente, de las necesidades hídricas del *microcosmos*.

A lo largo del ciclo anual, el volumen total de agua percolada, PAA2, correspondió al 72.8 % del volumen de AA añadido; el 27.2 % restante quedó a disposición de las matrices Suelo y Planta.

TOTAL AA AÑADIDA : 70.7 litros/columna/año
TOTAL PERCOLADO (PAA2) : 51.4 litros/columna/año
(72.8 %)

C1.1) Cationes y aniones

La media (\bar{x}), la desviación estándar (S), el valor máximo (máx) y mínimo (mín) de todos los cationes y aniones determinados en el PAA2 se indican en la página siguiente (tabla 9).

Los comentarios sobre los valores obtenidos en PAA2 se realizarán más adelante, en el apartado de BALANCES.

TABLA 9:
VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES
ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS
EN EL PAA2

<u>CONDUCTIVIDAD</u> (MicroS/cm)	<u>CALCIO</u> (mg/l)	<u>SODIO</u> (mg/l)
\bar{x} = 924.04	\bar{x} = 139.56	\bar{x} = 28.74
S = 155.08	S = 24.51	S = 12.12
máx = 1191.00	máx = 189.58	máx = 63.25
mín = 611.00	mín = 91.58	mín = 15.64
<hr/>		
<u>POTASIO</u> (mg/l)	<u>MAGNESIO</u> (mg/l)	<u>NITRATOS</u> (mg/l)
\bar{x} = 0.26	\bar{x} = 19.59	\bar{x} = 29.07
S = 0.21	S = 4.40	S = 23.71
máx = 0.90	máx = 27.84	máx = 97.30
mín = <1d.	mín = 13.01	mín = 1.20
<hr/>		
<u>FOSFATOS</u> (mg/l)	<u>CLORUROS</u> (mg/l)	<u>SULFATOS</u> (mg/l)
\bar{x} = 1.89	\bar{x} = 37.68	\bar{x} = 130.20
S = 1.24	S = 14.27	S = 26.34
máx = 4.43	máx = 61.68	máx = 182.99
mín = 0.44	mín = 21.27	mín = 53.31
<hr/>		
<u>BICARBONATOS</u> (mg/l)	<u>pH</u> (unidades)	<u>DQO</u> (mg/l O ₂)
\bar{x} = 334.23	\bar{x} = 7.61	\bar{x} = 16.32
S = 95.86	S = 0.14	S = 5.35
máx = 519.11	máx = 8.00	máx = 27.70
mín = 208.62	mín = 7.40	mín = 7.20
<hr/>		

Hemos calculado la proporción que cada uno de los cationes y aniones del percolado representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en las aguas de riego:

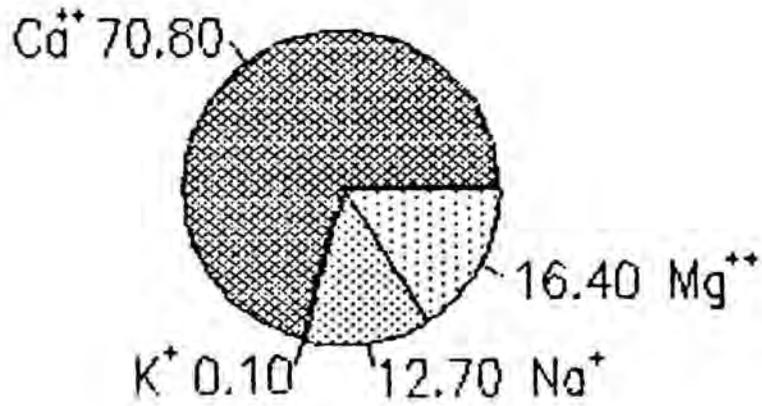
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

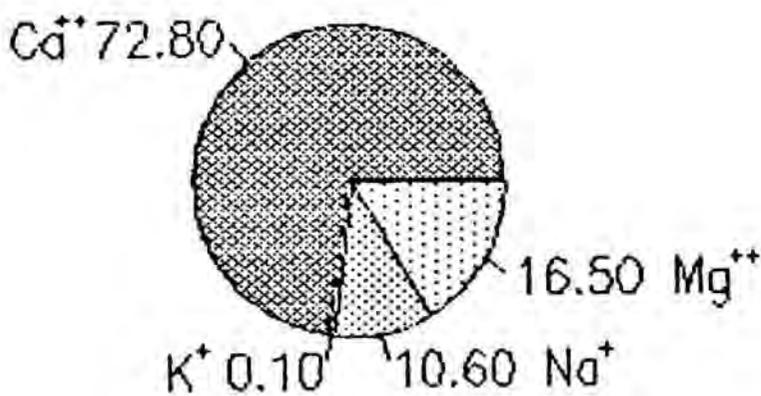
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

CATIONES EN PAAZ

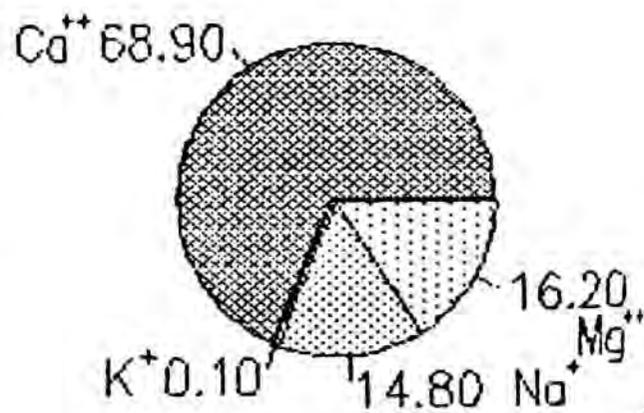
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



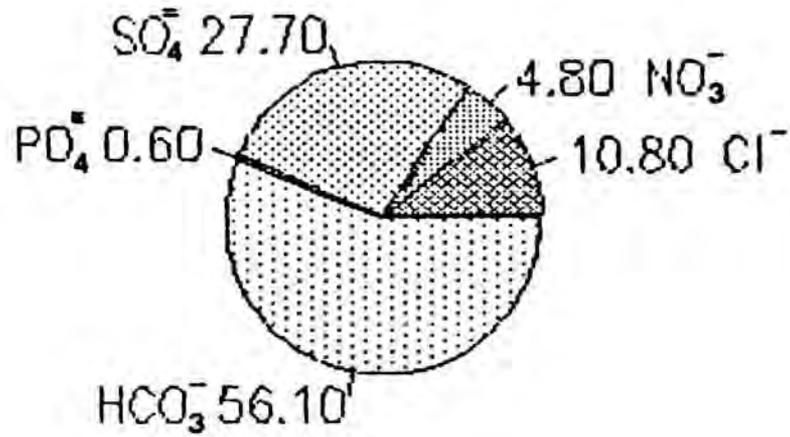
PRIMER PERIODO



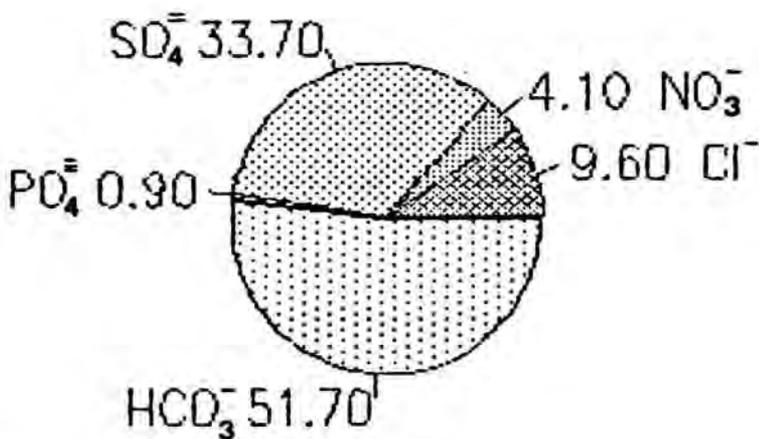
SEGUNDO PERIODO

ANIONES EN PAAZ

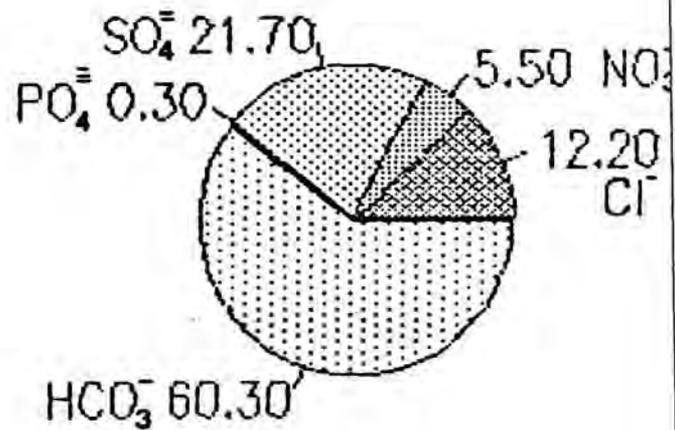
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

Los metales pesados determinados en PAA2 son: cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc. Según los resultados obtenidos, podemos distinguir tres grupos de metales, al igual que en las aguas de riego:

Grupo 1 : Aquellos metales pesados que, si existen, están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica.

Límite de detección (mg/l)	
Cd	0.0005
Co	0.006
Cu	0.001
Cr	0.002
Mn	0.001
Pb	0.01

Grupo 2 : Aquellos metales pesados que, en la mayoría de las muestras, si existen están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica en las condiciones en que se ha trabajado. No obstante, en algunas de las muestras valoradas, su concentración llega a ser detectada por el aparato, aunque a un nivel muy cercano al límite. Seguidamente se indican las fechas en que se han presentado trazas de estos metales en el PAA2 analizado.

	Límite de detección (mg/l)	Fechas
Fe	0.003	22/01/85, 19/02/85
Ni	0.004	02/05/84, 22/01/85

Grupo 3 : Aquellos metales que se presentan en todas las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas.

	Límite de detección (mg/l)	Valores (mg/l)
Zn	0.0008	Máx: 0.04 Mín: <ld.

C1.2) Correlaciones interparamétricas

Se ha efectuado un tratamiento estadístico de todos los datos anteriores, hallando el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los distintos parámetros del PAA2. El significado de los valores de dicho coeficiente viene explicado cuando se estudian las correlaciones interparamétricas en el AA.

En la tabla 10 se indican los coeficientes de correlación existentes entre parámetros dentro del PAA2 y su grado de significación. Habiendo excluido el amonio por no ser detectado en el agua analizada, podemos decir que de las sesenta y seis posibles combinaciones interparamétricas en ambos sentidos (p.e. Cond. - Na y Na - Cond.), se dan catorce casos de correlaciones altamente significativas; dicho de otra forma, las variaciones de uno de los parámetros vienen explicadas en su mayor parte por las variaciones del otro. De las restantes correlaciones, ocho son medianamente significativas siendo tres negativas, y diez son poco significativas de las cuales cuatro son negativas.

**TABLA 10:
CORRELACIONES INTERPARAMETRICAS EN EL PAA2**

	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.D.
Conduct.	1.00												
Sodio	0.85	1.00											
Potasio	0.48	0.54	1.00										
Calcio	0.89	0.71	0.40	1.00									
Magnesio	0.72	0.73	0.57	0.53	1.00								
Amonio	-	-	-	-	-	-							
Cloruros	0.85	0.87	0.50	0.71	0.81	-	1.00						
Bicarb.	0.91	0.88	0.51	0.86	0.75	-	0.83	1.00					
Sulfatos	-0.01	-0.23	-0.23	0.13	-0.37	-	-0.34	-0.25	1.00				
Fosfatos	-0.51	-0.46	-0.38	-0.48	-0.42	-	-0.48	-0.56	0.26	1.00			
Nitratos	0.28	0.31	0.36	0.16	0.48	-	0.43	0.30	-0.51	-0.34	1.00		
pH	-0.35	-0.27	0.06	-0.31	-0.03	-	-0.05	-0.30	-0.39	-0.20	0.44	1.00	
D.Q.D.	-0.32	-0.23	-0.20	-0.31	-0.04	-	-0.24	-0.30	0.16	-0.11	-0.03	0.09	1.00

SIGNIFICACION DE LOS COEFICIENTES DE CORRELACION

	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.D.
Conduct.	*												
Sodio	3	*											
Potasio	1	2	*										
Calcio	3	3	1	*									
Magnesio	3	3	2	2	*								
Amonio	-	-	-	-	-	-							
Cloruros	3	3	2	3	3	-	*						
Bicarb.	3	3	2	3	3	-	3	*					
Sulfatos	0	0	0	0	0	-	0	0	*				
Fosfatos	-2	-1	0	-1	-1	-	1	-2	0	*			
Nitratos	0	0	0	0	1	-	1	0	-2	0	*		
pH	0	0	0	0	0	-	0	0	-1	0	1	*	
D.Q.D.	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	*

NUMERO DE CORRELACIONES SEGUN GRADO DE SIGNIFICACION

Grado de significacion	Conduct.	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Amonio	Cloruros	Bicarb.	Sulfatos	Fosfatos	Nitratos	pH	D.Q.D.
3	5	5	0	4	4	-	5	5	0	0	0	0	0
2	0	1	4	1	2	-	1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	2	1	1	-	2	0	0	1	3	1	0
0	4	4	5	4	3	-	3	4	9	5	7	9	11
-1	0	1	0	1	1	-	0	0	1	3	0	1	0
-2	1	0	0	0	0	-	0	1	1	2	1	0	0
-3	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0

C2 - MATRIZ PLANTA TAA2

Viene representada, como ya se indicó, por Rye-grass inglés o *Lolium perenne* L. sembrado antes de iniciar los riegos, en Suelo-2 y regado con Agua de Abastecimiento AA. Como es de suponer, todos los resultados obtenidos en cuanto a composición de este Tejido Vegetal se refieren a la parte del Rye-grass cosechada (cortada por encima del borde del lisímetro).

Los resultados de las determinaciones analíticas realizadas pueden encontrarse en el anexo VI.

Recordemos que prácticamente no tenemos ningún dato correspondiente al corte 15/08/84 por falta de la suficiente cantidad de material vegetal en esta fecha. Ello dificulta el comentario de los resultados que efectuaremos a continuación.

C2.1) Materia verde - Materia seca

Según puede verse en la tabla 11, resumen de las tablas VI.27 y VI.28, del anexo correspondiente, al igual que para la matriz TAA1, las producciones en materia verde y materia seca son variables entre corte y corte debido a los intervalos de dos o tres meses entre ellos y las diferentes épocas del año. Para poder efectuar una comparación, referimos todos los resultados obtenidos a un mes, pudiéndose observar:

- Que las mayores producciones de materia verde tienen lugar durante el quinto período (07/01 a 13/03) seguido del cuarto (07/11 a 07/01), siendo los valores de prácticamente el doble a los de los períodos restantes.

- Que en el último período se obtiene también un elevado y anómalo contenido en materia seca. El cultivo, al igual que para TAA1, acusó las heladas que se produjeron en aquella época, secándose la parte que se iba a recolectar. En este caso tampoco despreciamos los valores obtenidos, incluyéndolos en la tabla 11, ya que nos eran necesarios para efectuar los posteriores balances de entrada - salida de elementos.

C2.2) % Cenizas - % Materia orgánica

Se produce un descenso en el % de cenizas en el cuarto y quinto corte, lo cual se traduce en el correspondiente aumento del contenido de materia orgánica.

C2.3) % Calcio

Al igual que para TAA1 y, siempre exceptuando el valor desconocido correspondiente al segundo corte, el máximo de contenido en calcio se presenta en el tercer corte, del 07/11/84. En los siguientes cortes, dicho contenido desciende.

C2.4) % Potasio

Los porcentajes de potasio en el TAA2 oscilan entre el 2 y el 3 %, presentando un máximo en el primer corte.

C2.5) % Magnesio

Podría suponerse un máximo en el contenido de magnesio en el segundo corte tal como sucede en TAA1; no obstante nosotros sólo podemos decir que el máximo se presenta en el tercer corte descendiendo luego los valores entre los cortes cuarto y quinto.

Si efectuamos una comparación entre los cuatro valores de potasio, de calcio y de magnesio en TAA2 obtenidos en el ciclo anual (gráfica 38), podemos observar un antagonismo entre el potasio y los otros dos elementos, sobre todo con el calcio, considerando los coeficientes de correlación obtenidos.

COEFICIENTES DE CORRELACION		
$r = \frac{\text{Ca} - \text{Mg}}{0.87}$	$\frac{\text{Ca} - \text{K}}{-0.93}$	$\frac{\text{Mg} - \text{K}}{-0.74}$

C2.6) % Sodio

Observamos un comportamiento distinto que para TAA1. El contenido máximo tiene lugar en el tercer corte, luego el valor disminuye en el cuarto y aumenta de nuevo en el último corte.

C2.7) % Fósforo

Puede observarse un máximo porcentaje de fósforo en el primer corte.

C2.8) Microelementos

Resumiremos en el cuadro siguiente los valores obtenidos de cada uno de los microelementos determinados en TAA2 y que pueden hallarse en el anexo VI:

Microelemento ($\mu\text{g/g}$)	Mínimo	Máximo
Zn	18	44
Cu	5	9
Mn	66	109
Fe	72	107

Ni	<1d.	T ¹
Co	<1d.	T ¹
Cd, Cr, Pb	<1d.	<1d.

(1) Trazas en una repetición.

Según la bibliografía consultada (42,43,44,45) podemos deducir que los resultados anteriores entran dentro de los límites que podrían considerarse normales.

TABLA 11:
PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TAA2
EN CADA UNO DE LOS CORTES EFECTUADOS

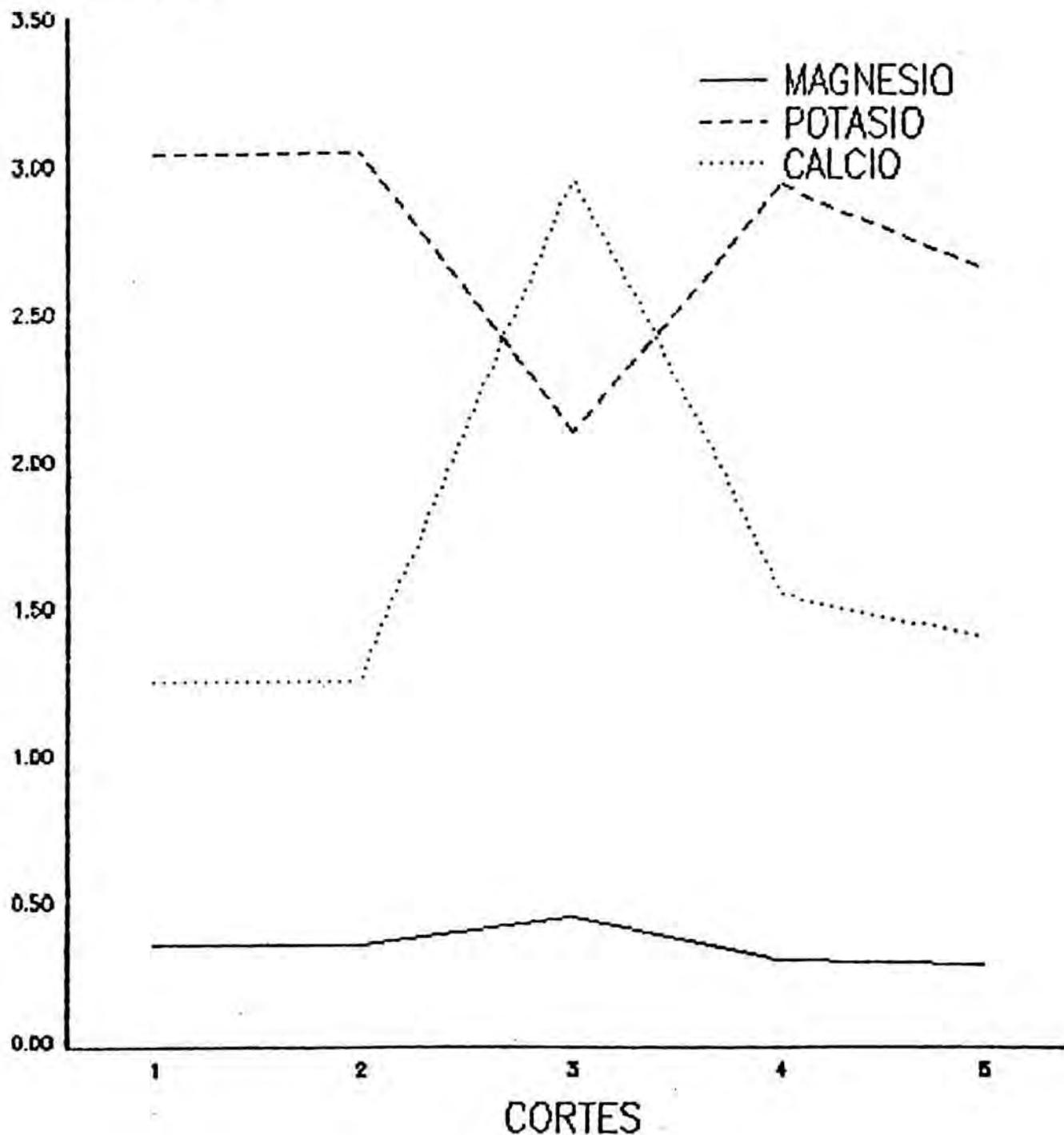
CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g)	MATERIA SECA (g)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	6.78	1.28
	a		
2º	15/08/84	4.38	0.63
	a		
3º	07/11/84	7.00	1.62
	a		
4º	07/01/85	8.04	1.89
	a		
5º	13/03/85	8.95	4.38

PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TAA2
REFERIDO A UN MES

CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g/mes)	MATERIA SECA (g/mes)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	2.26	0.43
	a		
2º	15/08/84	2.19	0.32
	a		
3º	07/11/84	2.33	0.54
	a		
4º	07/01/85	4.02	0.95
	a		
5º	13/03/85	4.48	2.19

POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO CONTENIDO EN TAA2

% sobre m.s.



GRAFICA 41

D. - MICROCOSMOS ARD1

Las matrices constituyentes del *microcosmos* ARD1, son:

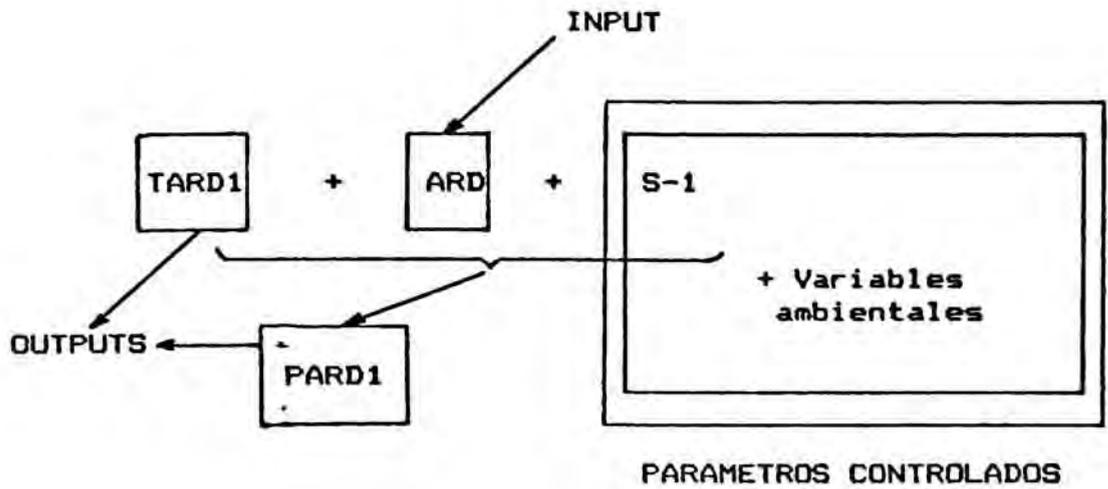
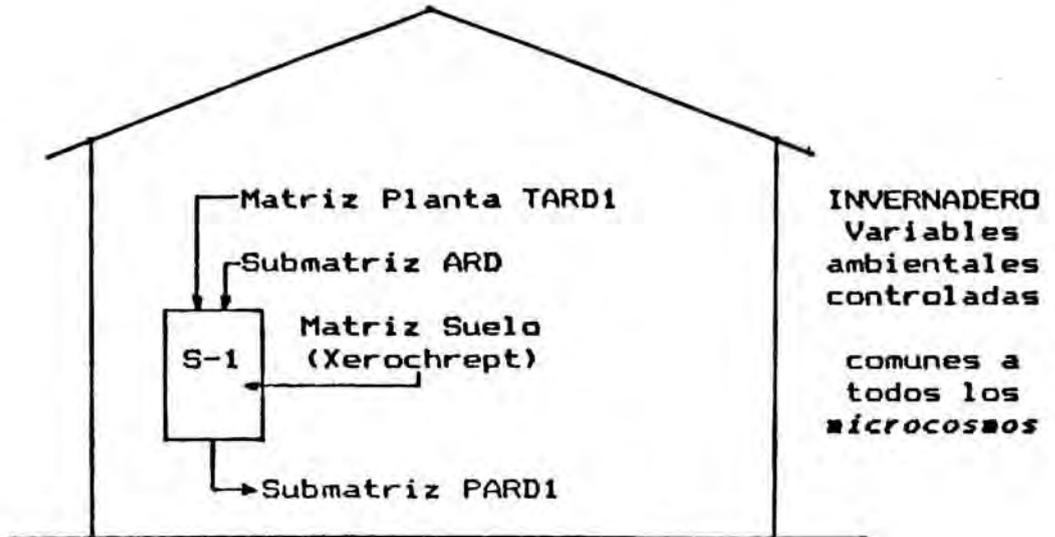
- Matriz Suelo: Suelo-1 o S-1.
- Matriz Agua:
 - . Submatriz Agua de Riego:
Agua Residual Depurada o ARD
 - . Submatriz Agua de Percolación:
Percolado de Suelo-1 regado con Agua Residual Depurada o PARD1.
- Matriz Planta: Tejido Vegetal en Suelo-1 regado con Agua Residual Depurada o TARD1.

Tanto la descripción de la matriz Suelo-2 como de la submatriz agua de riego ARD pueden hallarse en el apartado de matrices comunes. Nos falta por describir la submatriz agua de percolación PARD1 y la matriz planta TARD1.

ESQUEMA 17

MICROCOSMOS ARD1

Representación esquemática



D1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PARD1

Constituida por el Agua Residual Depurada de Reus ARD tras su paso o percolación por el Suelo-1 sembrado con Rye-grass. Sus valores representan la media de los valores de cada uno de los percolados de las cuatro columnas lisimétricas de Suelo-1 regado con ARD.

Los mililitros de agua empleados para el riego así como los de PARD1 obtenidos vienen relacionados en la tabla VI.26 del anexo VI, en la que se han agrupado los volúmenes por quincenas. La periodicidad o número de riegos quincenal ha sido muy variable en función de la época del año y de las necesidades hídricas del *microcosmos*, pero igual que para el riego con AA.

A lo largo del ciclo anual, el volumen total de agua percolada, PARD1, correspondió al 38.4 % del volumen de ARD añadido; el 61.6 % restante quedó a disposición de las matrices Suelo y Planta.

TOTAL ARD AÑADIDA : 70.7 litros/columna/año
TOTAL PERCOLADO (PARD1): 26.9 litros/columna/año
(38.4 %)

D1.1) Cationes y aniones

La media (\bar{x}), la desviación estándar (S), el valor máximo (máx) y mínimo (mín) de todos los cationes y aniones determinados en el PARD1 se indican en la página siguiente (tabla 12).

Los comentarios sobre los valores obtenidos en PARD1 se realizarán más adelante, en el apartado de BALANCES.

TABLA 12:
VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES
ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS
EN EL PARD1

<u>CONDUCTIVIDAD</u> (MicroS/cm)		<u>CALCIO</u> (mg/l)		<u>SODIO</u> (mg/l)	
\bar{x} = 1787.67		\bar{x} = 200.53		\bar{x} = 189.78	
S = 437.37		S = 45.77		S = 73.62	
máx = 2737.00		máx = 308.62		máx = 284.97	
mín = 699.00		mín = 118.04		mín = 23.69	
<u>POTASIO</u> (mg/l)		<u>MAGNESIO</u> (mg/l)		<u>NITRATOS</u> (mg/l)	
\bar{x} = 0.37		\bar{x} = 10.17		\bar{x} = 41.41	
S = 0.33		S = 5.00		S = 40.74	
máx = 1.49		máx = 22.25		máx = 132.10	
mín = 0.00		mín = 3.40		mín = 3.10	
<u>FOSFATOS</u> (mg/l)		<u>CLORUROS</u> (mg/l)		<u>SULFATOS</u> (mg/l)	
\bar{x} = 5.97		\bar{x} = 173.77		\bar{x} = 284.25	
S = 2.68		S = 72.45		S = 111.49	
máx = 14.34		máx = 360.53		máx = 524.97	
mín = 2.44		mín = 46.09		mín = 77.81	
<u>BICARBONATOS</u> (mg/l)		<u>pH</u> (unidades)		<u>DQO</u> (mg/l O ₂)	
\bar{x} = 446.29		\bar{x} = 7.65		\bar{x} = 57.93	
S = 134.20		S = 0.13		S = 16.12	
máx = 723.46		máx = 8.00		máx = 98.30	
mín = 248.27		mín = 7.40		mín = 32.40	

Hemos calculado la proporción que cada uno de los cationes y aniones del percolado representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en las aguas de riego:

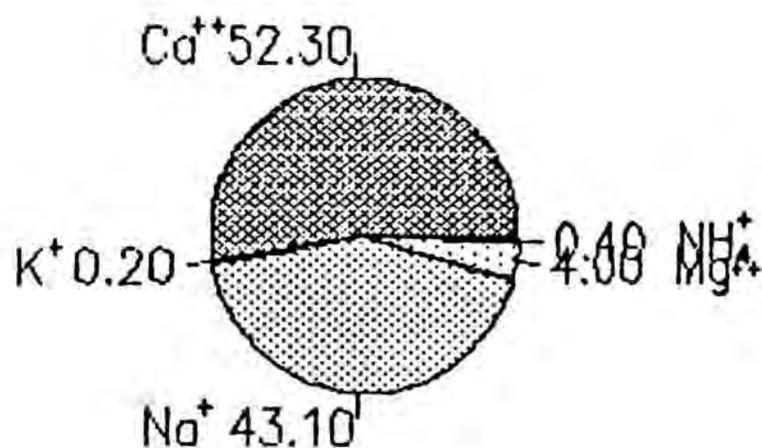
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

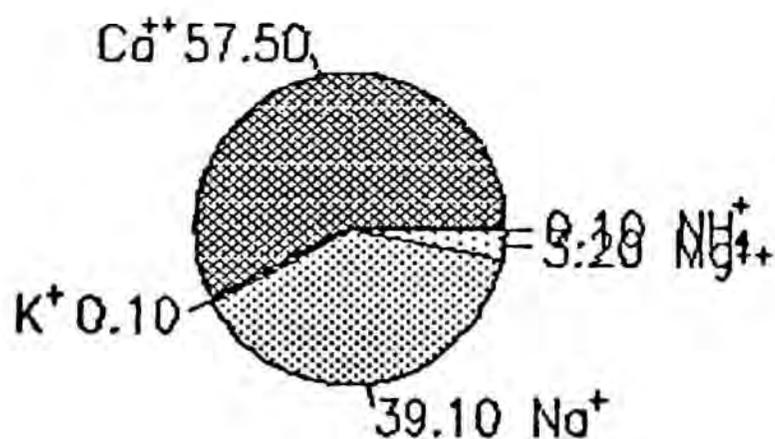
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

CACIONES EN PARD1

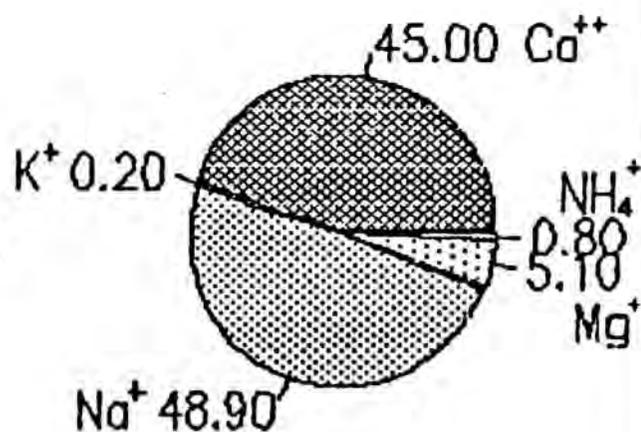
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



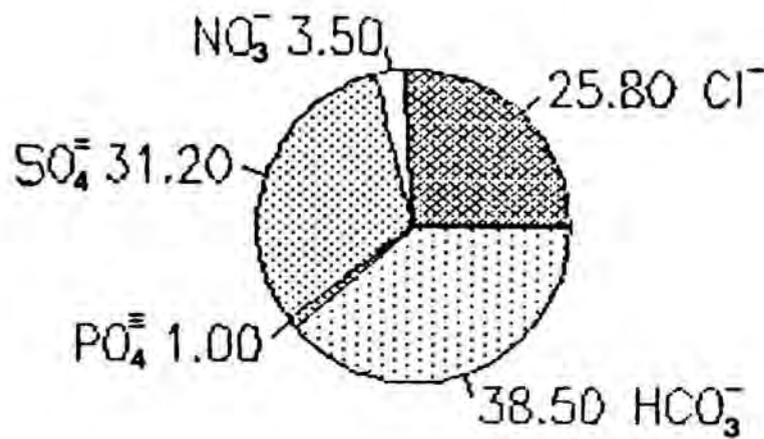
PRIMER PERIODO



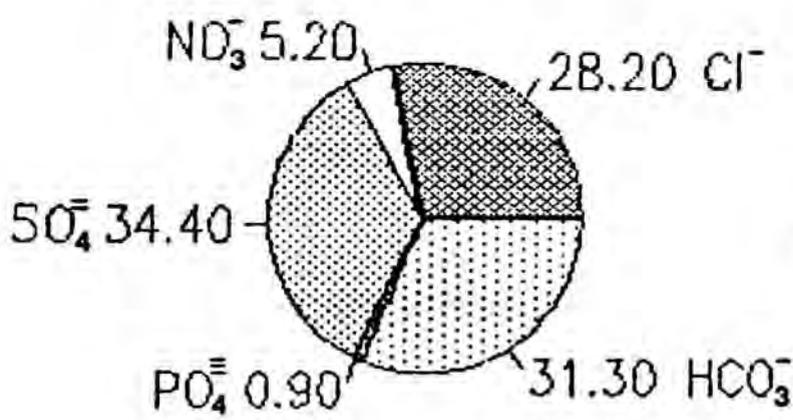
SEGUNDO PERIODO

ANIONES EN PARD1

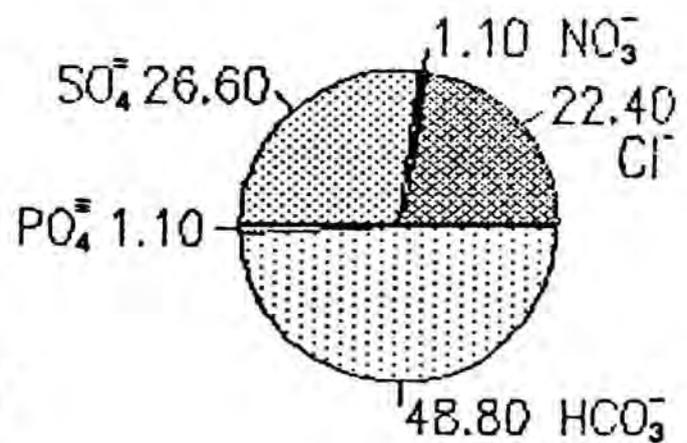
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

Los metales pesados determinados en PARD1 son: cadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc. Según los resultados obtenidos, podemos distinguir tres grupos de metales, al igual que en las aguas de riego:

Grupo 1 : Aquellos metales pesados que, si existen, están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica.

Límite de detección (mg/l)	
Cd	0.0005
Co	0.006
Cu	0.001
Cr	0.002
Mn	0.001
Pb	0.01

Grupo 2 : Aquellos metales pesados que, en la mayoría de las muestras, si existen están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica en las condiciones en que se ha trabajado. No obstante, en algunas de las muestras valoradas, su concentración llega a ser detectada por el aparato, aunque a un nivel muy cercano al límite. Seguidamente se indican las fechas en que se han presentado trazas de estos metales en el PARD1 analizado.

	Límite de detección (mg/l)	Fechas
Fe	0.003	22/01/85, 19/02/85, 26/03/85
Ni	0.004	26/06/84, 10/07/84

Grupo 3 : Aquellos metales que se presentan en todas las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas.

	Límite de detección (mg/l)	Valores (mg/l)
Zn	0.0008	Máx: 0.10 Mín: Trazas

D1.2) Correlaciones interparamétricas

Se ha efectuado un tratamiento estadístico de todos los datos anteriores, hallando el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los distintos parámetros del PARD1. El significado de los valores de dicho coeficiente viene explicado cuando se estudian las correlaciones interparamétricas en el AA.

En la tabla 13 se indican los coeficientes de correlación existentes entre parámetros dentro del PARD1 y su grado de significación. Podemos decir que de las setenta y ocho posibles combinaciones interparamétricas en ambos sentidos (p.e. Cond. - Na y Na - Cond.), se dan diecinueve casos de correlaciones altamente significativas, de las cuales una negativa ; dicho de otra forma, las variaciones de uno de los parámetros vienen explicadas en su mayor parte por las variaciones del otro. De las restantes correlaciones, nueve son medianamente significativas siendo seis negativas, y cuatro son poco significativas de las cuales una es negativa.

D2 - MATRIZ PLANTA TARDI

Viene representada, como ya se indicó, por Rye-grass inglés o *Lolium perenne* L. sembrado, antes de iniciar los riegos, en Suelo-1 y regado con Agua Residual Depurada ARD. Como es de suponer, todos los resultados obtenidos en cuanto a composición de este Tejido Vegetal se refieren a la parte del Rye-grass cosechada (cortada por encima del borde del lisímetro).

Los resultados de las determinaciones analíticas realizadas pueden encontrarse en el anexo VI.

Seguidamente efectuaremos un comentario de estos resultados.

D2.1) Materia verde - Materia seca

Según puede verse en la tabla 14, resumen de las tablas VI.27 y VI. 28 del anexo correspondiente y cuyos valores hemos referido a un mes:

- La mayor producción de materia verde tiene lugar durante el segundo período (15/06 a 15/08), mientras que la menor se da en el tercero (15/08 a 07/11), al igual que vimos en el caso de la Matriz TAA1.

- La mayor producción de materia seca también se obtiene en el último corte, debido a las fuertes heladas de la época, tal como sucedió en TAA1 y TAA2, aunque de forma mucho menos acusada.

D2.2) % Cenizas - % Materia orgánica

Se mantienen relativamente uniformes los porcentajes de cenizas/materia orgánica durante todo el ciclo anual, aunque, al igual que se ha comentado para las matrices TAA1 y TAA2, en los cortes cuarto y quinto se presenta un menor % de cenizas que en los restantes cortes, lo que equivale a un mayor % de materia orgánica.

D2.3) % Calcio

Tiene lugar un incremento de más del 300 % en el contenido en calcio obtenido en el primer corte y el obtenido en el segundo corte, máximo del ciclo anual. Los valores descienden en los cortes posteriores.

D2.4) % Potasio

Se observa una diferencia notable entre los contenidos en potasio de los dos primeros cortes, siendo máximo en el segundo, y los de los tres últimos, siendo mínimo en el quinto corte.

D2.5) % Magnesio

Siendo bajos los porcentajes de magnesio hallados, podemos ver que el máximo contenido se sitúa en el segundo corte, luego disminuye hasta un mínimo en el quinto corte.

Si efectuamos una comparación entre contenidos de potasio, de calcio y de magnesio en el TARD1 (gráfica 39), se observa que los signos de los coeficientes de correlación de Ca - K y Mg - K son positivos, contrariamente a lo que se ha visto en TAA1 y TAA2. No existe, por tanto, antagonismo entre estos elementos.

<u>COEFICIENTES DE CORRELACION</u>		
$\frac{\text{Ca} - \text{Mg}}{r = 0.78}$	$\frac{\text{Ca} - \text{K}}{0.17}$	$\frac{\text{Mg} - \text{K}}{0.72}$

D2.6) % Sodio

El máximo contenido de sodio se presenta en el segundo corte; luego hay un descenso brusco de contenido, seguido de un aumento y de un nuevo descenso.

D2.7) % Fósforo

El máximo de contenido se obtiene en el segundo corte, mientras que el mínimo se da en el tercer corte. Los valores obtenidos en los restantes cortes son muy similares.

D2.B) Microelementos

Resumiremos en el cuadro siguiente los valores obtenidos de cada uno de los microelementos determinados en TARD1 y que pueden hallarse en el anexo VI.

Microelemento ($\mu\text{g/g}$)	Mínimo	Máximo
Zn	16	51
Cu	8	32*
Mn	58	191
Fe	57	116

Ni	<1d.	T ³
Co	<1d.	T ³
Cd, Cr, Pb	<1d.	<1d.

(3) Trazas en tres repeticiones.

(4) Trazas en cuatro repeticiones.

Los resultados anteriores nos indican que las concentraciones de cobre alcanzan valores (*) que pueden considerarse altos según la bibliografía consultada (42, 43, 44, 45).

TABLA 14:
PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TARDI
EN CADA UNO DE LOS CORTES EFECTUADOS

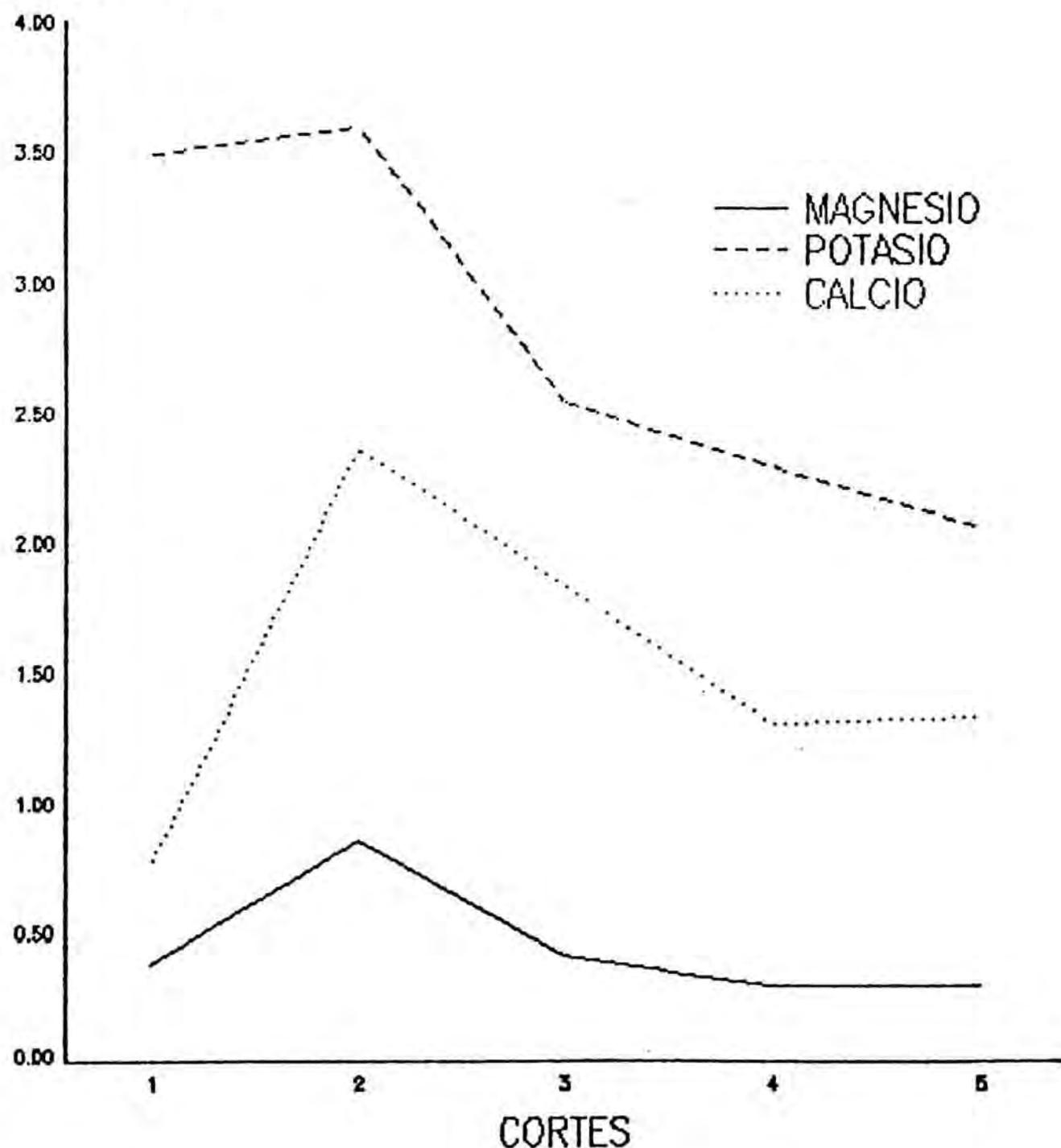
CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g)	MATERIA SECA (g)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	91.78	17.58
	a		
2º	15/08/84	117.64	8.55
	a		
3º	07/11/84	51.25	7.54
	a		
4º	07/01/85	64.15	10.86
	a		
5º	13/03/85	91.42	19.64

PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TARDI
REFERIDO A UN MES

CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g/mes)	MATERIA SECA (g/mes)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	30.59	5.86
	a		
2º	15/08/84	58.82	4.28
	a		
3º	07/11/84	17.08	2.51
	a		
4º	07/01/85	32.08	5.43
	a		
5º	13/03/85	45.71	9.82

POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO CONTENIDO EN TARD1

% sobre m.s.



GRAFICA 44

E. - MICROCOSMOS ARD2

Las matrices constituyentes del *microcosmos* ARD2, son:

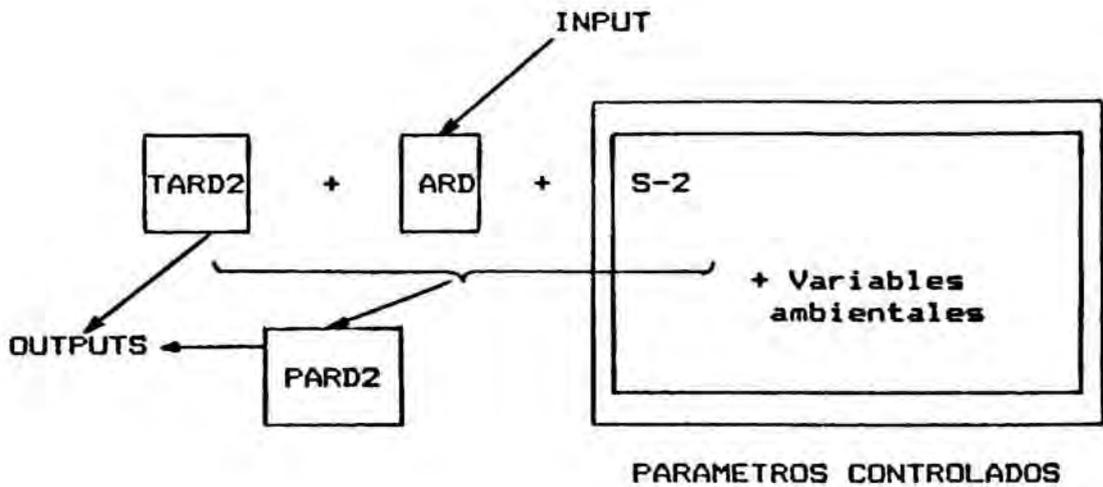
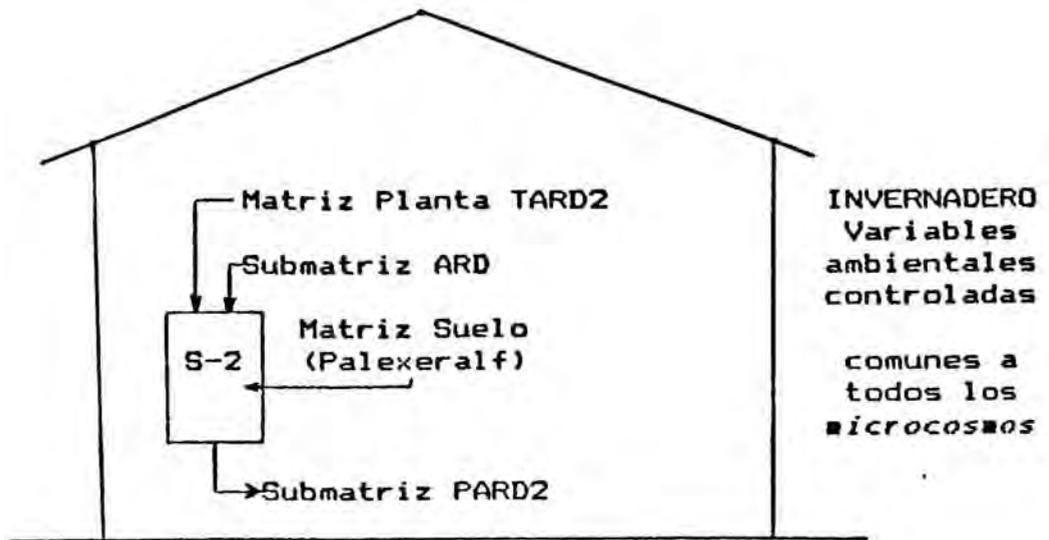
- Matriz Suelo: Suelo-2 o S-2.
- Matriz Agua:
 - . Submatriz Agua de Riego:
Agua Residual Depurada o ARD
 - . Submatriz Agua de Percolación:
Percolado de Suelo-2 regado con Agua Residual Depurada o PARD2.
- Matriz Planta: Tejido Vegetal en Suelo-2 regado con Agua Residual Depurada o TARD2.

La Matriz Suelo-2 así como la submatriz agua de riego ARD ya han sido definidas en el apartado de matrices comunes. A continuación pasaremos a describir la Submatriz Agua de Percolación PARD2 y la Matriz Planta TARD2.

ESQUEMA 18

MICROCOSMOS ARD2

Representación esquemática



E1 - SUBMATRIZ AGUA DE PERCOLACION PARD2

Constituida por el Agua Residual Depurada de Reus ARD tras su paso o percolación por el Suelo-2 sembrado con Rye-grass. Sus valores representan la media de los valores de cada uno de los percolados de las cuatro columnas lisimétricas de Suelo-2 regado con ARD.

Los mililitros de agua empleados para el riego así como los de PAA2 obtenidos vienen relacionados en la tabla VI.26 del anexo VI, en la que se han agrupado los volúmenes por quincenas. La periodicidad o número de riegos quincenal ha sido muy variable en función de la época del año y, por tanto, de las necesidades hídricas del *microcosmos*.

A lo largo del ciclo anual, el volumen total de agua percolada, PARD2, correspondió al 42.4 % del volumen de ARD añadido; el 57.6 % restante quedó a disposición de las matrices Suelo y Planta.

TOTAL ARD AÑADIDA : 70.7 litros/columna/año
TOTAL PERCOLADO (PARD2): 29.7 litros/columna/año
(42.4 %)

E1.1) Cationes y aniones

La media (\bar{x}), la desviación estándar (S), el valor máximo (máx) y mínimo (mín) de todos los parámetros determinados en el PARD2 se indican en la página siguiente (tabla 15).

Los comentarios sobre los valores obtenidos en PARD2 se realizarán más adelante, en el apartado de BALANCES.

TABLA 15:
VALORES MEDIOS, MAXIMOS Y MINIMOS Y DESVIACIONES
ESTANDAR DE LOS VALORES DE LOS PARAMETROS DETERMINADOS
EN EL PARD2

<u>CONDUCTIVIDAD</u> (MicroS/cm)		<u>CALCIO</u> (mg/l)		<u>SODIO</u> (mg/l)	
\bar{x} = 1751.89	\bar{x} = 192.84	\bar{x} = 168.71			
S = 401.64	S = 55.88	S = 77.17			
máx = 2482.00	máx = 381.16	máx = 278.76			
mín = 784.00	mín = 113.03	mín = 28.29			
<u>POTASIO</u> (mg/l)		<u>MAGNESIO</u> (mg/l)		<u>NITRATOS</u> (mg/l)	
\bar{x} = 0.92	\bar{x} = 22.08	\bar{x} = 60.85	\bar{x} = 0.98		
S = 0.57	S = 5.63	S = 65.92	S = 0.81		
máx = 2.19	máx = 39.87	máx = 233.70	máx = 2.57		
mín = 0.04	mín = 15.32	mín = 5.60	mín = <ld.		
<u>FOSFATOS</u> (mg/l)		<u>CLORUROS</u> (mg/l)		<u>SULFATOS</u> (mg/l)	
\bar{x} = 6.83	\bar{x} = 165.93	\bar{x} = 259.58			
S = 3.03	S = 58.31	S = 94.36			
máx = 12.44	máx = 345.64	máx = 504.32			
mín = 0.92	mín = 22.69	mín = 74.93			
<u>BICARBONATOS</u> (mg/l)		<u>pH</u> (unidades)		<u>DQO</u> (mg/l O ₂)	
\bar{x} = 464.59	\bar{x} = 7.67	\bar{x} = 54.53			
S = 136.37	S = 0.13	S = 16.88			
máx = 747.86	máx = 8.00	máx = 96.80			
mín = 275.11	mín = 7.50	mín = 25.20			

Hemos calculado la proporción que cada uno de los cationes y aniones del percolado representa respecto a la suma de todos ellos. Lo hemos hecho, por una parte, para todo el conjunto del ciclo anual y, por otra, desglosando en los dos periodos que se destacan en las aguas de riego:

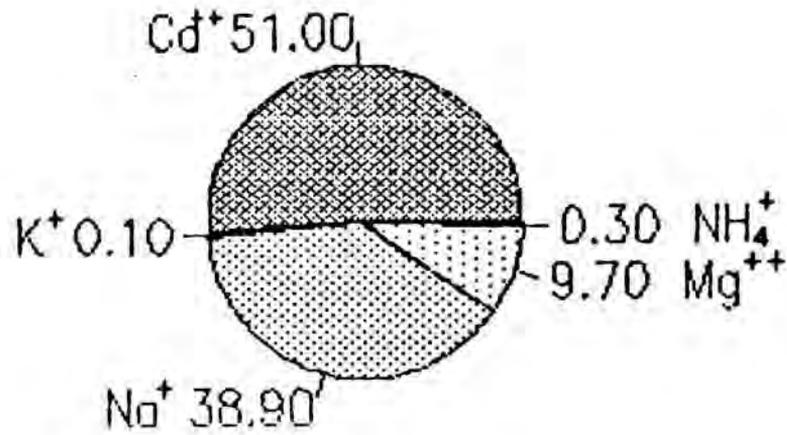
- primer periodo: desde el inicio de la experiencia hasta el 17/10/84, en el que el Pantano de Riudecanyes era la fuente principal de AA.

- segundo periodo: desde el 31/10/84 hasta el final de la experiencia, en que predominaron las aguas de pozos y minas para el suministro.

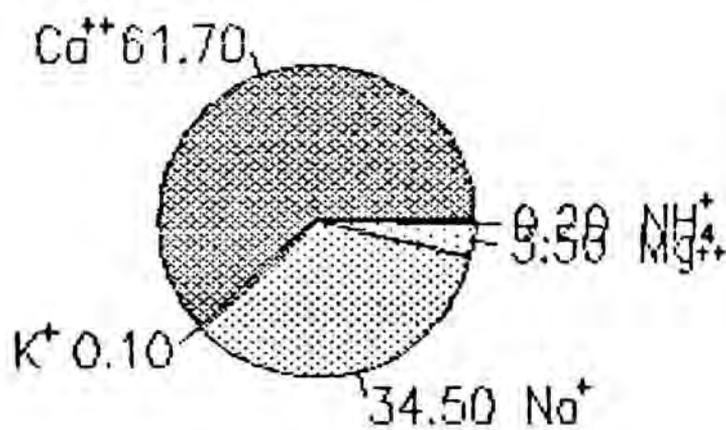
Puede observarse que las diferentes fuentes hacen variar, a veces significativamente, los porcentajes de cada ión respecto al total.

CACIONES EN PARDZ

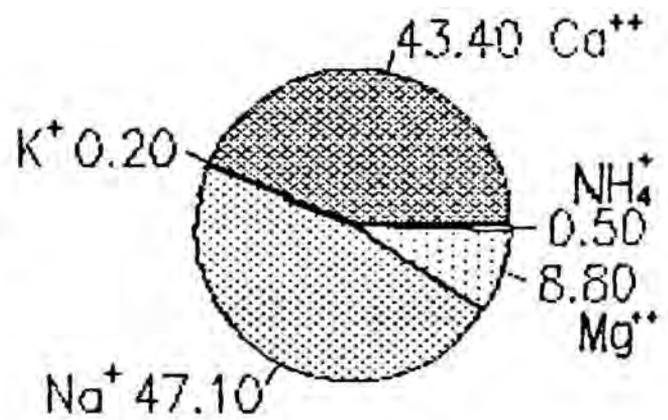
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



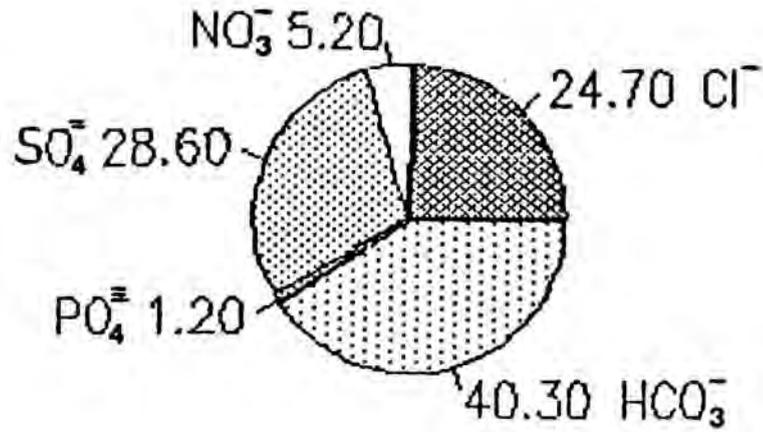
PRIMER PERIODO



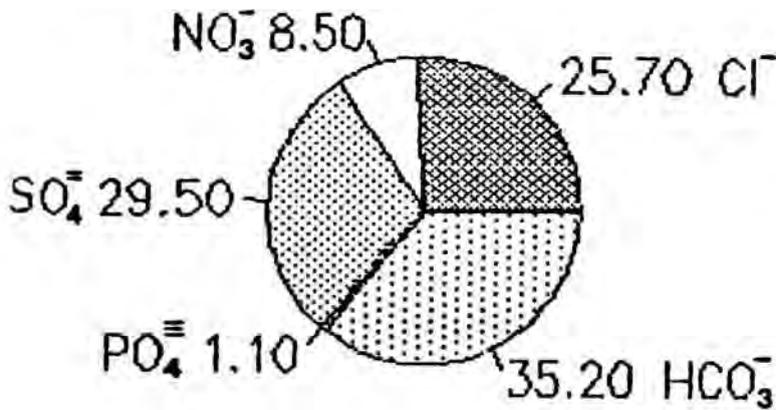
SEGUNDO PERIODO

ANIONES EN PARDZ

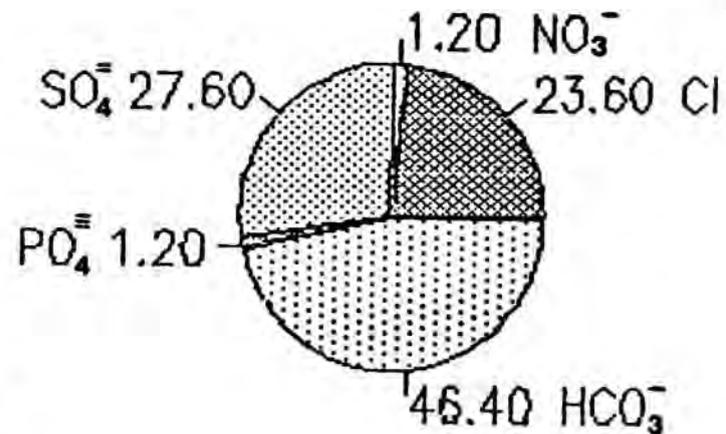
Proporcion de iones, %



CICLO ANUAL



PRIMER PERIODO



SEGUNDO PERIODO

Los metales pesados determinados en PARD2 son: gadmio, cobalto, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc. Según los resultados obtenidos, podemos distinguir tres grupos de metales, al igual que en las aguas de riego:

Grupo 1 : Aquellos metales pesados que, si existen, están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica.

Límite de detección (mg/l)	
Cd	0.0005
Cu	0.001
Mn	0.001
Pb	0.01

Grupo 2 : Aquellos metales pesados que, en la mayoría de las muestras, si existen están por debajo del límite de detección del aparato de absorción atómica en las condiciones en que se ha trabajado. No obstante, en algunas de las muestras valoradas, su concentración llega a ser detectada por el aparato, aunque a un nivel muy cercano al límite. Seguidamente se indican las fechas en que se han presentado trazas de estos metales en el PARD2 analizado.

	Límite de detección (mg/l)	Fechas
Co	0.006	02/05/84, 06/02/85
Cr	0.002	26/03/85
Fe	0.003	a partir de 11/12/84
Ni	0.004	26/06/84

Grupo 3 : Aquellos metales que se presentan en todas las muestras analizadas aunque en concentraciones muy bajas.

	Límite de detección (mg/l)	Valores (mg/l)
Zn	0.0008	Máx: 0.09 Mín: Trazas

E1.2) Correlaciones interparamétricas

Se ha efectuado un tratamiento estadístico de todos los datos anteriores, hallando el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre los distintos parámetros del PARD2. El significado de los valores de dicho coeficiente viene explicado cuando se estudian las correlaciones interparamétricas en el AA.

En la tabla 16 se indican los coeficientes de correlación existentes entre parámetros dentro del PARD2 y su grado de significación. Podemos decir que de las setenta y ocho posibles combinaciones interparamétricas en ambos sentidos (p.e. Cond. - Na y Na - Cond.), se dan trece casos de correlaciones altamente significativas; dicho de otra forma, las variaciones de uno de los parámetros vienen explicadas en su mayor parte por las variaciones del otro. De las restantes correlaciones, siete son medianamente significativas siendo dos negativas, y seis son poco significativas de las cuales dos son negativas.

E2 - MATRIZ PLANTA TARD2

Viene representada, como ya se indicó, por Rye-grass inglés o *Lolium perenne* L. sembrado, antes de iniciar los riegos, en Suelo-2 y regado con Agua Residual Depurada ARD. Como es de suponer, todos los resultados obtenidos en cuanto a composición de este Tejido Vegetal se refieren a la parte del Rye-grass cosechada (cortada por encima del borde del lisímetro).

Los resultados de las determinaciones analíticas realizadas pueden encontrarse en el anexo VI.

Seguidamente efectuaremos un comentario de estos resultados.

E2.1) Materia verde - Materia seca

Según puede verse en la tabla 17, resumen de las tablas VI.27 y VI. 28 del anexo correspondiente y cuyos valores hemos referido a un mes:

- La mayor producción de materia verde tiene lugar durante el quinto y último periodo (07/01 a 13/03), al igual que se obtuvo en la Matriz Planta TAA2 y a diferencia de TAA1 y TARD1.

- Siguiendo la tónica de las otras Matrices Plantas TAA1, TAA2 y TARD1 ya estudiadas, la mayor producción de materia seca se obtiene en el último periodo, época de fuertes heladas.

E2.2) % Cenizas - % Materia orgánica

La situación comentada en el caso de TAA1, TAA2 y TARD1 sobre el menor % de cenizas (mayor % de materia orgánica) en los cortes cuarto y quinto se repite para TARD2, aunque de forma más acentuada en el cuarto y menos acusada en el quinto corte.

E2.3) % Calcio

Los mayores porcentajes de calcio se obtienen en los cortes segundo y tercero. En los restantes cortes, los contenidos son la mitad de éstos.

E2.4) % Potasio

Al igual que en TARD1, los dos primeros cortes se diferencian de los tres últimos, alcanzándose el máximo en el segundo y el mínimo en el cuarto.

E2.5) % Magnesio

El contenido máximo de magnesio se obtiene en el segundo corte; luego se reduce de casi la mitad y va descendiendo en los restantes cortes.

Si efectuamos una comparación entre contenidos de potasio, de calcio y de magnesio en el TARD2 (gráfica 40), se observa, al igual que TARD1 y contrariamente a TAA1 y TAA2 que los coeficientes de correlación de Ca - K y Mg - K son positivos. No existe, por tanto, antagonismo entre estos elementos.

COEFICIENTES DE CORRELACION		
$r = \frac{\text{Ca} - \text{Mg}}{0.76}$	$\frac{\text{Ca} - \text{K}}{0.58}$	$\frac{\text{Mg} - \text{K}}{0.81}$

E2.6) % Sodio

El máximo contenido de sodio en TARD2 tiene lugar en el segundo corte, siendo del orden de 3 - 3,5 veces superior a los contenidos obtenidos en los demás cortes.

E2.7) % Fósforo

El comportamiento es muy similar a TARD1; el máximo contenido se presenta en el segundo corte, con un valor muy superior al de los demás cortes.

E2.8) Metales pesados

Resumiremos en el cuadro siguiente los valores obtenidos de cada uno de los microelementos determinados en TARD2 y que pueden hallarse en el anexo VI:

Microelemento ($\mu\text{g/g}$)	Mínimo	Máximo
Zn	12*	71
Cu	5	33*
Mn	45	150
Fe	60	123

Ni	<ld.	T*
Co	<ld.	<ld.
Cd, Cr, Pb	<ld.	<ld.

(4) Trazas en cuatro repeticiones.

Cabe destacar de los resultados obtenidos la concentración máxima de cobre, que puede considerarse alta, así como la concentración mínima de zinc que, por lo contrario, puede considerarse baja, según se deduce de la bibliografía consultada (42,43,44,45).

TABLA 17:
PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TARD2
EN CADA UNO DE LOS CORTES EFECTUADOS

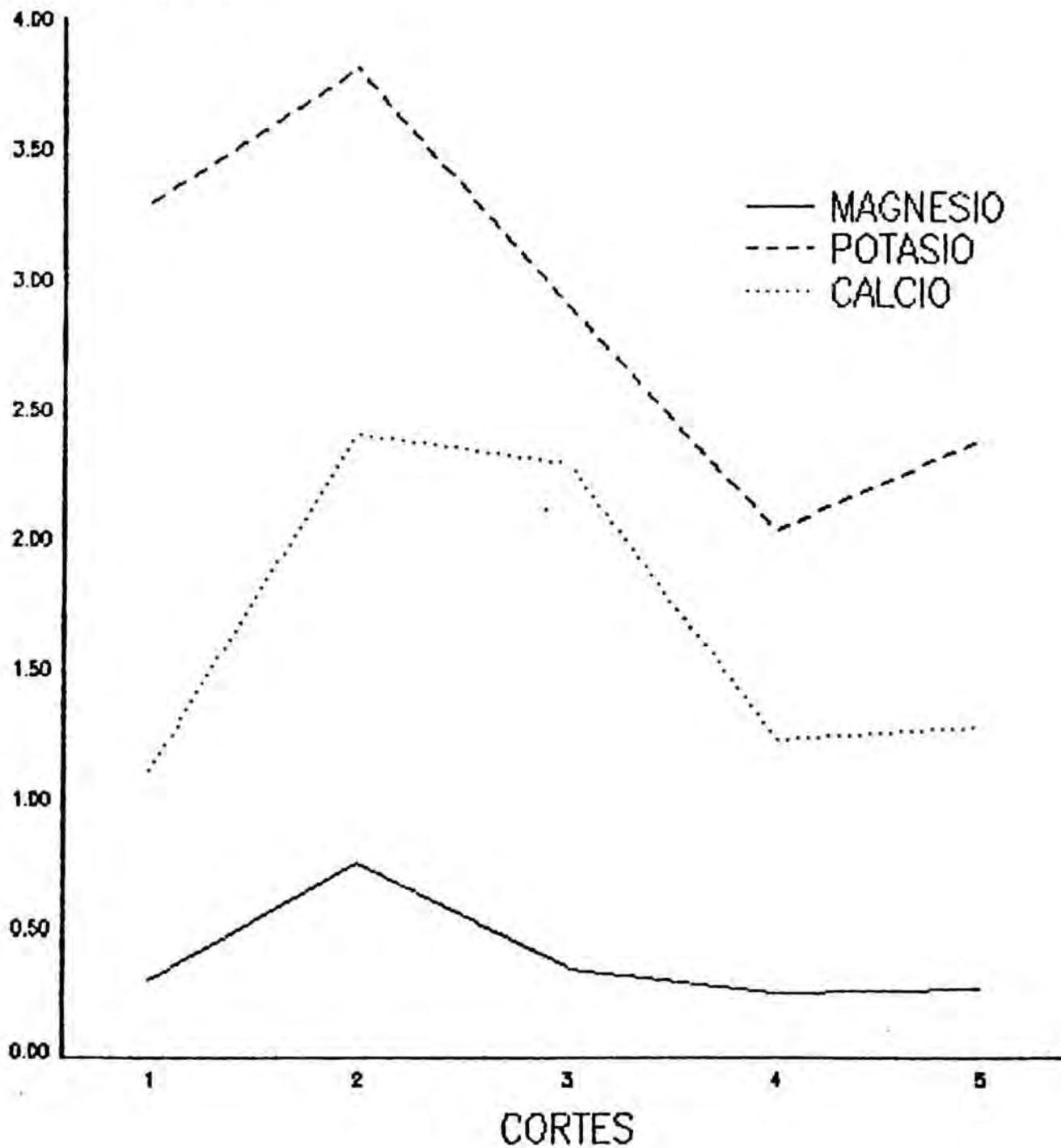
CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g)	MATERIA SECA (g)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	95.25	19.25
	a		
2º	15/08/84	63.42	4.58
	a		
3º	07/11/84	67.31	10.20
	a		
4º	07/01/85	59.46	10.56
	a		
5º	13/03/85	93.95	17.46

PRODUCCION DE MATERIA VERDE Y MATERIA SECA EN TARD2
REFERIDO A UN MES

CORTE	PERIODO	MATERIA VERDE (g/mes)	MATERIA SECA (g/mes)
	21/03/84		
	a		
1º	15/06/84	31.75	6.42
	a		
2º	15/08/84	31.71	2.29
	a		
3º	07/11/84	22.44	3.40
	a		
4º	07/01/85	29.73	5.28
	a		
5º	13/03/85	46.98	8.73

POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO CONTENIDO EN TARD2

% sobre m.s.



GRAFICA 47

TRATAMIENTO ESTADISTICO

Después de determinar las características de las matrices que forman parte de cada *microcosmos* hemos procedido a un tratamiento estadístico de los datos obtenidos.

Para ello hemos calculado, en primer lugar, los miliequivalentes totales anuales de los parámetros de salinidad en las matrices agua - de riego y de percolación - y planta, desde el inicio de la experiencia hasta la fecha del último corte del Rye-grass. Hemos efectuado igualmente una operación de resta entre el valor de entrada (en AA o ARD) y los valores de salida (en percolado más en planta). Todo ello se incluye en las páginas siguientes.

Seguidamente, por una parte hemos realizado unas pruebas de significabilidad de diferencias, es decir que hemos estudiado si las cuatro repeticiones que integran un determinado *microcosmos* pertenecen o no a la misma población. Hemos hallado, tal como puede verse en el anexo VII y para cada parámetro, la media de los cuatro valores, la desviación estándar, el error típico, el coeficiente de variación y los intervalos de confianza para una probabilidad de 0.05 y de 0.01. Lo hemos hecho para los valores de percolados, de tejido vegetal cosechado y también para los valores del balance entrada-salida.

Por otra parte, hemos realizado un análisis de la varianza de los valores de los distintos parámetros estudiados, en los percolados y en el tejido vegetal de cada *microcosmos*, para determinar si el uso de la instalación propuesta nos permite o no diferenciar un tipo de tratamiento de otro y también un tipo de suelo de otro.

MICROCOSMOS AA1 REPETICION 1

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
247.5	94.74	0.68	394.51	173.22	11.31	2.83	70.70	180.29	349.26	70 700

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESPED: TAA1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
1.40	12.05	15.24	5.74	17.35	2.34	13.3

COLUMNA
SUELO-1

Sodio	: 35.52
Magnesio	: 130.44
Cloruros	: 18.30
Sulfatos	: 25.35
Bicarb.	: 93.59
SAR	: 0.09
SARaj	: 0.21
Conductiv.:-176.00 (µS/cm)	
Potasio	: -8.87
Calcio	: -18.24
Nitrógeno	: -11.91
Fósforo	: -1.23

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA1

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1023.50	57.82	0.50	397.51	37.04	5.87	1.72	52.40	154.94	255.67	45 172

SAR: 0.58 SARaj: 1.33

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS AA1 REPETICION 2

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. μS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
847.5	94.74	3.68	394.51	173.22	11.31	2.87	70.70	180.29	349.26	70 700

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESPED: TAA1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat. s.
1.09	6.67	7.28	2.77	11.82	1.28	5.6

COLUMNA
SUELO-1

Sodio	: 23.08
Magnesio	: 130.49
Fósforo	: 0.10
Cloruros	: 14.14
Sulfatos	: 22.54
Bicarb.	: 80.45
SAR	: 0.00
Conductiv.:	-94.70
	(μS/cm)
SARaj	: -0.07
Potasio	: -3.35
Calcio	: -6.64
Nitrógeno	: -6.74

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA1

Conduct. μS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
942.20	70.57	0.36	393.87	39.96	6.23	1.45	56.56	157.75	268.81	51 893

SAR: 0.67 SARaj: 1.61

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 19

MICROCOSMOS AA1 REPETICION 3

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. E/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
87.5	94.74	3.68	394.51	173.22	11.31	2.85	70.70	180.29	349.26	70 766

SAR: 0.57 SARaj: 1.54

CESPED: TAA1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
0.94	8.03	10.07	3.35	12.41	1.14	8.0

COLUMNA
SUELO-1

Sodio	: 34.37
Magnesio	: 131.44
Cloruros	: 15.36
Sulfatos	: 29.65
Bicarb.	: 88.98
SAR	: 0.10
SARaj	: 0.17
Conductiv.:	-62.20
	(µS/cm)
Potasio	: -4.66
Calcio	: -6.50
Nitrógeno	: -6.74
Fósforo	: -0.15

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA1

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
909.70	59.43	0.31	390.94	38.43	5.64	1.84	55.34	150.64	260.28	51 237

SAR: 0.57 SARaj: 1.37

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 20

MICROCOSMOS AA1 REPETICION 4

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN m ³
847.5	94.74	3.68	394.51	177.22	11.31	2.82	76.70	180.29	349.26	70 700

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESPED: TAA1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat. s.
0.84	7.24	7.51	2.95	8.58	1.34	4.3

COLUMNA
SUELO-1

Sodio	: 34.02
Calcio	: 2.99
Magnesio	: 119.94
Cloruros	: 11.07
Sulfatos	: 33.69
Bicarb.	: 94.90
SAR	: 0.11
SARaj	: 0.31
Conductiv.:	-35.10
	(µS/cm)
Potasio	: -4.27
Nitrógeno	: -3.83
Fósforo	: -0.21

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA1

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN el
882.60	60.72	0.71	384.01	50.33	6.56	1.70	59.63	146.60	254.36	54 702

SAR: 0.56 SARaj: 1.23

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 21

TABLA 22

MICROCOSMOS AA1

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN m ³
37.5	94.74	3.68	394.51	173.22	11.31	2.85	70.70	180.29	749.26	70716

SAR: 0.47 SARaj: 1.54

CESPED: TAA1

	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g. es.
\bar{X} =	1.07	9.50	10.03	3.70	12.54	1.53	7.80
S =	0.24	2.43	3.70	1.38	3.62	0.55	3.97
máx =	1.40	12.05	15.24	5.74	17.75	2.74	13.30
mín =	0.84	6.67	7.28	2.77	8.58	1.14	4.30

COLUMNA
SUELO-1

	\bar{X}	S	máx	mín
Sodio :	31.75	5.81	35.52	23.08
Magnesio :	128.08	5.44	131.44	119.94
Cloruros :	14.72	2.99	18.70	11.07
Sulfatos :	27.81	4.89	32.69	22.54
Bicarb. :	89.48	6.53	94.90	80.45
SAR :	0.08	0.05	0.11	0.00
SARaj :	0.16	0.16	0.31	- 0.07
Conductiv.:	-92.00	61.07	-35.10	-176.00
Potasio :	- 5.29	2.45	- 3.35	- 8.87
Calcio :	- 7.10	8.69	- 2.99	- 18.24
Nitrógeno :	- 7.31	3.36	- 3.83	- 11.91
Fósforo :	- 0.37	0.59	- 0.15	- 6.74

AGUA DE SALIDA: PAA1

	Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN m ³
\bar{X} =	579.50	62.14	0.47	391.58	41.44	6.08	1.68	55.98	152.48	259.78	50751
S =	11.07	5.75	0.18	5.72	6.05	0.40	0.16	2.99	4.89	6.53	4011
máx =	1023.50	70.57	0.71	397.51	50.33	6.56	1.84	59.63	157.75	268.81	54702
mín =	822.60	57.82	0.31	384.01	37.04	5.64	1.45	52.40	146.60	254.36	45172

SAR: \bar{X} = 0.60 S = 0.05 máx = 0.67 mín = 0.56 / SARaj: \bar{X} = 1.39 S = 0.16 máx = 1.61 mín = 1.23

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, MAXIMO Y MINIMO DE 4 REPETICIONES

MICROCOSMOS AA2 REPETICION 1

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN m.
847.5	94.74	3.68	394.51	173.23	11.31	2.63	70.70	180.29	349.26	70.700

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESPED: TAA2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
0.85	5.33	7.03	2.19	8.29	0.90	4.4

COLUMNA
SUELO-2

Sodio	: 32.49
Calcio	: 43.21
Magnesio	: 82.86
Cloruros	: 15.60
Sulfatos	: 41.22
Bicarb.	: 83.71
SAR	: 0.09
SARaj	: 0.15
Conductiv.:	-41.50
µS/cm:	
Potasio	: -2.23
Nitrógeno	: -3.28
Fósforo	: -1.11

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA2

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
889.00	61.40	0.58	344.27	88.17	6.30	3.04	55.10	139.07	265.55	52.480

SAR: 0.58 SARaj: 1.39

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS AA2 REPETICION 2

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
87.5	94.74	0.68	394.51	172.22	11.01	2.83	70.70	180.29	349.26	70 700

SAR: 0.07 SARaj: 1.54

CESPED: TAA2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
1.08	6.79	7.94	2.79	12.11	1.23	6.0

COLUMNA
SUELO-2

Sodio	: 33.06
Calcio	: 25.57
Magnesio	: 83.42
Cloruros	: 17.35
Sulfatos	: 40.96
Bicarb.	: 66.98
SAR	: 0.11
SARaj	: 0.20
Conductiv.:	-76.20
	(µS/cm)
Potasio	: -3.42
Nitrógeno	: -6.50
Fósforo	: -1.87

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA2

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
923.70	60.60	0.31	361.00	87.01	5.70	3.47	53.35	139.33	282.28	51 794

SAR: 0.56 SARaj: 1.34

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 24

MICROCOSMOS AA2 REPETICION 3

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrogeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
847.5	94.74	3.68	394.51	173.22	11.31	2.83	70.70	180.29	349.26	70.70

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESPED: TAA2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrogeno	Fósforo	Peso g mat.s.
1.09	7.90	6.95	2.92	11.66	1.24	6.8

COLUMNA
SUELO-2

Sodio	: 34.86
Calcio	: 31.26
Magnesio	: 89.52
Cloruros	: 19.57
Sulfatos	: 46.85
Bicarb.	: 63.96
SAR	: 0.11
SARaj	: 0.20

Conductiv.	: -77.50
	(µS/cm)
Potasio	: -4.52
Nitrogeno	: -4.95
Fósforo	: -1.58

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA2

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrogeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
921.00	58.79	0.31	354.30	80.78	4.60	3.17	51.13	133.44	285.28	51.125

SAR: 0.56 SARaj: 1.34

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS AA2 REPETICION 4

AGUA DE ENTRADA: AA

Conductiv. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
647.5	94.74	3.68	394.51	173.22	11.31	2.83	70.70	180.29	349.26	70 700

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESFED: TAA2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
0.53	4.16	7.04	2.15	7.21	1.07	7.0

COLUMNA
SUELO-2

Sodio	: 34.26
Calcio	: 24.61
Magnesio	: 98.50
Cloruros	: 16.78
Sulfatos	: 33.63
Bicarb.	: 77.12
SAR	: 0.09
SARaj	: 0.15
Conductiv.:	-75.60 (µS/cm)
Potasio	: -0.63
Nitrógeno	: -0.44
Fósforo	: -0.87

BALANCE
(-) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PAA2

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
925.10	60.48	0.15	362.86	72.57	4.54	2.67	53.92	146.66	272.14	50 397

SAR: 0.58 SARaj: 1.39

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 26

TABLA 27

MICROCOSMOS AA2

AGUA DE ENTRADA: AA

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
847.5	94.74	3.69	394.84	173.20	11.71	2.87	70.70	183.29	349.24	70730

SAR: 0.67 SARaj: 1.54

CESPED: TAAZ

	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Fec. g. MS.
\bar{X} =	0.89	6.05	7.74	2.50	9.82	1.10	6.05
S =	0.26	1.64	0.91	0.41	2.40	0.16	1.15
máx =	1.09	7.90	8.95	2.92	12.11	1.24	7.00
mín =	0.53	4.16	7.03	2.15	7.21	0.90	4.40

	\bar{Y}	S	máx.	mín.
Sodio :	33.67	1.08	34.86	32.49
Calcio :	31.16	8.52	43.21	24.61
Magnesio :	88.58	7.27	98.50	82.66
Cloruros :	17.33	1.68	19.57	15.60
Sulfatos :	40.67	5.42	46.85	33.63
Bicarb. :	72.95	5.12	82.71	62.78
SAR :	0.67	0.12	0.71	0.59
SARaj :	0.18	0.07	0.28	0.15
Conductiv.:	-66.71	16.24	-41.50	-78.20
Potasio :	- 2.70	1.67	- 0.67	- 4.57
Nitrógeno :	- 0.75	2.55	- 0.42	- 2.51
Fósforo :	- 1.71	0.45	- 0.87	- 1.87

COLUMNA
SUELO-2

AGUA DE SALIDA: FAAZ

	Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
\bar{X} =	914.20	60.32	0.34	355.60	82.13	5.29	3.09	53.40	129.63	276.31	51449
S =	16.84	1.10	0.18	6.40	7.15	0.86	0.32	1.66	5.42	9.12	890
máx =	923.70	61.40	0.58	362.86	88.17	6.30	3.47	55.10	146.66	285.29	52480
mín =	889.00	58.79	0.15	344.27	72.57	4.54	2.67	51.13	133.44	265.55	50397

SAR: \bar{X} = 0.57 S = 0.01 máx = 0.58 mín = 0.56 / SARaj: \bar{X} = 1.37 S = 0.03 máx = 1.39 mín = 1.34

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, MAXIMO Y MINIMO DE 4 REPETICIONES

MICROCOSMOS ARD1 REPETICION 1

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1875.30	465.21	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	70 700

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
38.66	39.88	40.40	17.19	90.63	26.03	46.8

COLUMNA
SUELO-1

Sodio : 204.42	BALANCE (-) retención
Calcio : 15.81	
Magnesio : 150.15	
Nitrógeno : 106.67	
Fósforo : 90.45	
Cloruros : 102.63	
Sulfatos : 42.22	
Bicarb. : 469.43	
Conductiv.: -256.60 (µS/cm)	(-) liberación
SAR : -0.29	
SARaj : -1.10	
Potasio : -1.31	

AGUA DE SALIDA: PARD1

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1875.30	222.13	0.10	261.23	12.95	3.49	1.59	138.46	166.35	176.06	24 903

SAR: 3.80 SARaj: 9.88

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS ARD1 REPETICION 2

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. μS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1619.7	455.23	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.05	208.57	645.49	70.70

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
41.34	40.10	45.18	19.71	88.09	20.82	49.8

COLUMNA
SUELO-1

Sodio : 208.78	BALANCE (+) retención
Magnesio : 143.85	
Nitrógeno : 108.00	
Fósforo : 94.43	
Cloruros : 108.32	(-) liberación
Sulfatos : 44.18	
Bicarb. : 464.90	
SAR : 0.00	
Conductiv.: -200.90	
μS/cm	
SARaj : -0.27	
Potasio : -1.65	
Calcio : -3.46	

AGUA DE SALIDA: PARD1

Conduct. μS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1823.60	215.09	0.26	275.72	16.73	4.70	2.82	132.77	164.35	180.59	26.135

SAR: 3.48 SARaj: 9.05

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS ARD1 REPETICION 3

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conductiv. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1519.7	465.21	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	70.7%

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
42.33	45.87	38.27	20.12	95.93	22.14	52.9

COLUMNA
SUELO-1

Sodio	: 212.56
Calcio	: 6.94
Magnesio	: 133.23
Nitrógeno	: 97.90
Fósforo	: 86.73
Cloruros	: 122.52
Sulfatos	: 64.34
Bicarb.	: 429.89
SAR	: 0.35
SARaj	: 0.56
Conductiv.:	-4.00
	(µS/cm)
Potasio	: -8.50

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PARD1

Conduct. S/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1525.70	210.00	1.30	272.23	26.84	6.96	9.20	119.57	144.23	215.60	29.494

SAR: 3.16 SARaj: 8.22

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS ARD1 REPETICION 4

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1619.7	455.21	36.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.69	206.57	645.49	70.706

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD1

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
38.33	45.94	41.32	19.49	97.24	23.77	52.1

COLUMNA

Sodio : 212.96	BALANCE (+) retención
Calcio : 22.95	
Magnesio : 139.23	
Nitrógeno : 97.23	
Fósforo : 87.80	
Cloruros : 112.94	- liberación
Sulfatos : 80.42	
Bicarb. : 456.26	
Conductividad: -165.40 µS/cm)	
SAR : -0.07	
SARaj : -0.50	
Potasio : -8.31	

AGUA DE SALIDA: PARD1

Conduct. S/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1785.10	213.92	1.04	253.17	21.57	6.32	6.50	128.15	149.72	189.23	25.993

SAR: 3.58 SARaj: 9.31

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 32

MICROCOSMOS ARD1

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conductiv. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1219.7	455.21	38.67	317.44	190.29	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	70790

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD1

	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g. MS.
\bar{X} =	40.17	42.95	41.29	19.13	92.97	23.44	50.40
S =	1.97	3.42	2.89	1.32	4.77	2.14	2.74
máx =	42.33	45.94	45.18	20.12	97.24	26.02	52.90
mín =	38.33	39.88	38.27	17.19	88.09	20.82	46.90

COLUMNA
SUELO-1

	\bar{X}	S	máx	mín
Sodio	: 209.76	4.06	212.96	204.42
Calcio	: 10.56	11.41	22.95	- 3.46
Magnesio	: 141.64	7.12	150.15	133.33
Nitrógeno	: 102.45	5.67	108.00	97.23
Fósforo	: 89.85	3.43	94.47	86.73
Cloruros	: 111.60	9.41	122.52	102.63
Sulfatos	: 57.79	18.10	90.42	42.22
Bicarb.	: 455.12	17.68	449.43	423.89
Conductiv.:-	157.48	108.93	- 4.00	-256.60
SAR	:- 0.01	0.27	0.35	- 0.29
SARaj	:- 0.34	0.69	0.56	- 1.10
Potasio	:- 4.95	3.99	- 1.31	- 8.50

AGUA DE SALIDA: PARD1

	Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
X =	1777.18	215.29	0.68	265.59	19.52	5.37	4.78	129.49	156.17	190.37	26631
S =	108.93	5.06	0.59	10.33	6.02	1.57	3.09	8.41	10.88	17.68	1986
máx =	1876.30	222.13	1.30	275.72	26.84	6.96	8.20	138.46	166.35	215.60	29494
mín =	1623.60	210.00	0.10	253.17	12.95	3.49	1.59	118.57	144.23	176.06	24903

SAR: \bar{X} = 3.51 S = 0.27 máx = 3.80 mín = 3.16 / SARaj: \bar{X} = 9.12 S = 0.69 máx = 9.88 mín = 8.22

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, MAXIMO Y MINIMO DE 4 REPETICIONES

MICROCOSMOS ARD2 REPETICION 1

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. μS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1619.7	465.21	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.05	205.57	645.40	70.700

SAR: 0.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
31.12	44.40	37.85	15.59	84.29	22.46	44.0

COLUMNA
SUELO-2

Sodio	: 230.45
Magnesio	: 103.92
Nitrógeno	: 109.14
Fósforo	: 89.31
Cloruros	: 94.47
Sulfatos	: 50.05
Bicarb.	: 420.55
SAR	: 0.80
SARaj	: 1.73

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

Conductiv.:	-32.80
	μS/cm
Potasio	: -6.20
Calcio	: -20.27

AGUA DE SALIDA: PARD2

Conduct. μS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1652.50	203.64	0.47	299.82	60.78	7.36	6.30	146.62	158.52	224.94	31.329

SAR: 2.71 SARaj: 7.05

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

MICROCOSMOS ARD2 REPETICION 2

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1:27.7	465.21	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	70 700

SAR: 3.51 SARaj: 6.78

CESPED: TARD2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
26.66	29.52	40.69	13.08	86.37	37.77	39.8

COLUMNA
SUELO-2

Sodio : 218.11
Magnesio : 106.97
Nitrógeno : 101.43
Fósforo : 87.47

Cloruros : 100.06
Sulfatos : 54.19
Bicarb. : 398.69

SAR : 0.73
SARaj : 1.55

Conductiv.: -7.60
(µS/cm)
Potasio : -1.94
Calcio : -29.60

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PARD2

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1:27.30	220.44	2.09	306.36	60.24	12.73	12.87	141.03	154.38	246.80	34 230

SAR: 2.78 SARaj: 7.23

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 34

MICROCOSMOS ARD2 REPETICION 3

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1619.7	465.21	38.67	317.44	181.25	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	70 700

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
33.73	48.26	57.39	17.64	100.01	22.72	53.3

COLUMNA
SUELO-2

Sodio : 209.80	BALANCE (+) retención
Magnesio : 104.31	
Nitrógeno : 92.61	
Fósforo : 91.18	
Cloruros : 105.16	
Sulfatos : 42.60	
Bicarb. : 407.18	
SAR : 0.41	
SARaj : 0.41	
Conductiv.: -200.10 (µS/cm)	(-) liberación
Potasio : -9.94	
Calcio : -34.64	

AGUA DE SALIDA: FARD2

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1819.80	221.68	0.35	291.69	58.34	8.17	4.17	135.93	165.97	238.31	29 169

SAR: 3.10 SARaj: 8.37

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 35

MICROCOSMOS ARD2 REPETICION 4

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. µS/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1619.7	465.21	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	70 700

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD2

Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g mat.s.
28.57	42.54	46.81	16.88	93.85	23.22	49.7

COLUMNA
SUELO-2

Sodio	: 229.88
Calcio	: 20.10
Magnesio	: 123.50
Nitrógeno	: 101.43
Fósforo	: 91.81
Cloruros	: 109.26
Sulfatos	: 55.11
Bicarb.	: 459.07
SAR	: 0.13
Conductiv.:	-205.80 (µS/cm)
SARaj	: -0.01
Potasio	: -3.97

BALANCE
(+) retención

(-) liberación

AGUA DE SALIDA: PARD2

Conduct. S/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1825.50	206.76	0.10	250.53	39.91	5.51	3.04	131.83	153.46	186.42	25 748

SAR: 3.38 SARaj: 8.79

DATOS EN MILIEQUIVALENTES TOTALES EN CADA MATRIZ

TABLA 37

MICROCOSMOS ARD2

AGUA DE ENTRADA: ARD

Conduct. S/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
1619.7	465.21	38.67	317.44	180.29	200.79	118.07	241.09	208.57	645.49	797.00

SAR: 3.51 SARaj: 8.78

CESPED: TARD2

	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Peso g. ms.
\bar{X} =	30.02	45.43	45.69	15.80	91.20	21.53	46.70
S =	3.07	4.05	8.64	2.00	7.15	2.55	5.98
máx =	35.73	48.26	57.39	17.64	100.01	23.22	50.30
mín =	26.66	38.52	37.89	13.08	84.29	17.73	39.80

	\bar{X}	S	máx	mín
Sodio :	222.06	9.96	250.45	209.80
Magnesio :	109.68	9.32	123.50	103.92
Nitrógeno :	101.15	6.76	109.14	92.61
Fósforo :	89.94	1.96	91.18	87.47
Cloruros :	102.24	6.40	109.26	94.47
Sulfatos :	50.49	5.70	55.11	42.60
Bicarb. :	421.37	26.69	459.07	395.69
SAR :	0.52	0.31	0.80	0.13
SARaj :	0.92	0.85	1.70	- 0.01
Conductiv.:	111.58	106.04	- 7.60	-205.80
Potasio :	5.51	3.47	- 1.94	- 9.94
Calcio :	16.10	24.80	20.10	- 34.64

COLUMNA SUELO-2

AGUA DE SALIDA: PARD2

	Conduct. E/cm	Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	Nitrógeno	Fósforo	Cloruros	Sulfatos	Bicarbonatos	VOLUMEN ml
\bar{X} =	1731.28	213.13	0.75	287.10	54.82	8.44	6.60	138.85	158.08	224.12	30119
S =	106.04	9.26	0.90	25.11	9.99	3.07	4.40	6.40	5.70	26.69	3576
máx =	1825.50	221.68	2.09	306.36	60.78	12.73	12.87	146.62	165.97	246.80	34230
mín =	1627.30	203.64	0.10	250.53	39.91	5.51	3.04	131.83	153.46	186.42	25748

SAR: \bar{X} = 2.99 S = 0.31 máx = 3.38 mín = 2.71 / SARaj: \bar{X} = 7.85 S = 0.85 máx = 8.79 mín = 7.05

MEDIA, DESVIACION ESTANDAR, MAXIMO Y MINIMO DE 4 REPETICIONES

DISCUSION DE RESULTADOS

A) Del primer tratamiento estadístico de los datos, cabe destacar:

* Para los percolados :

- que para las columnas regadas con AA, los valores de los parámetros obtenidos de cada una de las cuatro repeticiones de un mismo microcosmos tienen un coeficiente de variación de bajo a medio. Es excepción el potasio.

- que para las columnas regadas con ARD, sucede la misma circunstancia, excepto para el nitrógeno, potasio y fósforo para ARD2 , añadiéndose el magnesio para ARD1 .

Los principales elementos asimilables por la planta son los que presentan mayor dispersión de valores entre las cuatro repeticiones de un mismo microcosmos , debido a los propios fallos del Rye-grass, fácilmente detectados por la instalación.

* Para el tejido vegetal :

- que se obtienen valores bastante dispares de una repetición a otra en las columnas regadas con AA

- que los valores son muy homogéneos de una repetición a otra en las columnas regadas con ARD.

Podemos atribuir estos hechos a que al regar con AA, la cantidad de tejido vegetal cosechado fue muy pequeña y muy variable de una a otra columna; en cambio, al regar con ARD, al obtener del orden de seis veces más de materia seca cosechada, las diferencias de una columna a otra ya no son significativas, aún siendo de la misma magnitud absoluta.

* Para el balance entrada-salida :

- que tanto para las columnas regadas con AA como para las regadas con ARD, los coeficientes de variación son, por lo general, de bajos a medios.

- que las variaciones observadas entre repeticiones en los percolados o en el tejido vegetal no aparecen en el balance, al compensarse los valores entre ellos.

B) Del segundo tratamiento estadístico obtuvimos los siguientes resultados:

1 - Percolados

a) Parámetros sobre cuyo contenido influye únicamente el tipo de agua de riego, es decir que se observan diferencias significativas en los valores obtenidos entre los percolados de AA y los de ARD; no se observan diferencias debidas al tipo de suelo:

- Conductividad
- Sodio
- Fósforo
- Cloruros
- Sulfatos
- Volumen.

b) Parámetros sobre cuyo contenido influye el tipo de agua y el tipo de suelo :

* sin que haya interacción agua-suelo:

- Magnesio
- Bicarbonatos

* con interacción ARD - tipo de suelo, es decir que el AA actúa del mismo modo con los dos suelos dando percolados similares en cuanto a estos parámetros, mientras que el ARD da lugar a valores más altos en percolados de Suelo-1 que de Suelo-2:

- SAR
- SARaj.

d) Parámetros sobre cuyo contenido influye el tipo de agua de riego :

* con interacción AA - tipo de suelo, es decir que con el riego con AA se ven diferencias en los percolados PAA1 y PAA2 debidas al tipo de suelo, no viéndose tras regar con ARD:

- Calcio.

e) Parámetros en los que no influye ni el tipo de agua ni el tipo de suelo (queda prácticamente todo retenido por la planta independientemente de la cantidad añadida):

- Nitrógeno
- Potasio.

2 - Tejido vegetal

a) Parámetros sobre cuyo contenido influye únicamente el tipo de agua de riego:

- Potasio
- Calcio
- Nitrógeno
- Fósforo.

b) Parámetros sobre cuyo contenido influye el tipo de agua y también el tipo de suelo :

- Magnesio.

c) Parámetros sobre los que influye el tipo de agua y en los que se observa además una interacción ARD con tipo de suelo ; es decir, que al regar con AA no se obtienen diferencias significativas en el contenido del parámetro en el césped crecido en ambos suelos estudiados, pero, en cambio, cuando el contenido en el parámetro se incrementa notablemente (riego con ARD) el Suelo-1 lo cede más a la planta que el Suelo-2:

- Sodio.

De todo ello podemos deducir que la instalación experimental de columnas lisimétricas es lo suficientemente sensible para diferenciar los dos tratamientos efectuados (riego con AA y riego con ARD) pero también para indicarnos que los dos suelos escogidos no presentan grandes diferencias entre ellos, por lo menos según el diseño experimental realizado.

CUARTA PARTE

CUARTA PARTE

Seguidamente, procederemos a estudiar si nuestra instalación experimental de *microcosmos columna lisimétrica* nos permite determinar las tendencias de retención o liberación de elementos y compuestos por las Matrices Suelo y Planta.

Para ello, hemos establecido los balances entre las entradas o "inputs" a cada *microcosmos* (Submatriz Agua de Riego) y las salidas o "outputs" (Submatriz Agua de Percolación y Matriz Planta).

Como es obvio, los resultados, por derivarse del único estudio de las Matrices Agua y Planta, no podrán ser realmente contrastados hasta que no se efectúe el desmontado de las columnas lisimétricas y se estudie la Matriz Suelo resultante.

BALANCE DE ELEMENTOS Y COMPUESTOS

La analítica efectuada nos permite definir en cada **microcosmos** un balance de los elementos estudiados. Hemos seguido un mismo modelo en todos los casos:

En primer lugar se definen las cantidades acumuladas por periodo de crecimiento del Rye-grass para cada elemento o compuesto, en forma de cuadro y según el siguiente esquema.

CUADRO - : Miligramos de X en AZ, PAZn y TAZn

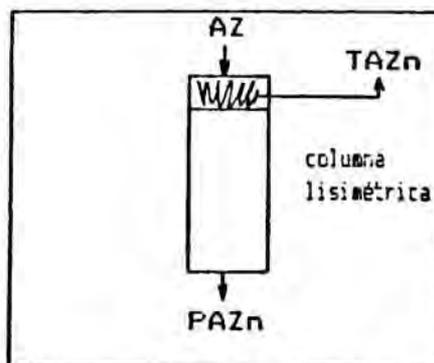
Periodo	AZ	PAZn	TAZn
a			
b			
c		CANTIDADES	
d			
e			
año	_____	_____	_____

A continuación, se calcula el porcentaje que, para cada periodo, representan PAZn y TAZn respecto a AZ, también en forma de cuadro.

CUADRO - : Porcentaje de X en PAZn y TAZn respecto al contenido en AZ

Periodo	PAZn	TAZn	
a			
b			
c		CANTIDADES	
d			
e			
año	_____	_____	

Posteriormente se esquematizan los datos según el modelo siguiente:



AZ: Matriz Agua de riego. AA: Agua de Abastecimiento.
 ARD: Agua Residual Depurada.
 PAZn: Percolado de la Matriz correspondiente. n: 1 ó 2.
 TAZn: Tejido Vegetal de la Matriz correspondiente.

Se incluyen dos gráficos representativos de las proporciones del parámetro en cuestión en AZ, PAZn y TAZn, así como el balance consiguiente (AZ - PAZn - TAZn), para cada uno de los cinco periodos considerados y para el conjunto del ciclo anual. El balance podrá ser positivo o negativo.

Siguen una tabla con los resultados analíticos obtenidos, desglosados por quincenas, y la gráfica correspondiente a las concentraciones en agua de riego y percolado.

Los comentarios pertinentes respecto al balance de cada elemento o parámetro se efectúan a continuación.

Los parámetros estudiados de este modo son:

- Sodio
- Potasio
- Calcio
- Magnesio
- Nitrógeno
- Fósforo
- Cloruros
- Bicarbonatos
- Sulfatos.

Se ha trabajado en miligramos en todos estos casos.

Independientemente, se ha procedido al estudio comparativo de los restantes parámetros:

- Conductividad
- pH
- D.Q.O.
- Metales pesados,

con los que se ha trabajado en unidades distintas.

1. Balance en el *microcosmos* AA1

1.1) SODIO

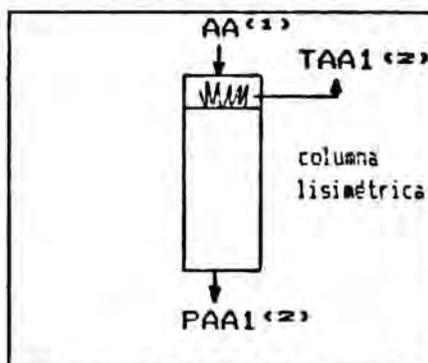
CUADRO 1: Miligramos de sodio en AA, PAA1 y TAA1

Período	AA	PAA1	TAA1
a	516.39	294.68	4.59
b	274.63	366.32	2.64
c	193.67	250.96	1.97
d	350.29	186.73	1.60
e	<u>574.19</u>	<u>378.76</u>	<u>13.72</u>
año	1909.17	1477.45	24.52

CUADRO 2: Porcentaje de sodio en PAA1 y TAA1 respecto a AA

Período	PAA1	TAA1
a	57.1	0.9
b	133.4	1.0
c	129.6	1.0
d	53.3	0.5
e	<u>66.0</u>	<u>2.4</u>
año	77.4	1.3

ESQUEMA DEL SODIO EN EL *MICROCOSMOS* AA1

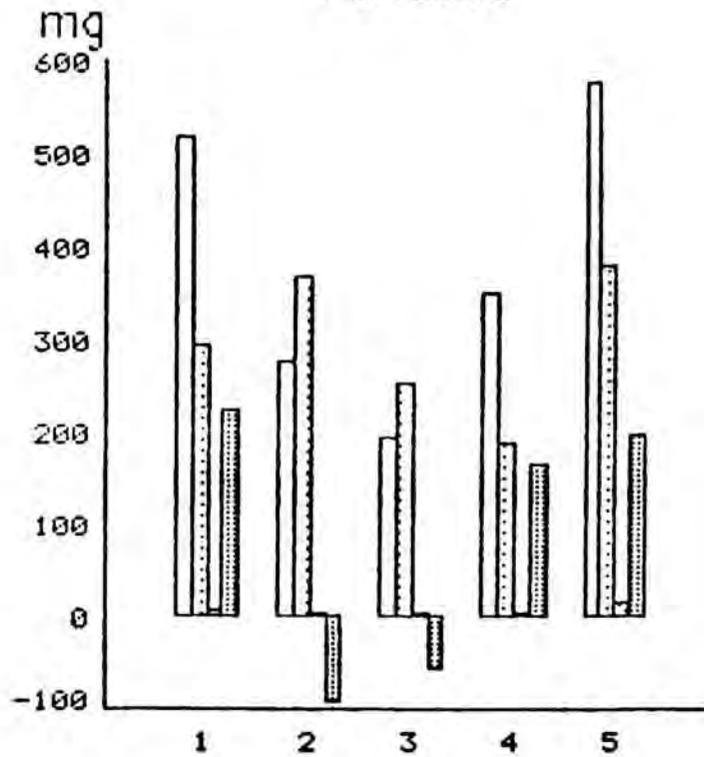


- (1) Na aportado
- (2) Na eliminado

GRAFICA 48

BALANCE DE SODIO

Periodos



Anual

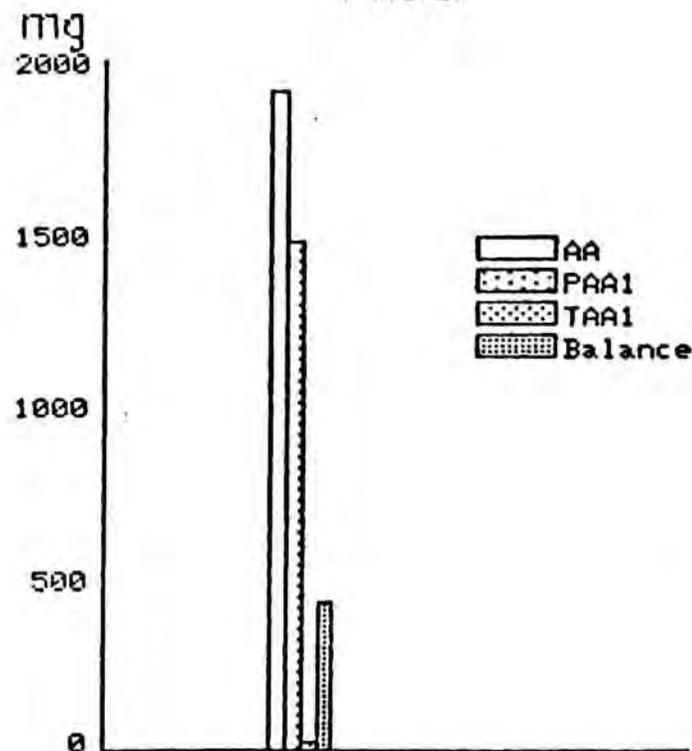


TABLA 38

CANTIDADES EN mg DE SODIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA1	TAA1
1.984-1.985			
21/03-02/04	122.14	14.58	
03/04-16/04	36.44	19.16	
17/04-01/05	40.09	17.89	
02/05-14/05	28.47	23.16	
15/05-28/05	191.96	100.39	
29/05-11/06	71.76	83.56	
12/06-15/06	25.53	35.94	
CORTE a	516.39	294.68	4.59
16/06-25/06	51.91	29.59	
26/06-09/07	105.39	101.23	
10/07-23/07	63.14	143.80	
24/07-06/08	38.46	60.06	
07/08-15/08	15.73	31.64	
CORTE b	274.63	366.32	2.64
16/08-20/08	3.31	3.90	
21/08-03/09	20.51	49.15	
04/09-18/09	19.25	47.22	
19/09-01/10	26.48	36.88	
02/10-16/10	18.60	39.21	
17/10-30/10	22.54	36.98	
31/10-07/11	82.98	37.62	
CORTE c	193.67	250.96	1.97
08/11-12/11	16.19	7.86	
13/11-26/11	82.97	42.09	
27/11-10/12	68.08	35.83	
11/12-27/12	95.70	52.40	
28/12-07/01	87.35	48.55	
CORTE d	350.29	186.73	1.60
08/01-21/01	105.96	62.48	
22/01-05/02	105.06	62.45	
06/02-18/02	129.38	77.65	
19/02-04/03	112.69	77.75	
05/03-13/03	121.10	98.43	
CORTE e	574.19	378.76	13.72
TOTAL AÑO	1909.17	1477.45	24.52

Podemos observar que en dos períodos la cantidad de sodio percolada supera a la añadida, aunque en el conjunto del ciclo anual la cantidad percolada sea inferior.

Podemos concluir que se produce una cesión o lavado de sodio, por parte del Suelo-1 durante los meses en que se incrementan, por razón de las temperaturas elevadas, el volumen y la frecuencia de riego.

Al final del ciclo anual es retenido parte del sodio añadido con el agua de riego AA. Ello podría dar lugar a un incremento en el contenido en sodio del complejo de cambio, aunque a largo plazo.

1.2) POTASIO

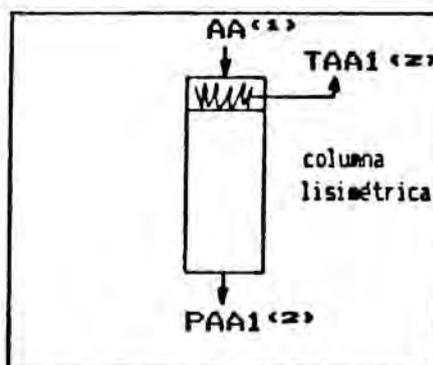
CUADRO 3: Miligramos de potasio en AA, PAA1 y TAA1

Período	AA	PAA1	TAA1
a	41.62	2.13	74.06
b	38.20	4.83	36.55
c	25.92	1.48	36.33
d	17.66	3.85	26.09
e	20.07	3.96	157.49
año	143.47	16.23	330.52

CUADRO 4: Porcentaje de potasio en PAA1 y TAA1 respecto a AA

Período	PAA1	TAA1
a	5.1	177.9
b	12.6	95.7
c	5.7	140.2
d	21.8	147.7
e	19.6	784.7
año	11.3	230.4

ESQUEMA DEL POTASIO EN EL MICROCOSMOS AA1



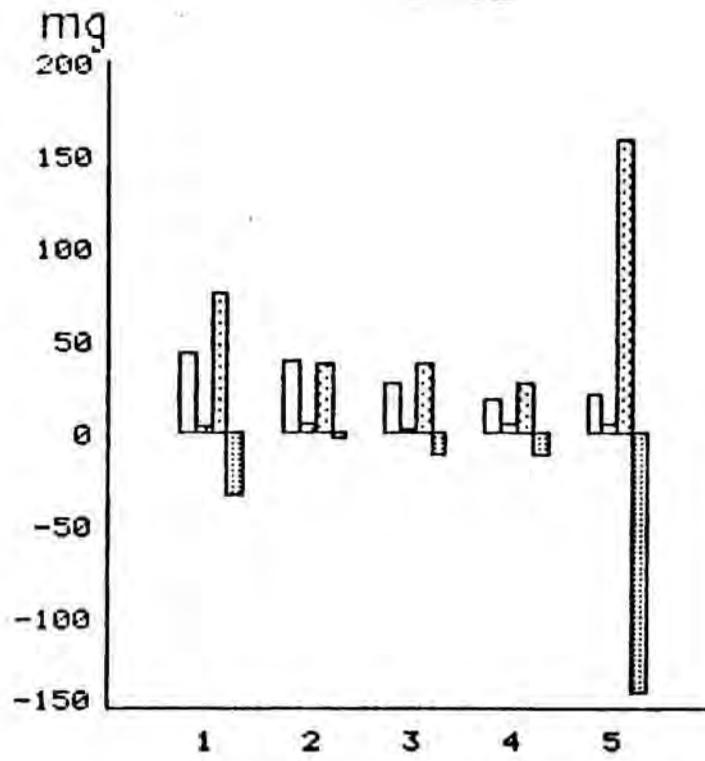
- (1) K aportado
- (2) K eliminado

Podemos observar que se produce una cesión muy importante de potasio por parte del suelo a la planta.

GRAFICA 49

BALANCE DE POTASIO

Periodos



Anual

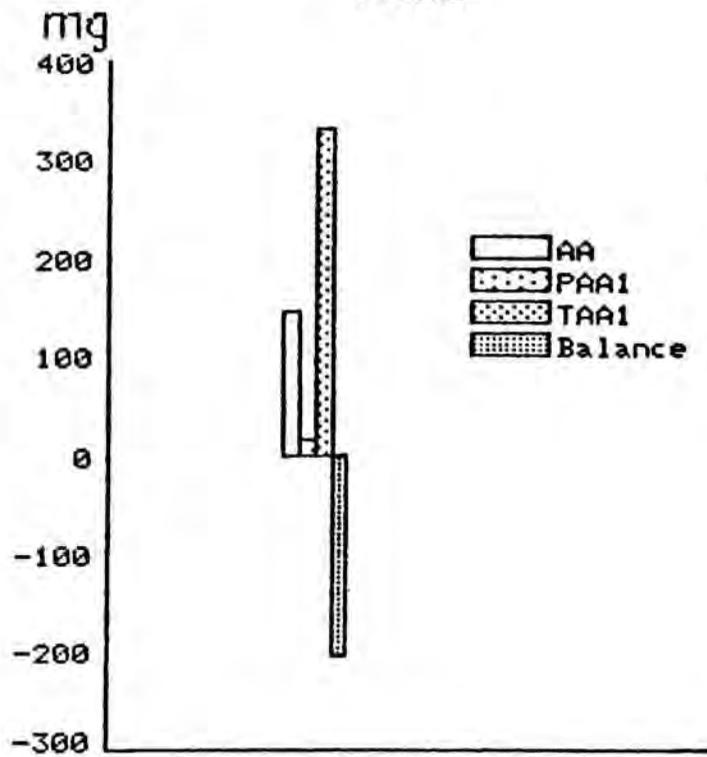


TABLA 39

CANTIDADES EN mg DE POTASIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA1	TAA1
1.984-1.985			
21/03-02/04	4.16	0.74	
03/04-16/04	4.30	0.57	
17/04-01/05	5.01	0.35	
02/05-14/05	4.05	0.00	
15/05-28/05	9.30	0.14	
29/05-11/06	11.28	0.23	
12/06-15/06	3.52	0.10	
CORTE a	41.62	2.13	74.06
16/06-25/06	7.16	0.08	
26/06-09/07	12.34	1.70	
10/07-23/07	7.74	1.92	
24/07-06/08	7.92	0.80	
07/08-15/08	3.04	0.33	
CORTE b	38.20	4.83	36.55
16/08-20/08	0.64	0.04	
21/08-03/09	4.32	0.23	
04/09-18/09	3.91	0.23	
19/09-01/10	4.12	0.00	
02/10-16/10	4.02	0.00	
17/10-30/10	2.97	0.00	
31/10-07/11	4.50	0.98	
CORTE c	25.92	1.48	36.33
08/11-12/11	0.88	0.20	
13/11-26/11	4.79	1.08	
27/11-10/12	3.83	0.74	
11/12-27/12	4.32	1.05	
28/12-07/01	3.84	0.78	
CORTE d	17.66	3.85	26.09
08/01-21/01	3.06	0.69	
22/01-05/02	3.22	0.70	
06/02-18/02	4.23	0.71	
19/02-04/03	4.17	0.79	
05/03-13/03	5.39	1.05	
CORTE e	20.07	3.94	157.49
TOTAL AÑO	143.47	16.23	330.52

1.3) CALCIO

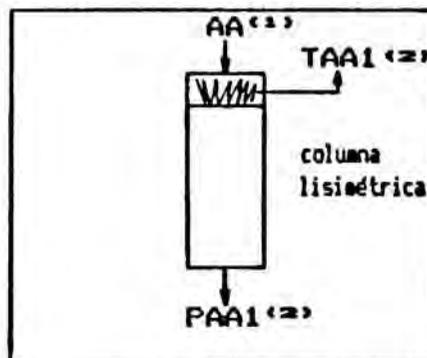
CUADRO 5: Miligramos de calcio en AA, PAA1 y TAA1

Período	AA	PAA1	TAA1
a	1798.52	1776.18	24.19
b	1736.33	1793.23	31.88
c	1427.20	1789.64	43.56
d	1009.56	991.73	13.95
e	<u>1520.25</u>	<u>1417.83</u>	<u>83.52</u>
año	7491.86	7768.61	197.10

CUADRO 6: Porcentaje de calcio en PAA1 y TAA1 respecto a AA

Período	PAA1	TAA1
a	98.8	1.3
b	103.3	1.8
c	125.4	3.1
d	98.2	1.4
e	<u>93.3</u>	<u>5.5</u>
año	103.7	2.6

ESQUEMA DEL CALCIO EN EL MICROCOSMOS AA1

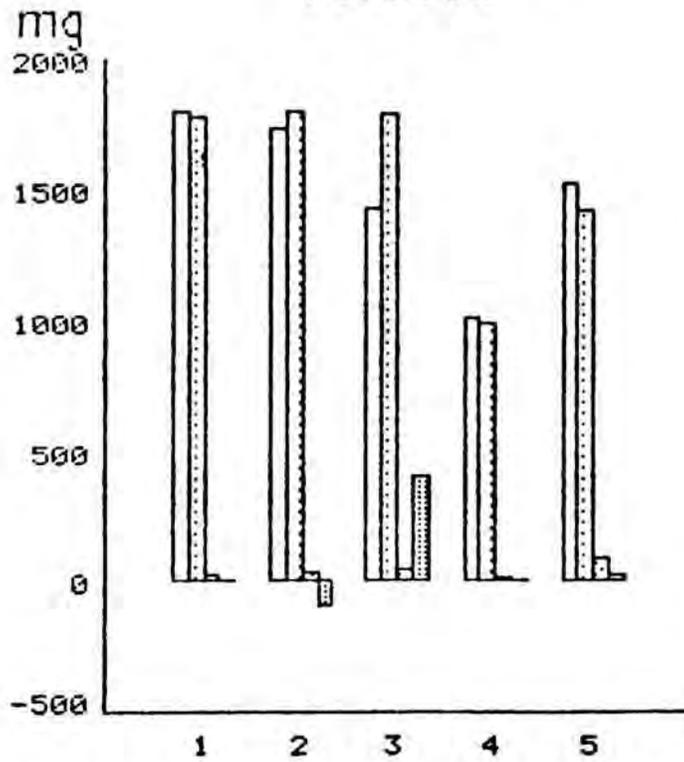


- (1) Ca aportado
- (2) Ca eliminado

GRAFICA 50

BALANCE DE CALCIO

Periodos



Anual

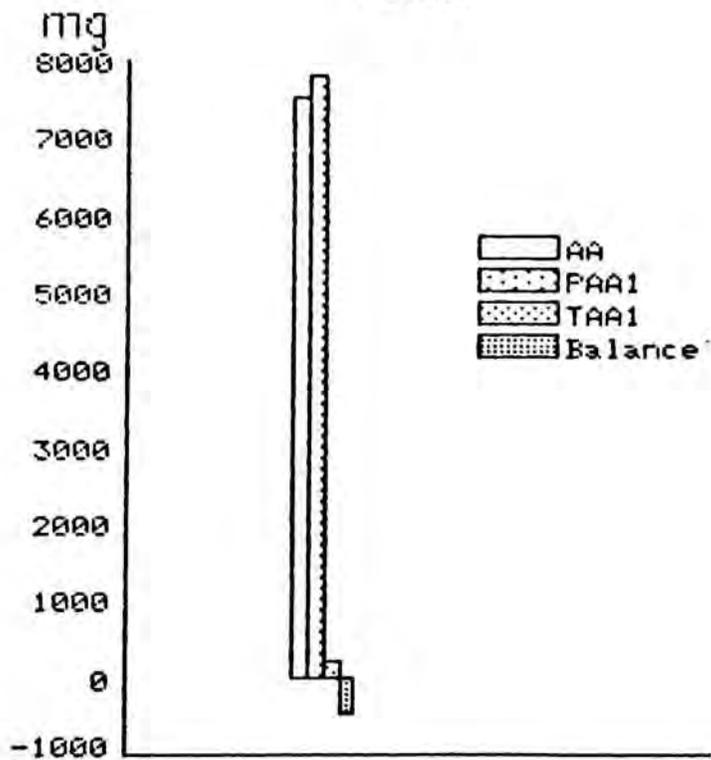


TABLA 40

CANTIDADES EN mg DE CALCIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA1	TAA1
1. 984-1. 985			
21/03-02/04	242.76	110.22	
03/04-16/04	166.30	161.89	
17/04-01/05	178.44	130.49	
02/05-14/05	220.49	172.59	
15/05-28/05	497.07	576.32	
29/05-11/06	356.39	439.84	
12/06-15/06	137.07	184.83	
CORTE a	1798.52	1776.18	24.19
16/06-25/06	278.72	152.19	
26/06-09/07	529.42	546.68	
10/07-23/07	348.10	523.01	
24/07-06/08	409.13	368.35	
07/08-15/08	170.96	203.00	
CORTE b	1736.33	1793.23	31.88
16/08-20/08	35.99	25.01	
21/08-03/09	246.72	330.99	
04/09-18/09	237.53	340.85	
19/09-01/10	220.45	282.46	
02/10-16/10	215.05	281.09	
17/10-30/10	544.35	277.77	
31/10-07/11	251.02	251.47	
CORTE c	1427.20	1789.64	43.56
08/11-12/11	48.98	52.55	
13/11-26/11	258.79	258.34	
27/11-10/12	200.40	203.17	
11/12-27/12	278.34	255.77	
28/12-07/01	223.05	221.90	
CORTE d	1009.56	991.73	13.95
08/01-21/01	242.22	256.41	
22/01-05/02	268.98	263.73	
06/02-18/02	326.00	315.24	
19/02-04/03	304.83	243.14	
05/03-13/03	378.22	339.31	
CORTE e	1520.25	1417.83	83.52
TOTAL AÑO	7491.86	7768.61	197.10

Podemos observar que, al igual que ocurre con el sodio, en los períodos 15/06 - 15/08/84 y 15/08 - 07/11/84 (b y c) la cantidad de calcio percolada supera a la añadida. En los demás períodos, percola alrededor del 100 % del calcio añadido.

Podemos decir que en el Suelo-1 se produce, al final del ciclo anual, una pérdida de calcio por percolación, acentuada sobre todo durante el período 15/08 - 07/11/84 (c). Ello podría explicarse dada la gran reserva de caliza que posee el Suelo-1 y por un lavado de ésta debido al incremento en la frecuencia y volumen de agua de riego durante la época considerada.

Podemos concluir que en el Suelo-1 difícilmente se pueden originar deficiencias de calcio en los cultivos, ni aún a largo plazo.

1.4) MAGNESIO

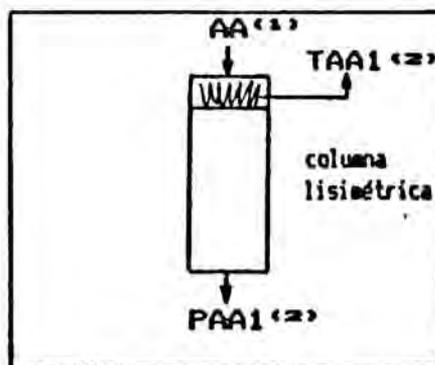
CUADRO 7: Miligramos de magnesio en AA, PAA1 y TAA1

Período	AA	PAA1	TAA1
a	586.31	67.05	8.89
b	431.61	82.28	9.78
c	344.87	87.34	6.81
d	249.68	92.75	2.48
e	<u>368.72</u>	<u>145.85</u>	<u>15.87</u>
año	1981.19	475.27	43.83

CUADRO 8: Porcentaje de magnesio en PAA1 y TAA1 respecto a AA

Período	PAA1	TAA1
a	11.4	1.5
b	19.1	2.3
c	25.3	2.0
d	37.1	1.0
e	<u>39.6</u>	<u>4.3</u>
año	24.0	2.2

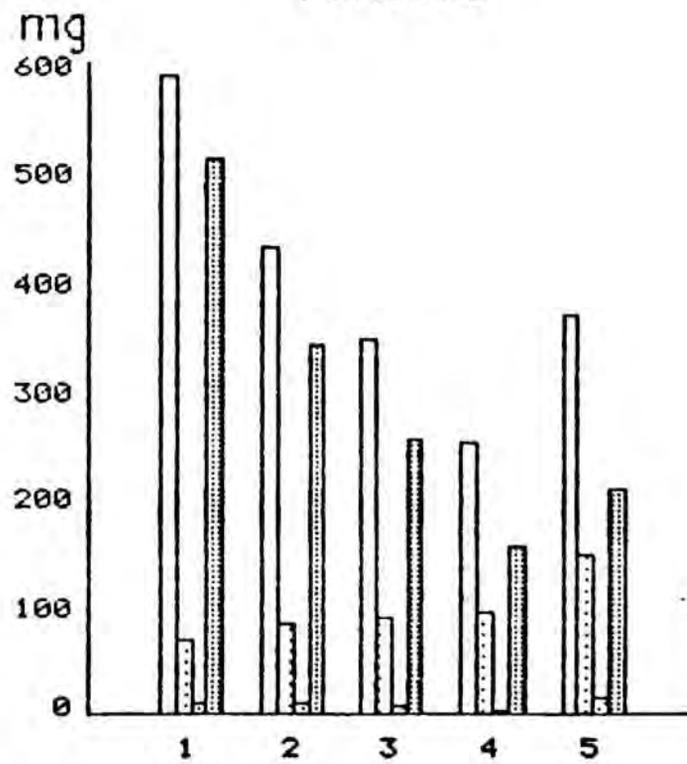
ESQUEMA DEL MAGNESIO EN EL MICROCOSMOS AA1



- (1) Mg aportado
- (2) Mg eliminado

GRAFICA 51

BALANCE DE MAGNESIO Periodos



Anual

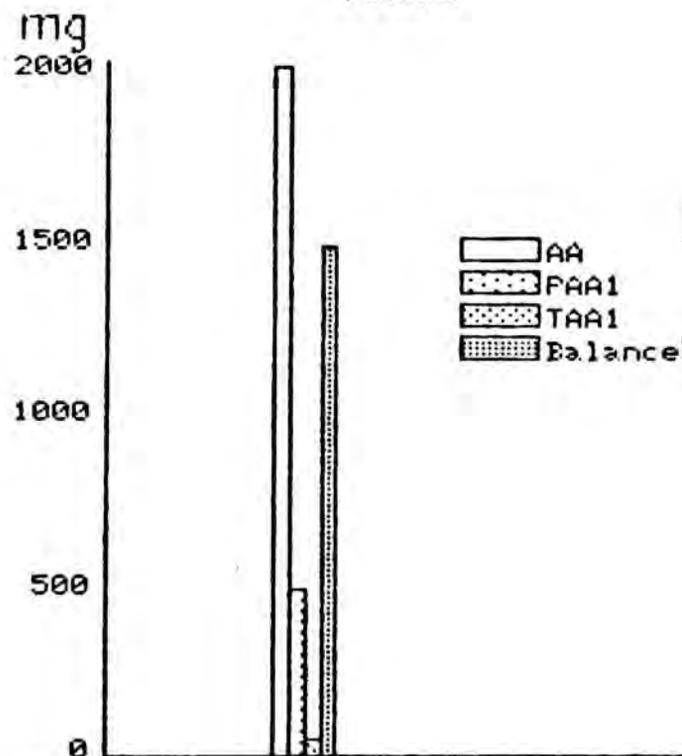


TABLA 41

CANTIDADES EN mg DE MAGNESIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA1	TAA1
1.984-1.985			
21/03-02/04	93.64	3.90	
03/04-16/04	70.24	5.24	
17/04-01/05	76.84	4.46	
02/05-14/05	50.05	4.42	
15/05-28/05	153.13	23.46	
29/05-11/06	109.04	18.98	
12/06-15/06	33.37	6.59	
CORTE a	586.31	67.05	8.89
16/06-25/06	67.85	5.42	
26/06-09/07	142.49	27.95	
10/07-23/07	89.71	23.06	
24/07-06/08	92.52	17.42	
07/08-15/08	39.04	8.43	
CORTE b	431.61	82.28	9.78
16/08-20/08	8.22	1.04	
21/08-03/09	56.77	14.04	
04/09-18/09	55.48	13.08	
19/09-01/10	54.50	12.18	
02/10-16/10	50.33	13.67	
17/10-30/10	50.04	16.49	
31/10-07/11	69.53	16.84	
CORTE c	344.87	87.34	6.81
08/11-12/11	13.57	3.52	
13/11-26/11	62.73	23.24	
27/11-10/12	49.60	18.13	
11/12-27/12	61.66	27.08	
28/12-07/01	62.12	20.78	
CORTE d	249.68	92.75	2.48
08/01-21/01	65.71	28.53	
22/01-05/02	60.41	23.62	
06/02-18/02	79.86	27.73	
19/02-04/03	75.76	30.11	
05/03-13/03	86.98	35.86	
CORTE e	368.72	145.85	15.87
TOTAL AÑO	1981.19	475.27	43.83

Podemos observar que las pérdidas de magnesio por percolación no son excesivas; también es de resaltar que éstas se incrementan con el tiempo y el número de cortes del Rye-grass.

1.5) NITROGENO

Debido a que no hemos detectado presencia de nitrógeno-amónico ni en el AA ni en los percolados de Suelo-1, hemos considerado únicamente los mg/l de nitrógeno-nítrico. A efectos de comparación, se dan los datos en mg de nitrógeno.

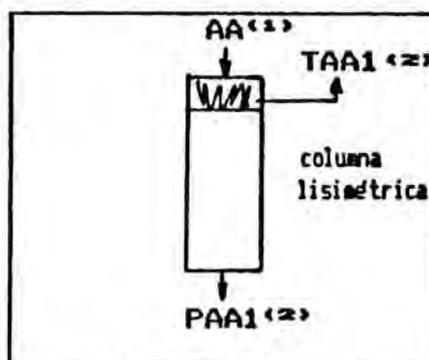
CUADRO 9: Miligramos de nitrógeno en AA, PAA1 y TAA1

Período	AA	PAA1	TAA1
a	189.77	122.13	32.58
b	47.71	13.45	22.66
c	45.61	20.76	15.45
d	131.39	48.05	15.92
e	183.99	75.88	95.45
año	598.47	280.27	182.06

CUADRO 10: Porcentaje de nitrógeno en PAA1 y TAA1 respecto a AA

Período	PAA1	TAA1
a	64.4	17.1
b	28.2	47.5
c	45.5	33.9
d	36.6	12.1
e	41.2	51.9
año	47.4	30.4

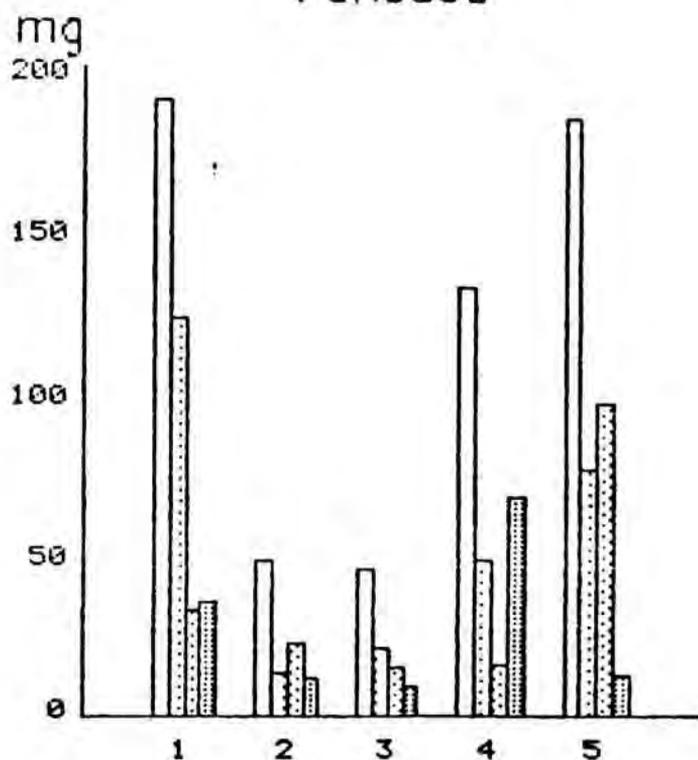
ESQUEMA DEL NITROGENO EN EL MICROCOSMOS AA1



- (1) N aportado
- (2) N eliminado

GRAFICA 52

BALANCE DE NITROGENO Periodos



Anual

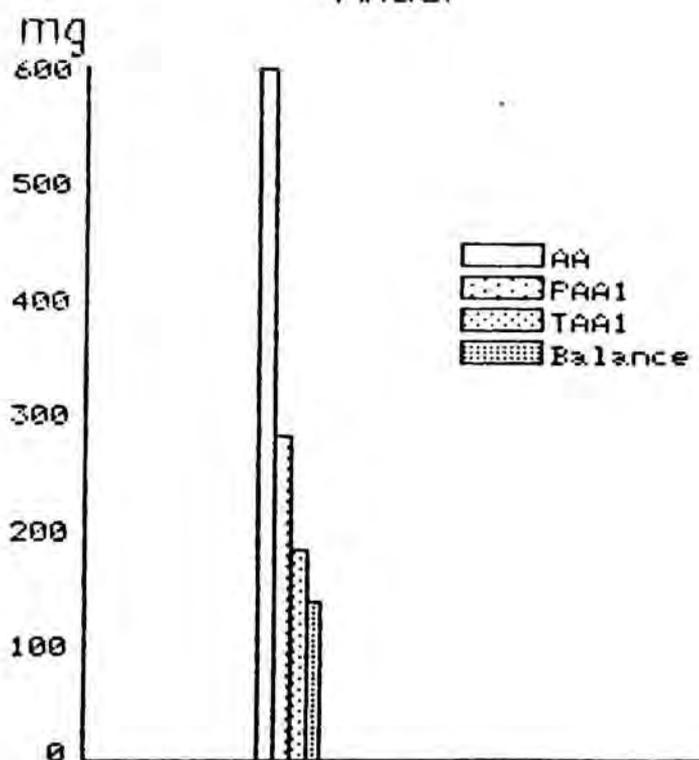


TABLA 42

CANTIDADES EN mg DE NITROGENO NITRICO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA1	TAA1
1.984-1.985			
21/03-02/04	44.10	29.62	
03/04-16/04	23.94	19.10	
17/04-01/05	19.11	16.51	
02/05-14/05	2.83	5.77	
15/05-28/05	76.44	41.40	
29/05-11/06	17.47	6.73	
12/06-15/06	5.88	3.00	
CORTE a	189.77	122.13	32.58
16/06-25/06	11.96	2.47	
26/06-09/07	19.16	6.09	
10/07-23/07	9.45	2.95	
24/07-06/08	5.54	1.43	
07/08-15/08	1.60	0.51	
CORTE b	47.71	13.45	22.66
16/08-20/08	0.34	0.06	
21/08-03/09	2.28	1.08	
04/09-18/09	2.28	1.36	
19/09-01/10	5.83	4.21	
02/10-16/10	0.68	1.90	
17/10-30/10	5.50	3.51	
31/10-07/11	28.70	8.64	
CORTE c	45.61	20.76	15.45
08/11-12/11	5.60	1.81	
13/11-26/11	28.49	9.52	
27/11-10/12	23.52	9.22	
11/12-27/12	34.58	15.24	
28/12-07/01	39.20	12.26	
CORTE d	131.39	48.05	15.92
08/01-21/01	45.22	14.62	
22/01-05/02	29.40	14.96	
06/02-18/02	36.22	15.32	
19/02-04/03	31.57	13.82	
05/03-13/03	41.58	17.16	
CORTE e	183.99	75.88	95.45
TOTAL AÑO	598.47	280.27	182.06

El nitrógeno retenido por ambas matrices Suelo y Planta es un poco superior al 50 % del nitrógeno añadido perdiéndose el resto por percolación.

1.6) FOSFORO

Hemos transformado los mg/l de fosfatos en mg de fósforo.

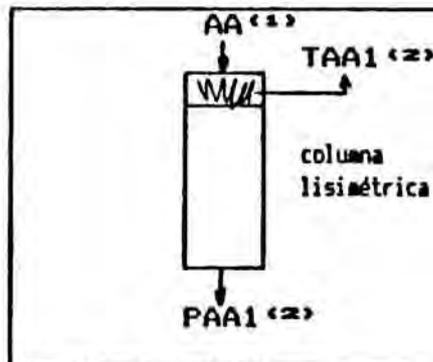
CUADRO 11: Miligramos de fósforo en AA, PAA1 y TAA1

Período	AA	PAA1	TAA1
a	23.87	15.03	5.58
b	29.83	17.96	6.64
c	21.49	15.03	1.49
d	8.52	3.06	1.17
e	8.97	4.49	6.25
año	92.68	55.57	21.13

CUADRO 12: Porcentaje de fósforo en PAA1 y TAA1 respecto a AA

Período	PAA1	TAA1
a	63.0	23.4
b	60.2	22.3
c	69.9	6.9
d	35.9	13.7
e	50.1	69.7
año	60.0	22.8

ESQUEMA DEL FOSFORO EN EL MICROCOSMOS AA1

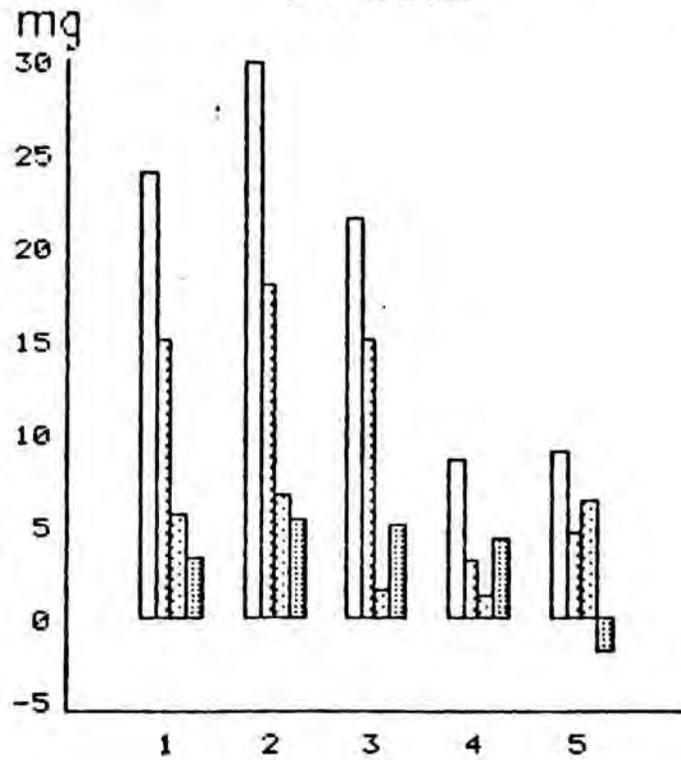


- (1) P aportado
(2) P eliminado

GRAFICA 53

BALANCE DE FOSFORO

Periodos



Anual

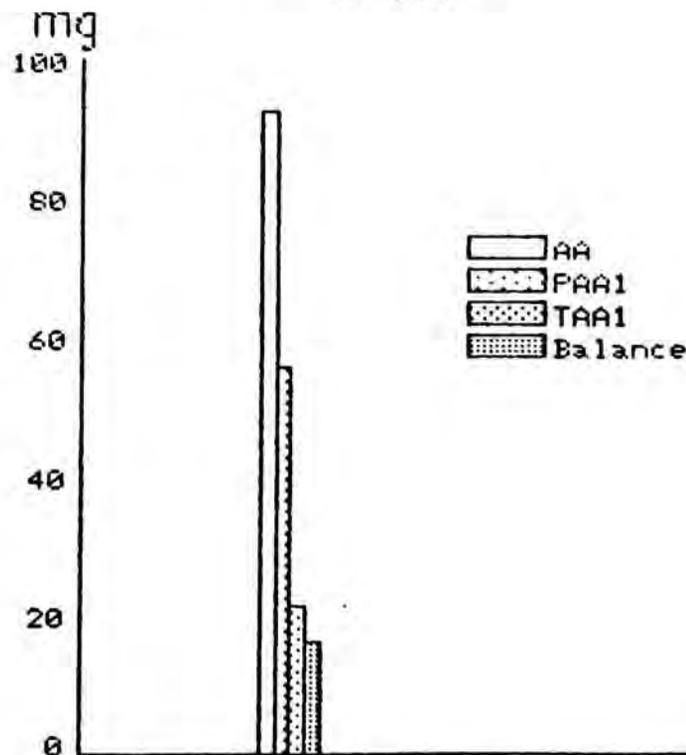


TABLA 43

CANTIDADES EN mg DE FOSFORO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA1	TAA1
1.984-1.985			
21/03-02/04	0.00	0.54	
03/04-16/04	2.46	0.41	
17/04-01/05	8.85	1.17	
02/05-14/05	0.84	1.65	
15/05-28/05	2.66	4.14	
29/05-11/06	7.62	4.19	
12/06-15/06	1.44	2.93	
CORTE a	23.87	15.03	5.58
16/06-25/06	2.93	2.41	
26/06-09/07	16.78	8.59	
10/07-23/07	3.06	1.96	
24/07-06/08	4.64	2.93	
07/08-15/08	2.42	2.07	
CORTE b	29.83	17.96	6.64
16/08-20/08	0.51	0.25	
21/08-03/09	5.76	3.46	
04/09-18/09	1.27	2.41	
19/09-01/10	1.45	1.24	
02/10-16/10	6.00	4.98	
17/10-30/10	3.32	0.89	
31/10-07/11	3.18	1.80	
CORTE c	21.49	15.03	1.49
08/11-12/11	0.62	0.39	
13/11-26/11	3.89	1.25	
27/11-10/12	1.38	0.19	
11/12-27/12	1.82	0.61	
28/12-07/01	0.81	0.62	
CORTE d	8.52	3.06	1.17
08/01-21/01	1.79	0.89	
22/01-05/02	1.85	0.77	
06/02-18/02	2.37	1.25	
19/02-04/03	1.20	0.88	
05/03-13/03	1.76	0.70	
CORTE e	8.97	4.49	6.25
TOTAL AÑO	92.68	55.57	21.13

Podemos ver que la cantidad de fósforo percolada es inferior a la añadida (el 60 %). En el período e los miligramos de fósforo retenidos por las matrices Suelo y Planta (4.48 mg P) son inferiores a los contenidos de este elemento en la parte recolectada del tejido vegetal (6.25 mg P), lo cual indica que se produce una cesión de fósforo por parte del suelo a la planta. En los períodos restantes, se produce una retención de fósforo, entre el 30.1 y el 64.1 % del fósforo añadido con el AA.

1.7) CLORUROS

CUADRO 13: Miligramos de cloruros en AA y PAA1*

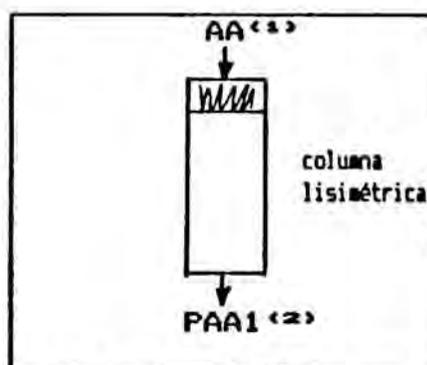
Período	AA	PAA1
a	616.42	385.30
b	392.81	329.41
c	291.60	339.23
d	379.77	292.89
e	571.55	504.76
año	2252.15	1851.59

* No se han determinado valores en TAA1

CUADRO 14: Porcentaje de cloruros en PAA1 respecto a AA

Período	PAA1
a	62.5
b	83.9
c	116.3
d	77.1
e	88.2
año	82.2

ESQUEMA DE LOS CLORUROS EN EL MICROCOSMOS AA1

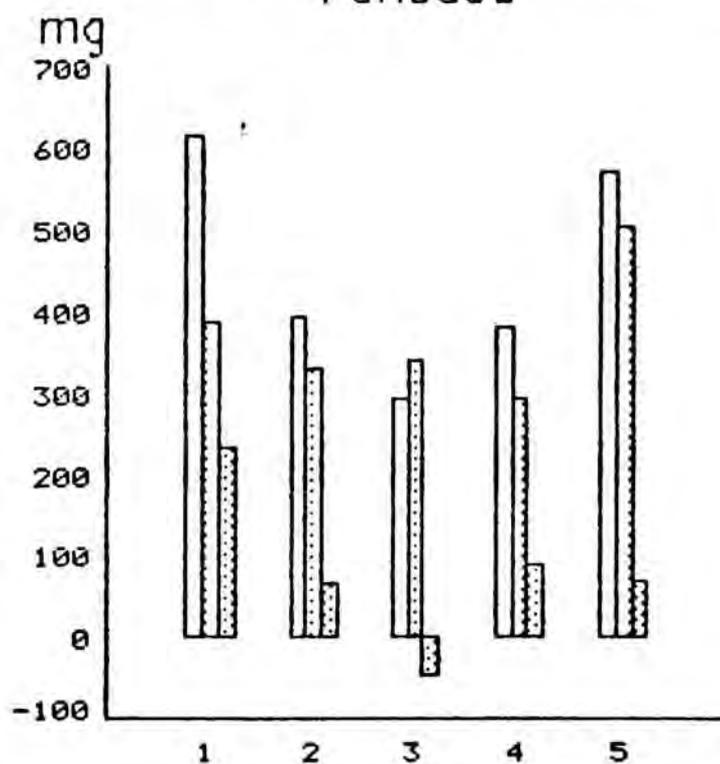


- (1) Cl aportados
- (2) Cl eliminados

En el período c (15/08 - 07/11/84) se produce un lavado de cloruros, probablemente acumulados en los períodos precedentes en el Suelo. Un 80 % de los cloruros añadidos con el AA al Suelo-1 se pierden por percolación.

GRAFICA 54

BALANCE DE CLORUROS Periodos



Anual

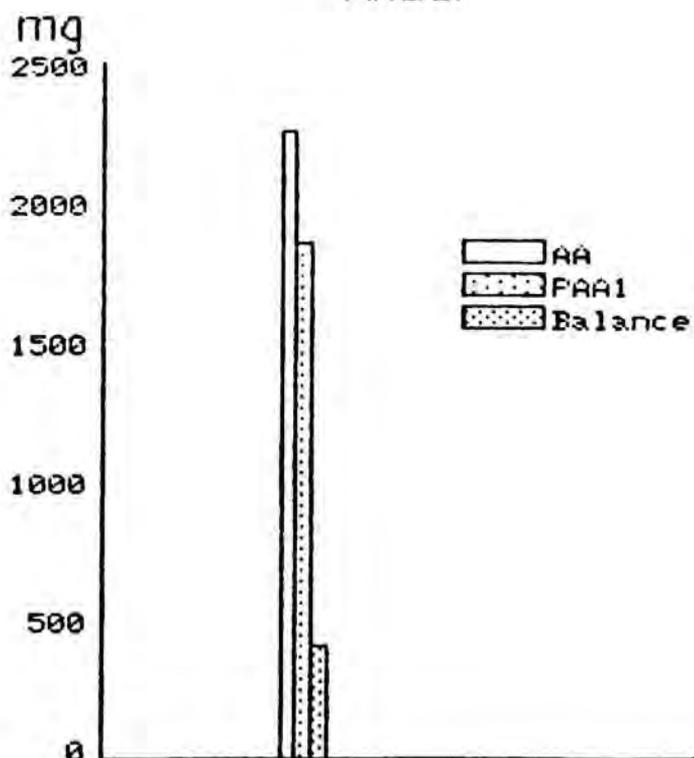


TABLA 44

CANTIDADES EN mg DE CLORUROS AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA Y PERCOLADAS

Fechas	AA	PAA1
1.984-1.985		
21/03-02/04	139.76	34.93
03/04-16/04	52.96	48.86
17/04-01/05	47.65	31.91
02/05-14/05	28.71	36.54
15/05-28/05	228.12	112.32
29/05-11/06	85.72	92.60
12/06-15/06	33.50	28.14
<hr/>		
CORTE a	616.42	385.30
<hr/>		
16/06-25/06	68.11	23.17
26/06-09/07	139.23	105.43
10/07-23/07	84.56	103.33
24/07-06/08	78.01	60.80
07/08-15/08	22.90	36.68
<hr/>		
CORTE b	392.81	329.41
<hr/>		
16/08-20/08	4.82	4.52
21/08-03/09	35.42	71.65
04/09-18/09	32.54	66.52
19/09-01/10	40.82	51.50
02/10-16/10	43.44	47.39
17/10-30/10	40.82	44.40
31/10-07/11	93.74	53.25
<hr/>		
CORTE c	291.60	339.23
<hr/>		
08/11-12/11	18.29	11.13
13/11-26/11	93.77	69.46
27/11-10/12	72.03	59.42
11/12-27/12	97.66	79.56
28/12-07/01	98.02	73.32
<hr/>		
CORTE d	379.77	292.89
<hr/>		
08/01-21/01	104.85	95.74
22/01-05/02	104.85	88.89
06/02-18/02	126.03	105.45
19/02-04/03	107.57	96.11
05/03-13/03	128.25	118.57
<hr/>		
CORTE e	571.55	504.76
<hr/>		
TOTAL AÑO	2252.15	1851.59
<hr/>		

1.8) BICARBONATOS

CUADRO 15: Miligramos de bicarbonatos en AA y PAA1*

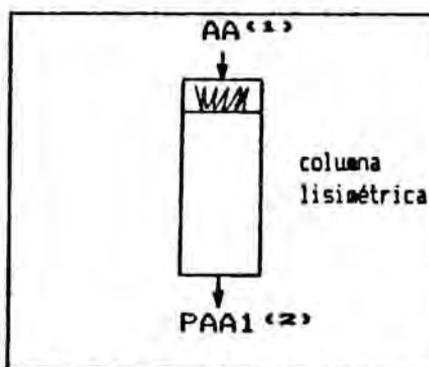
Período	AA	PAA1
a	4596.32	3439.81
b	4208.43	3588.99
c	3309.03	2996.21
d	2795.75	2151.11
e	4848.11	3771.77
año	19757.64	15947.89

* No se han determinado valores en TAA1

CUADRO 16: Porcentaje de bicarbonatos en PAA1 respecto a AA

Período	PAA1
a	74.8
b	85.3
c	90.5
d	76.9
e	77.8
año	80.7

ESQUEMA DE LOS BICARBONATOS EN EL *MICROCOSMOS* AA1



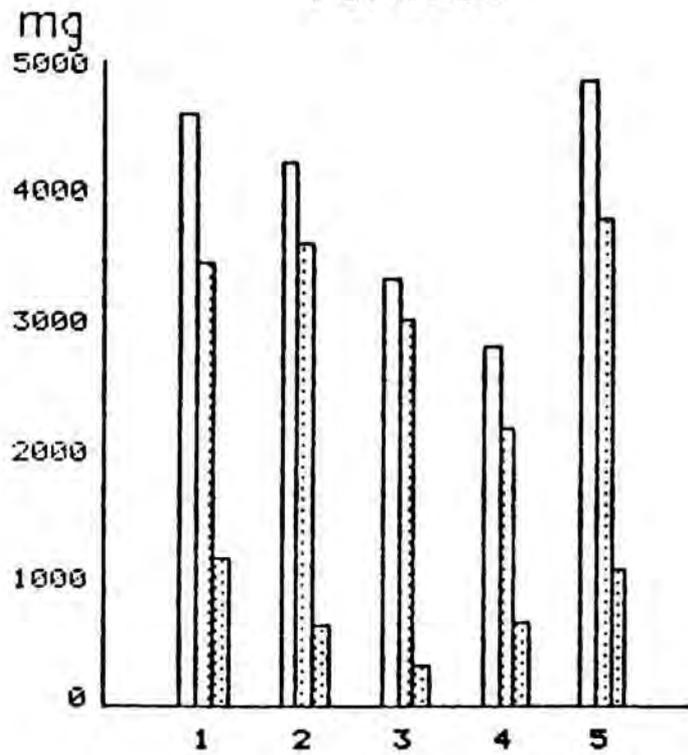
- (1) HCO_3^- aportados
(2) HCO_3^- eliminados

Percola más del 80 % de los bicarbonatos añadidos al Suelo-1 con el AA.

Varía mucho, según los períodos, la cantidad de bicarbonatos retenidos por la matriz Suelo, en función de la época del año.

GRAFICA 55

BALANCE DE BICARBONATOS Periodos



Anual

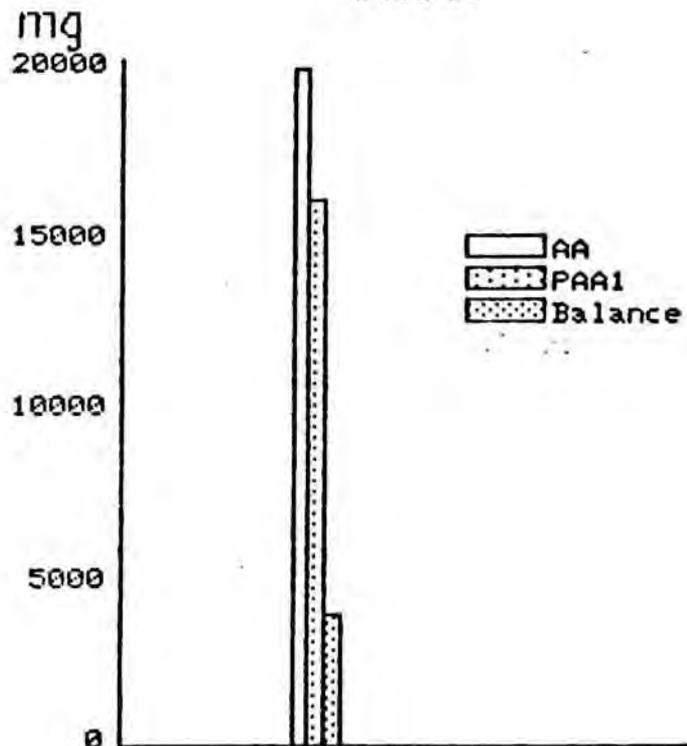


TABLA 45

CANTIDADES EN mg DE BICARBONATOS AGADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA Y PERCOLADAS

Fechas	AA	PAA1
1.984-1.985		
21/03-02/04	695.03	160.76
03/04-16/04	447.98	250.46
17/04-01/05	475.25	194.06
02/05-14/05	371.95	310.77
15/05-28/05	1239.46	1189.55
29/05-11/06	1001.56	956.06
12/06-15/06	365.09	378.15
CORTE a	4596.32	3439.81
16/06-25/06	742.34	311.37
26/06-09/07	1313.88	1095.65
10/07-23/07	853.70	1112.02
24/07-06/08	912.56	740.20
07/08-15/08	385.95	329.75
CORTE b	4208.43	3588.99
16/08-20/08	81.25	40.63
21/08-03/09	581.39	521.37
04/09-18/09	499.04	473.44
19/09-01/10	520.09	444.15
02/10-16/10	455.82	457.36
17/10-30/10	496.17	541.18
31/10-07/11	675.27	518.08
CORTE c	3309.03	2996.21
08/11-12/11	131.76	108.27
13/11-26/11	670.33	552.23
27/11-10/12	579.74	428.37
11/12-27/12	745.66	575.14
28/12-07/01	668.26	487.10
CORTE d	2795.75	2151.11
08/01-21/01	699.98	601.06
22/01-05/02	927.66	662.50
06/02-18/02	1114.47	822.65
19/02-04/03	1071.68	713.56
05/03-13/03	1034.32	972.00
CORTE e	4848.11	3771.77
TOTAL AÑO	19757.64	15947.89

1.9) SULFATOS

CUADRO 17: Miligramos de sulfatos en AA y PAA1*

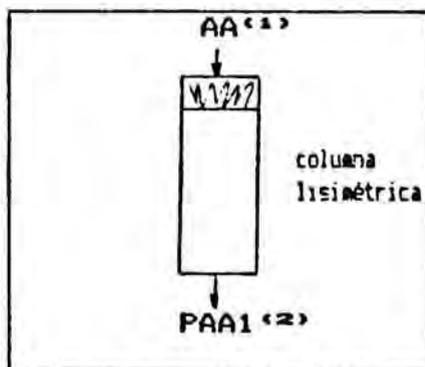
Período	AA	PAA1
a	2458.55	1443.28
b	2328.34	1907.19
c	1844.59	2238.16
d	895.18	866.21
e	1076.08	935.27
año	8602.74	7390.11

* No se han determinado valores en TAA1

CUADRO 18: Porcentaje de sulfatos en PAA1 respecto a AA

Período	PAA1
a	58.7
b	81.9
c	121.3
d	96.8
e	86.9
año	85.9

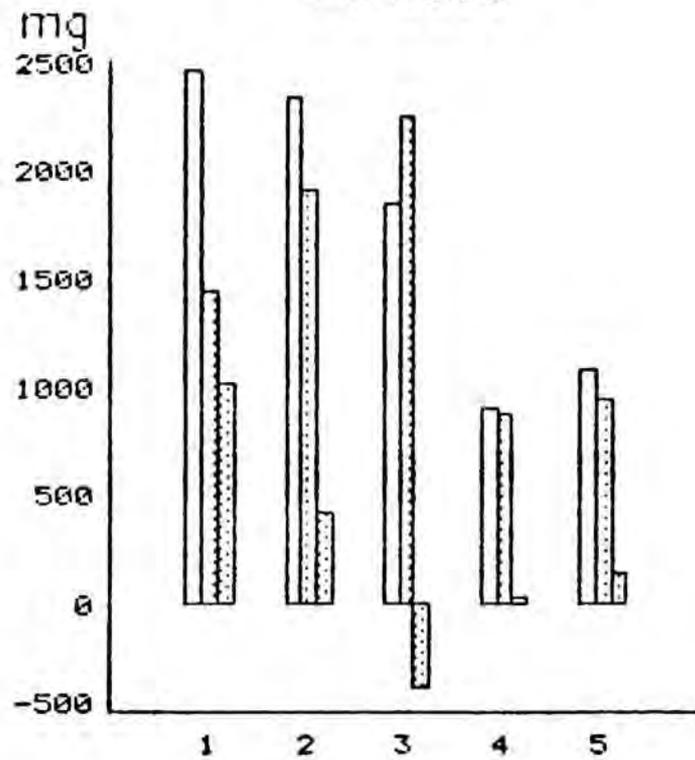
ESQUEMA DE LOS SULFATOS EN EL MICROCOSMOS AA1



- (1) SO₄ aportados
- (2) SO₄ eliminados

GRAFICA 56

BALANCE DE SULFATOS Periodos



Anual

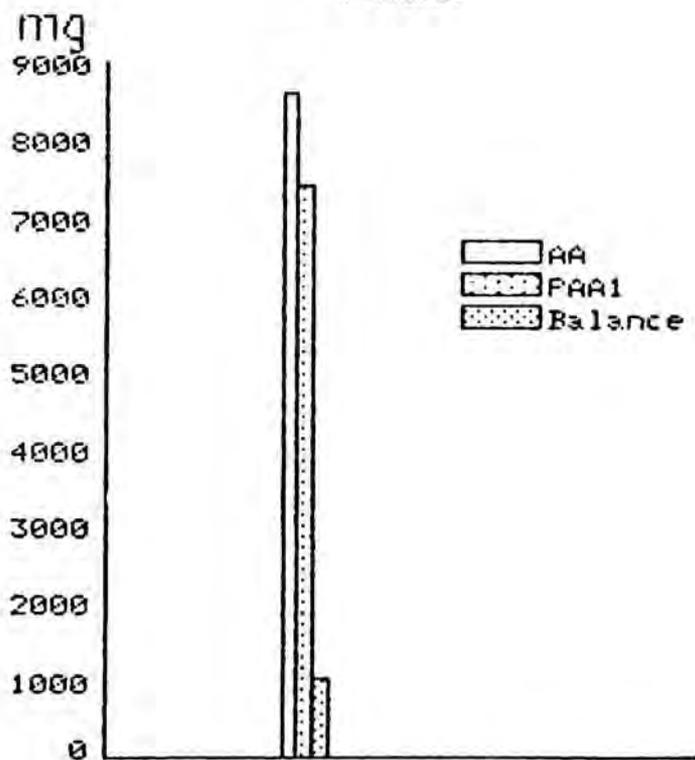


TABLA 46

CANTIDADES EN mg DE SULFATOS AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA Y PERCOLADAS

Fechas	AA	PAA1
1.984-1.985		
21/03-02/04	298.26	45.87
03/04-16/04	226.52	119.98
17/04-01/05	286.46	112.50
02/05-14/05	403.09	156.14
15/05-28/05	646.23	437.89
29/05-11/06	440.20	377.84
12/06-15/06	157.79	193.06
CORTE a	2458.55	1443.28
16/06-25/06	320.83	158.97
26/06-09/07	743.03	567.50
10/07-23/07	512.24	511.17
24/07-06/08	524.09	394.71
07/08-15/08	228.15	274.84
CORTE b	2328.34	1907.19
16/08-20/08	48.03	33.86
21/08-03/09	316.43	443.79
04/09-18/09	363.09	501.43
19/09-01/10	284.77	356.13
02/10-16/10	297.73	344.29
17/10-30/10	270.66	315.82
31/10-07/11	263.88	242.84
CORTE c	1844.59	2238.16
08/11-12/11	51.49	50.75
13/11-26/11	239.02	217.01
27/11-10/12	165.21	181.32
11/12-27/12	253.69	221.22
28/12-07/01	185.77	195.91
CORTE d	895.18	866.21
08/01-21/01	190.24	214.62
22/01-05/02	180.71	159.63
06/02-18/02	222.62	185.81
19/02-04/03	167.39	148.70
05/03-13/03	315.12	226.51
CORTE e	1076.08	935.27
TOTAL AÑO	8602.74	7390.11

Comprobamos que en el período c (15/08 - 07/11/84), al igual que para los cloruros, se produce un lavado de sulfatos, o sea que salen por percolación más sulfatos que los añadidos con el AA.

A pesar del citado lavado de sulfatos en el período donde la frecuencia y volumen de riego es mayor, al final del ciclo anual tiene lugar una retención de sulfatos por parte de la matriz Suelo-1.

1.10) SALINIDAD

Tal como se indicó en la explicación del esquema general de los balances, en el caso de la salinidad, pH y D.Q.O. no trabajaremos con miligramos acumulados por periodos, sino con medias del parámetro en cuestión. En el cuadro siguiente se indican las medias de conductividad obtenidos en los periodos a, b, c, d y e y anual.

CUADRO 19: Conductividad en AA y PAA1 (medias por periodos) en microS/cm

Periodo	AA	PAA1
a	800	884
b	661	902
c	690	911
d	1026	955
e	1110	1068
año	860	948

Comparando los valores de conductividad de los percolados PAA1 con los del agua de riego AA podemos comprobar que, por lo general, los primeros son superiores a los segundos.

Tal como podemos también observar en la gráfica donde vienen representadas las conductividades de cada una de las muestras analizadas, podemos distinguir claramente tres divisiones en el ciclo anual considerado, una correspondiente a las muestras del 21/03/84 y 03/04/84, otra desde esta última fecha hasta el 17/10/84 y finalmente otra que abarca los últimos meses de la experiencia.

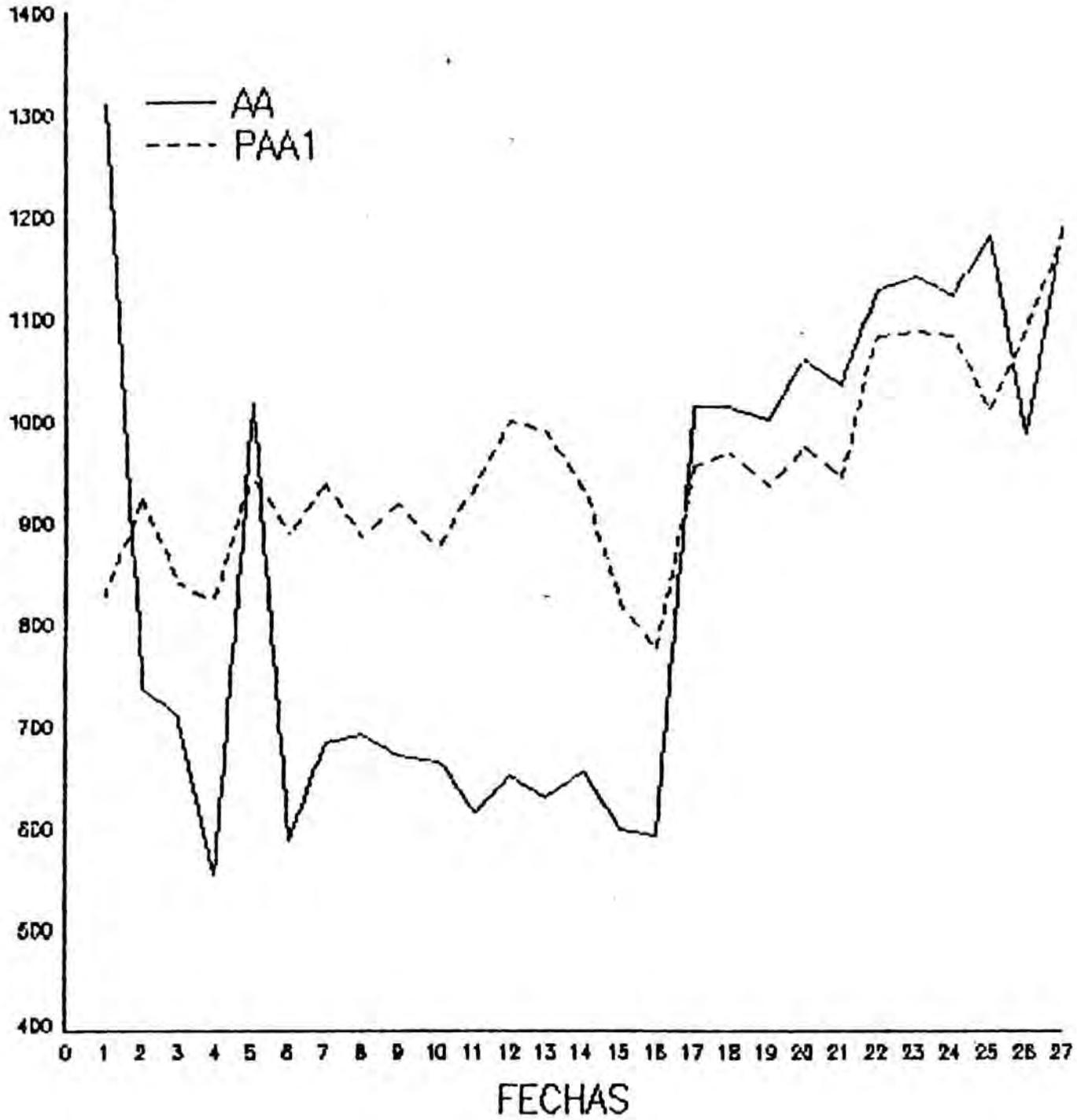
En la primera división la conductividad del percolado PAA1 es muy inferior a la del AA, posiblemente debido a una retención inicial de sales. A partir del 03/04/84, la conductividad de PAA1 supera a la del agua de riego, excepto en fecha 15/05/85 en que una brusca subida de la conductividad de ésta va acompañada de una pequeña retención de sales por el suelo. Finalmente, al producirse el incremento de conductividad del AA a finales de octubre, la de los percolados permanece por debajo de la del AA iniciando una pequeña subida a partir de primeros del año 1985.

Todos estos fenómenos son difíciles de interpretar debido a la diversidad de factores que intervienen, principalmente tipo de suelo, procedencia del agua, frecuencia y volumen de riego, temperatura del invernadero, etc. No hay que olvidar el importante papel que desempeñan tanto la alternancia secado/mojado del suelo como la temperatura ambiente sobre la solubilidad de las sales.

GRAFICA 57

CONDUCTIVIDAD EN AA Y PAA1

MicroS/cm



1.11) pH

--

Al tratar del pH, al no poder hacer un balance en sentido estricto, efectuaremos una comparación entre las medias de pH del AA y del PAA1, según se muestra en el cuadro siguiente.

CUADRO 20: pH en AA y PAA1 (medias por periodos) en unidades de pH

Período	AA	PAA1
a	7,86	7,63
b	7,90	7,45
c	7,78	7,47
d	7,45	7,65
e	7,32	7,56
año	7,66	7,55

Tal como también puede verse en la gráfica que se incluye a continuación en la que se representan los pH de cada una de las muestras analizadas, se diferencian claramente dos espacios de tiempo, uno prácticamente desde el inicio de la experiencia (a partir del 03/04/84) hasta el 17/10/84 y otro desde esta fecha hasta el final.

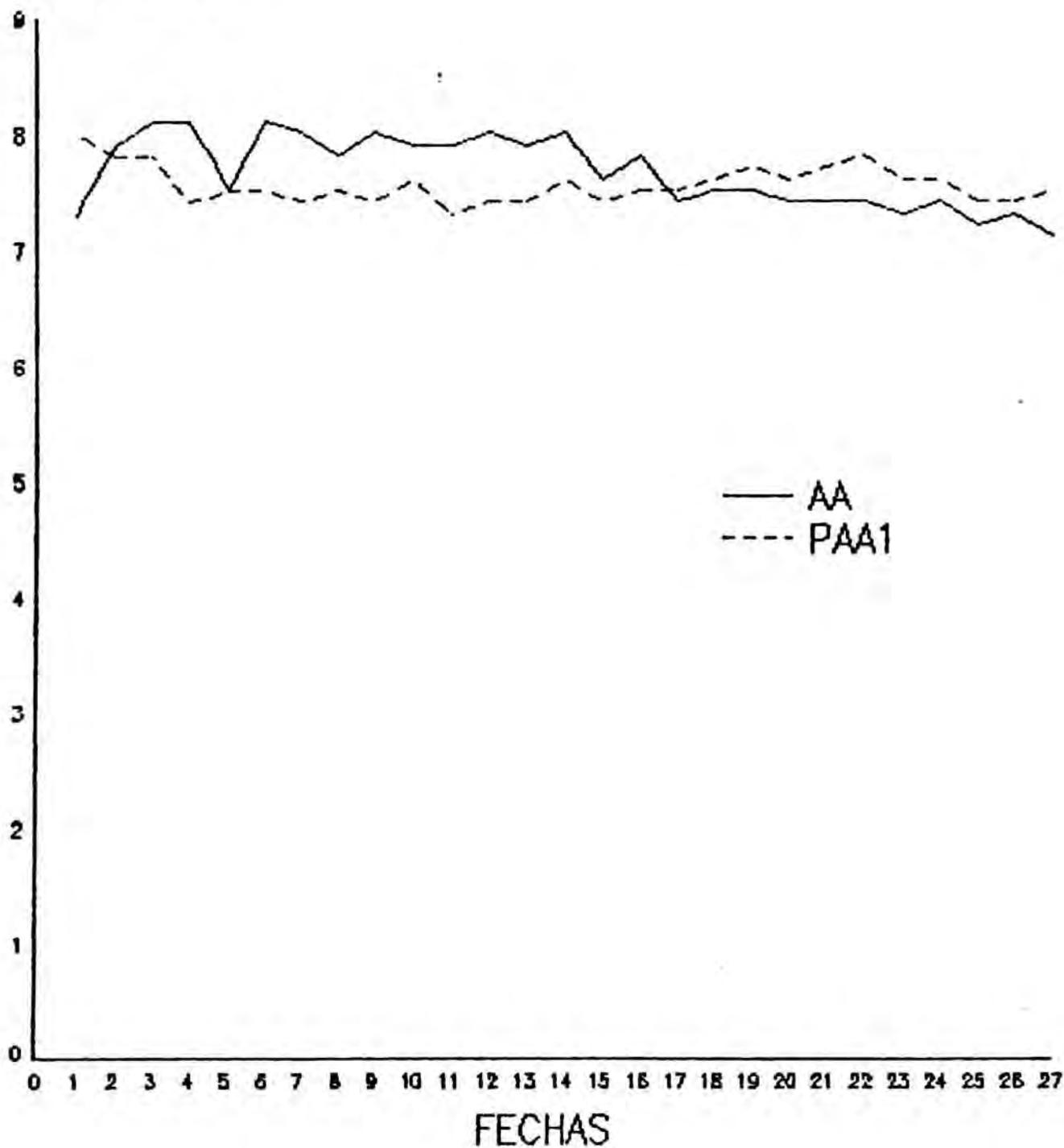
En el primer período, los valores de pH del AA superan a los de los percolados; en el segundo tiene lugar una inversión, siendo inferiores los pH del AA.

Parece tratarse de un efecto amortiguador del Suelo-1, ya que a menor pH del AA, mayor pH de PAA1, y vice-versa.

GRAFICA 58

pH EN AA Y PAA1

Unidades de pH



1.12) D.Q.O.

Si consideramos las medias de D.Q.O. por periodos (a, b, c, d y e) y anual (cuadro 21), podemos observar que las D.Q.O. de PAA1 son, salvo en una ocasión, superiores a las del AA.

CUADRO 21: D.Q.O. en AA y PAA1 (medias por periodos) en mg/l de O₂

Periodo	AA	PAA1
a	6,78	13,12
b	1,83	15,00
c	4,67	14,07
d	3,50	16,68
e	3,64	11,24
año	4,16	14,13

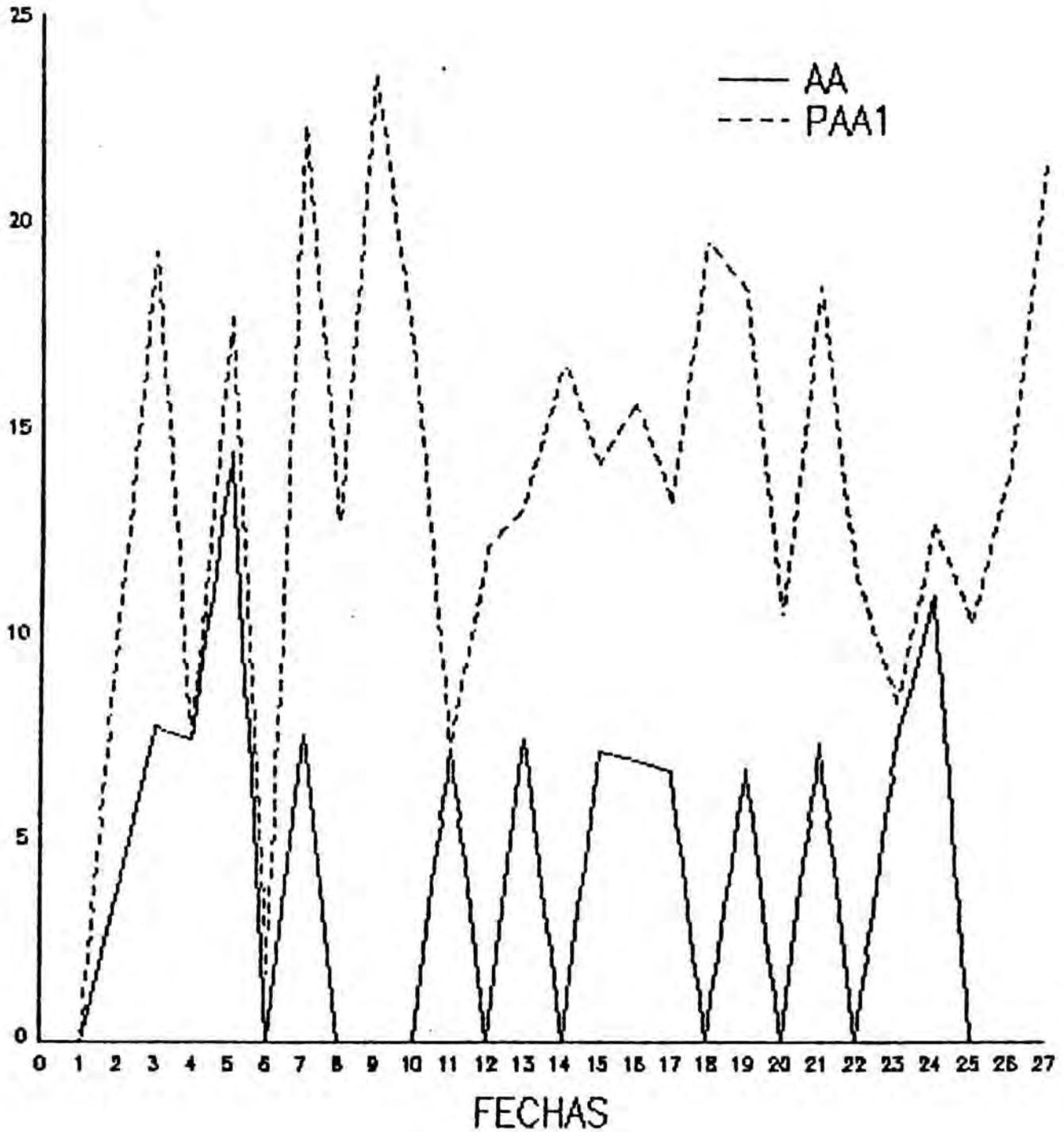
Ello queda también patente en la gráfica de la página siguiente donde vienen representados los valores de D.Q.O. de cada muestra analizada.

Podemos atribuir este hecho a que se produce un arrastre de materia orgánica (ácidos húmicos, fúlvicos y/o sus sales) durante el paso del AA a través del suelo.

GRAFICA 59

D.Q.O. EN AA y PAA1

Mg/l de O₂



1.13) MICROELEMENTOS

Seguidamente indicaremos contenidos de los microelementos Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en las matrices Agua de Riego AA y Agua de Percolación PAA1 y en la matriz Planta TAA1.

Cuadro 22: Contenido en Cadmio de AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1
<1d.	<1d.	<1d.

<1d.: inferior al límite de detección

Cuadro 23: Contenido en Cobalto de AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1
<1d.	Trazas en (05/03/85) ²	Trazas en (07/01/85) ²

<1d.: inferior al límite de detección 1: en una repetición

Cuadro 24: Contenido en Cromo de AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1
<1d.	<1d.	<1d.

<1d.: inferior al límite de detección

Cuadro 25: Contenido en Niquel de AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1
Trazas en 26/06/84	Trazas en (17/04/84) ²	Trazas en (15/06/84) ²
08/01/85	(26/06/84) ²	(15/08/84) ³

1: en una repetición 2: en dos repeticiones 3: en tres repeticiones

Cuadro 26: Contenido en Plomo de AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Para aquellos elementos que entran a formar parte de la constitución de la planta de forma significativa, se indican las cantidades halladas en cada corte del tejido vegetal por ser perfectamente ponderables.

Cuadro 27: Contenido en Cobre en AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1	
<ld.	<ld.	Corte	(mg)
		a	0.034
		b	0.037
		c	0.006
		d	0.004
		e	0.048

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 28: Contenido en Hierro en AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1	
Trazas en	Trazas en	Corte	(mg)
08/01/85	(31/10/84) ¹	a	0.302
22/01/85	(13/11/84) ¹	b	0.313
05/03/85	(27/11/84) ²	c	0.361
	(11/12/84) ²	d	0.059
	(28/12/84) ¹	e	0.544
	(08/01/85) ¹		
	(22/01/85) ²		
	(06/02/85) ²		
	(19/02/86) ³		
	(05/03/85) ¹		

<ld.: inferior al límite de detección 1: en una repetición 2: en dos repeticiones
3: en tres repeticiones

Cuadro 29: Contenido en Manganeso en AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1	
<ld.	<ld.	Corte	(mg)
		a	0.186
		b	0.143
		c	0.097
		d	0.056
		e	0.329

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 30: Contenido en Zinc en AA, PAA1 y TAA1

AA	PAA1	TAA1	
(mg/l)	(mg/l)	Corte	(mg)
0.01 - 0.35	<ld. - 0.03	a	0.093
		b	0.170
		c	0.129
		d	0.043
		e	0.267

<ld.: inferior al límite de detección

2. - Balance en el *microcosmos* AA

Debido a la escasa cantidad de tejido vegetal recolectado, no tenemos valores de TAA2 en el periodo b (15/06 - 15/08/84), lo cual nos impide tener un contenido final anual para esta Matriz.

2.1) SODIO

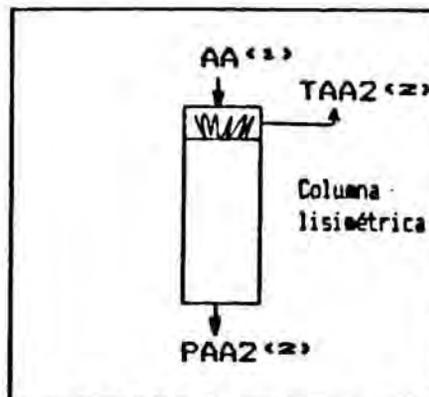
CUADRO 31: Miligramos de sodio en AA, PAA2 y TAA2

Período	AA	PAA2	TAA2
a	516.39	246.02	2.20
b	274.63	343.45	--
c	193.67	203.68	4.98
d	350.29	213.07	3.54
e	574.19	381.78	9.42
año	1909.17	1388.00	--

CUADRO 32: Porcentaje de sodio en PAA2 y TAA2 respecto a AA

Período	PAA2	TAA2
a	47.6	0.4
b	125.1	-
c	105.2	2.6
d	60.8	1.0
e	66.5	1.6
año	72.7	-

ESQUEMA DEL SODIO EN EL *MICROCOSMOS* AA2

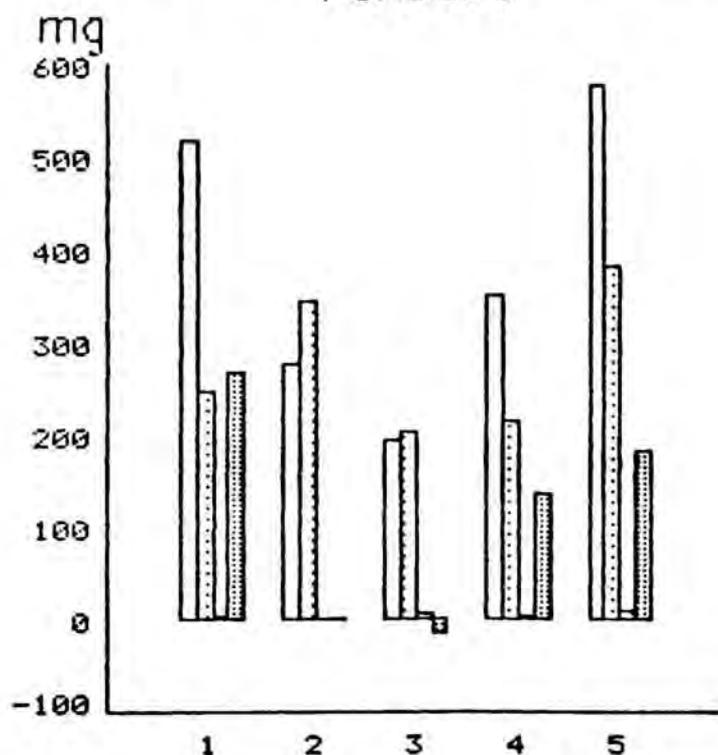


- (1) Na aportado
- (2) Na eliminado

GRAFICA 60

BALANCE DE SODIO

Periodos



Anual

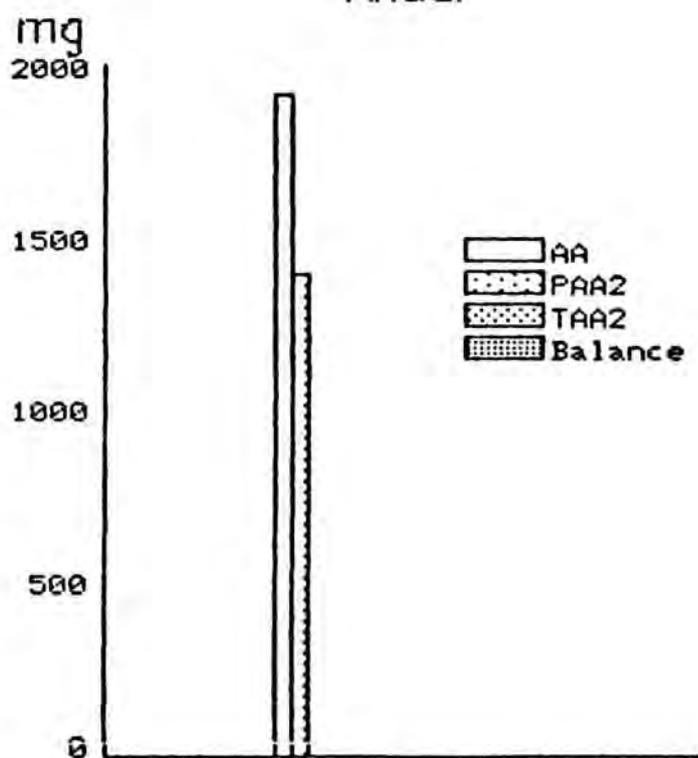


TABLA 47

CANTIDADES EN mg DE SODIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA2	TAA2
1.984-1.985			
21/03-02/04	122.14	12.52	
03/04-16/04	36.44	18.81	
17/04-01/05	40.09	18.19	
02/05-14/05	28.47	21.57	
15/05-28/05	191.96	70.26	
29/05-11/06	71.76	71.38	
12/06-15/06	25.53	33.29	
CORTE a	516.39	246.02	2.20
16/06-25/06	51.91	27.61	
26/06-09/07	105.39	117.84	
10/07-23/07	63.14	97.51	
24/07-06/08	38.46	69.53	
07/08-15/08	15.73	30.96	
CORTE b	274.63	343.45	--
16/08-20/08	3.31	4.25	
21/08-03/09	20.51	38.47	
04/09-18/09	19.25	36.30	
19/09-01/10	26.48	26.27	
02/10-16/10	18.60	28.61	
17/10-30/10	22.54	29.81	
31/10-07/11	82.98	39.97	
CORTE c	193.67	203.68	4.98
08/11-12/11	16.19	8.51	
13/11-26/11	82.97	64.51	
27/11-10/12	68.08	36.32	
11/12-27/12	95.70	52.82	
28/12-07/01	87.35	50.91	
CORTE d	350.29	213.07	3.54
08/01-21/01	105.96	64.78	
22/01-05/02	105.06	65.10	
06/02-18/02	129.38	78.55	
19/02-04/03	112.69	77.83	
05/03-13/03	121.10	95.52	
CORTE e	574.19	381.78	9.42
TOTAL AÑO	1909.17	1388.00	--

Podemos observar que en dos periodos (b y c) la cantidad de sodio percolada supera a la añadida, periodos que se corresponden con los meses más calurosos del año en que se incrementa el volumen y la frecuencia del riego. No obstante, en el conjunto del ciclo anual, se produce una retención de sodio.

2.2) POTASIO

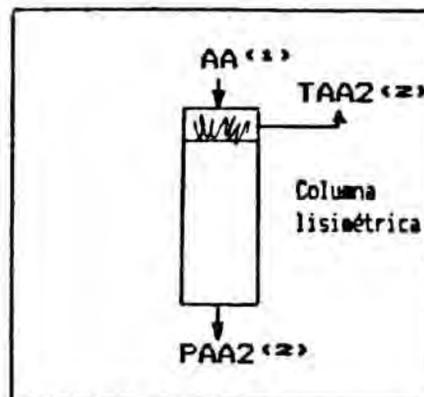
CUADRO 33: Miligramos de potasio en AA, PAA2 y TAA2

Período	AA	PAA2	TAA2
a	41.62	0.74	38.57
b	38.20	2.02	--
c	25.92	1.81	33.89
d	17.66	3.07	55.21
e	<u>20.07</u>	<u>3.02</u>	<u>116.13</u>
año	143.47	10.66	--

CUADRO 34: Porcentaje de potasio en PAA2 y TAA2 respecto a AA

Período	PAA2	TAA2
a	1.8	92.7
b	5.3	--
c	7.0	130.7
d	17.4	312.6
e	<u>15.1</u>	<u>578.6</u>
año	7.4	--

ESQUEMA DEL POTASIO EN EL MICROCOSMOS AA2



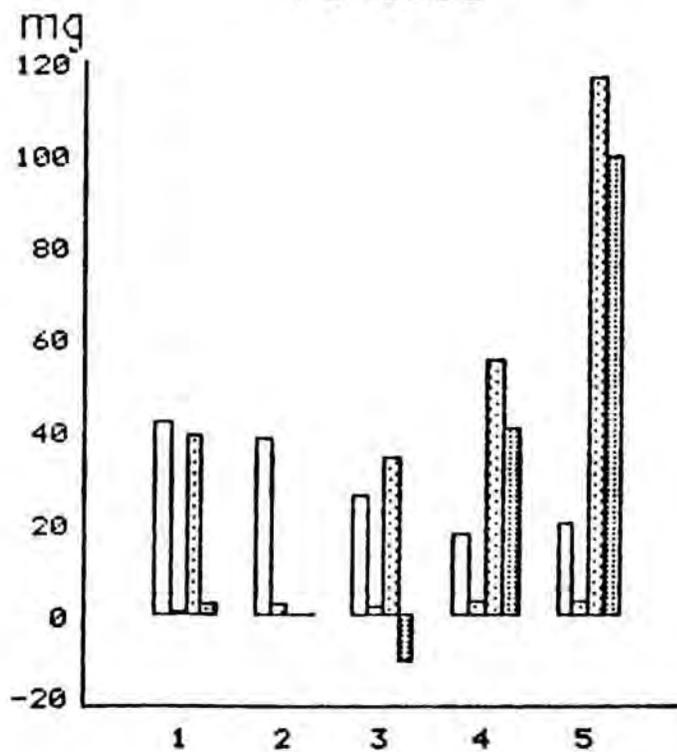
- (1) K aportado
- (2) K eliminado

Podemos observar que se produce una cesión muy importante de potasio por parte del suelo a la planta, al igual que sucedía en el microcosmos AA1.

GRAFICA 61

BALANCE DE POTASIO

Periodos



Anual

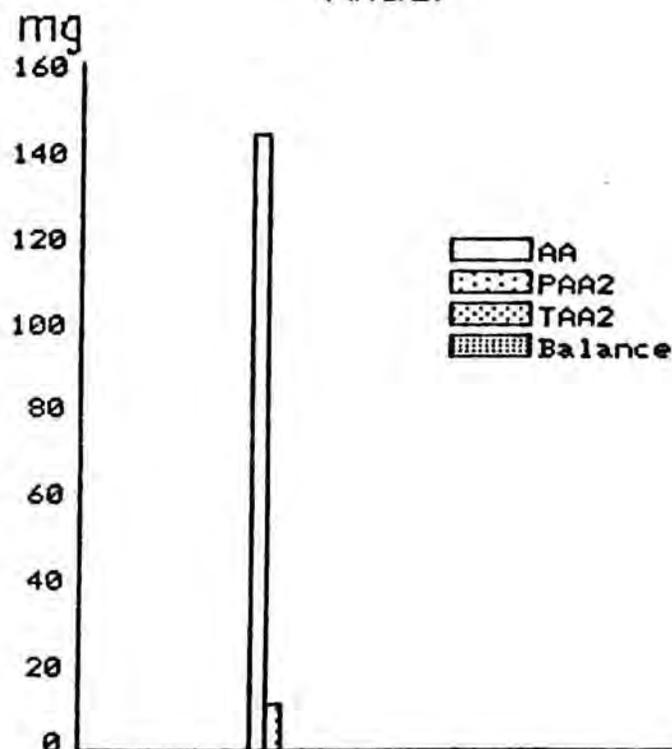


TABLA 48

CANTIDADES EN mg DE POTASIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA2	TAA2
1.984-1.985			
21/03-02/04	4.16	0.28	
03/04-16/04	4.30	0.24	
17/04-01/05	5.01	0.17	
02/05-14/05	4.05	0.00	
15/05-28/05	9.30	0.00	
29/05-11/06	11.28	0.00	
12/06-15/06	3.52	0.05	
CORTE a	41.62	0.74	38.57
16/06-25/06	7.16	0.04	
26/06-09/07	12.34	0.74	
10/07-23/07	7.74	0.62	
24/07-06/08	7.92	0.50	
07/08-15/08	3.04	0.12	
CORTE b	38.20	2.02	--
16/08-20/08	0.64	0.02	
21/08-03/09	4.32	0.46	
04/09-18/09	3.91	0.14	
19/09-01/10	4.12	0.12	
02/10-16/10	4.02	0.07	
17/10-30/10	2.97	0.15	
31/10-07/11	4.50	0.85	
CORTE c	25.92	1.81	33.89
08/11-12/11	0.88	0.18	
13/11-26/11	4.79	0.87	
27/11-10/12	3.83	0.65	
11/12-27/12	4.32	0.82	
28/12-07/01	3.84	0.55	
CORTE d	17.66	3.07	55.21
08/01-21/01	3.06	0.56	
22/01-05/02	3.22	0.53	
06/02-18/02	4.23	0.42	
19/02-04/03	4.17	0.65	
05/03-13/03	5.39	0.86	
CORTE e	20.07	3.02	116.13
TOTAL AÑO	143.47	10.66	--

2.3) CALCIO

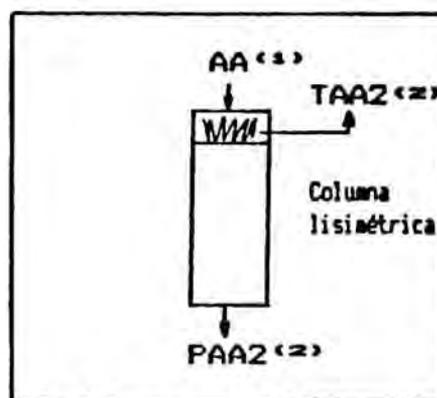
CUADRO 35: Miligramos de calcio en AA, PAA2 y TAA2

Período	AA	PAA2	TAA2
a	1798.52	1295.27	15.94
b	1736.33	1859.19	--
c	1427.20	1433.66	47.79
d	1009.56	1027.02	29.26
e	<u>1520.25</u>	<u>1427.88</u>	<u>61.36</u>
año	7491.86	7043.02	--

CUADRO 36: Porcentaje de calcio en PAA2 y TAA2 respecto a AA

Período	PAA2	TAA2
a	72.0	0.9
b	107.1	-
c	100.5	3.3
d	101.7	2.9
e	<u>93.9</u>	<u>4.0</u>
año	94.0	-

ESQUEMA DEL CALCIO EN EL MICROCOSMOS AA2

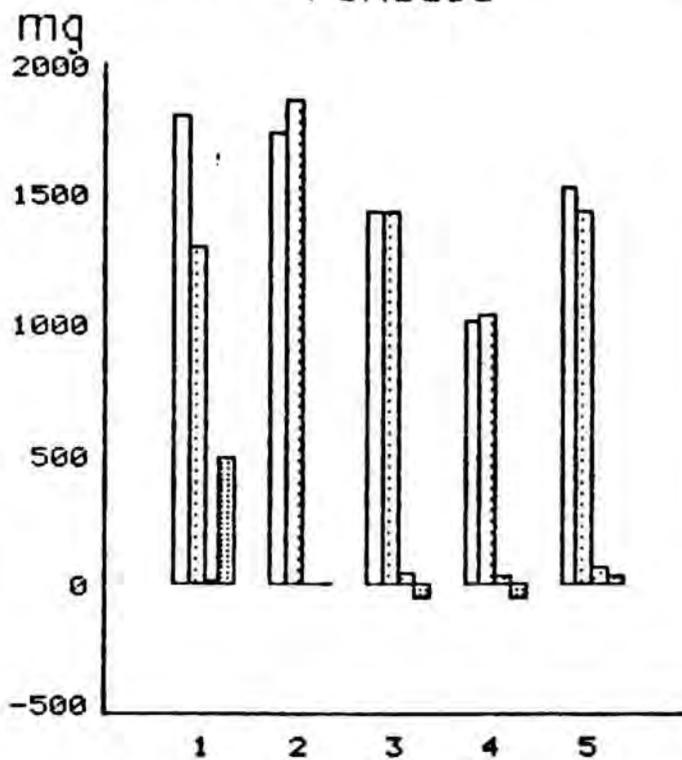


- (1) Ca aportado
- (2) Ca eliminado

GRAFICA 62

BALANCE DE CALCIO

Periodos



Anual

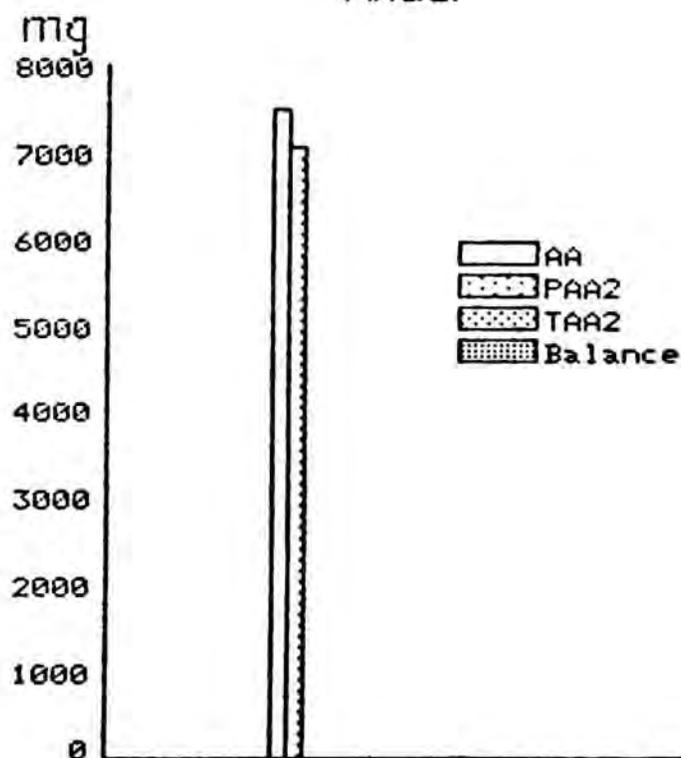


TABLA 49
 CANTIDADES EN mg DE CALCIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
 PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA2	TAA2
1.984-1.985			
21/03-02/04	242.76	72.29	
03/04-16/04	166.30	126.66	
17/04-01/05	178.44	90.35	
02/05-14/05	220.49	157.81	
15/05-28/05	497.07	381.90	
29/05-11/06	356.39	330.99	
12/06-15/06	137.07	165.27	
CORTE a	1798.52	1295.27	15.94
16/06-25/06	278.72	137.04	
26/06-09/07	529.42	606.68	
10/07-23/07	348.10	524.09	
24/07-06/08	409.13	403.15	
07/08-15/08	170.96	188.23	
CORTE b	1736.33	1859.19	--
16/08-20/08	35.99	25.82	
21/08-03/09	246.72	266.54	
04/09-18/09	237.53	261.64	
19/09-01/10	220.45	200.10	
02/10-16/10	215.05	197.66	
17/10-30/10	544.35	224.22	
31/10-07/11	251.02	257.68	
CORTE c	1427.20	1433.66	47.79
08/11-12/11	48.98	54.89	
13/11-26/11	258.79	274.98	
27/11-10/12	200.40	206.50	
11/12-27/12	278.34	267.16	
28/12-07/01	223.05	223.49	
CORTE d	1009.56	1027.02	29.26
08/01-21/01	242.22	237.89	
22/01-05/02	268.98	283.89	
06/02-18/02	326.00	320.23	
19/02-04/03	304.83	269.91	
05/03-13/03	378.22	315.96	
CORTE e	1520.25	1427.88	61.36
TOTAL AÑO	7491.86	7043.02	--

Vemos que, excepto en el primer período, el calcio percolado ronda el 100 % del calcio añadido e incluso lo supera. Se produce una pérdida de calcio por percolación; a pesar de ello, al final del ciclo anual tiene lugar una retención de calcio.

2.4) MAGNESIO

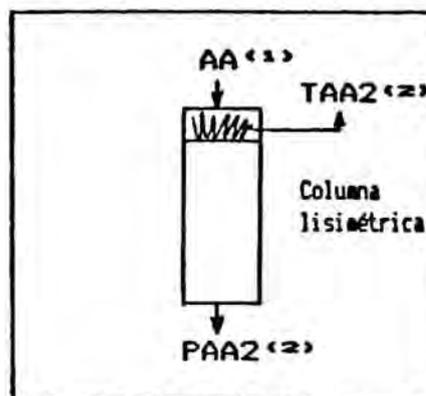
CUADRO 37: Miligramos de magnesio en AA, PAA2 y TAA2

Período	AA	PAA2	TAA2
a	586.31	212.72	4.46
b	431.61	202.49	--
c	344.87	181.35	7.21
d	249.68	134.12	5.62
e	<u>368.72</u>	<u>214.94</u>	<u>12.60</u>
año	1981.19	945.62	--

CUADRO 38: Porcentaje de magnesio en PAA2 y TAA2 respecto a AA

Período	PAA2	TAA2
a	36.3	0.8
b	46.9	-
c	52.6	2.1
d	53.7	2.3
e	<u>58.3</u>	<u>3.4</u>
año	47.7	-

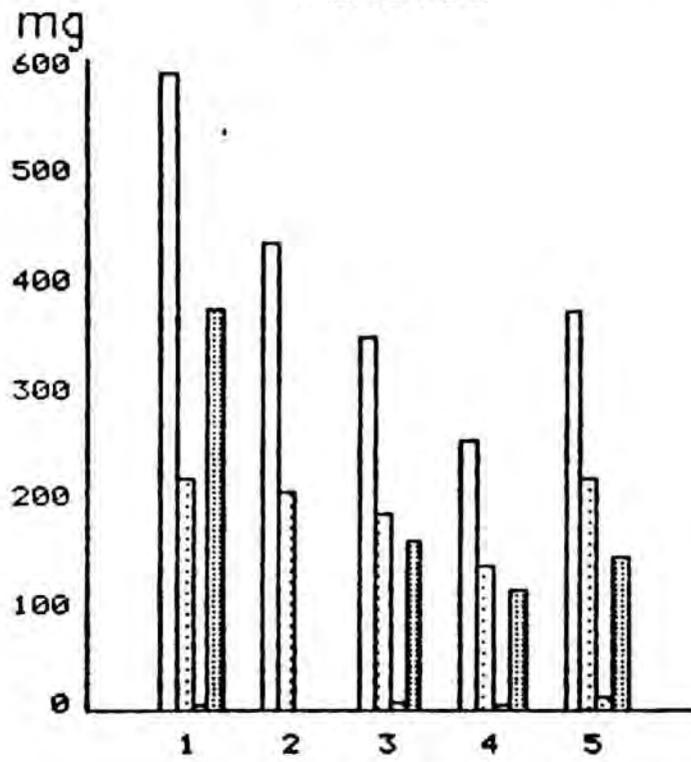
ESQUEMA DEL MAGNESIO EN EL *MICROCOSMOS* AA2



- (1) Mg aportado
- (2) Mg eliminado

GRAFICA 63

BALANCE DE MAGNESIO Periodos



Anual

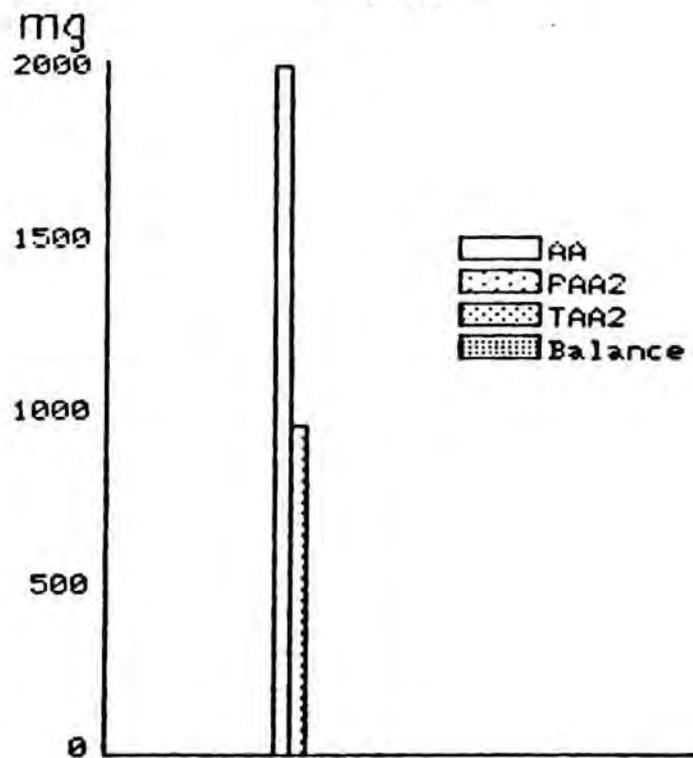


TABLA 50

CANTIDADES EN mg DE MAGNESIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA2	TAA2
1.984-1.985			
21/03-02/04	93.64	11.80	
03/04-16/04	70.24	18.90	
17/04-01/05	76.84	21.26	
02/05-14/05	50.05	21.15	
15/05-28/05	153.13	63.03	
29/05-11/06	109.04	55.92	
12/06-15/06	33.37	20.66	
CORTE a	586.31	212.72	4.46
16/06-25/06	67.85	17.13	
26/06-09/07	142.49	60.57	
10/07-23/07	89.71	54.91	
24/07-06/08	92.52	47.81	
07/08-15/08	39.04	22.07	
CORTE b	431.61	202.49	--
16/08-20/08	8.22	3.03	
21/08-03/09	56.77	30.38	
04/09-18/09	55.48	29.61	
19/09-01/10	54.50	23.08	
02/10-16/10	50.33	26.67	
17/10-30/10	50.04	33.37	
31/10-07/11	69.53	35.21	
CORTE c	344.87	181.35	7.21
08/11-12/11	13.57	7.50	
13/11-26/11	62.73	33.71	
27/11-10/12	49.60	26.01	
11/12-27/12	61.66	36.90	
28/12-07/01	62.12	30.00	
CORTE d	249.68	134.12	5.62
08/01-21/01	65.71	42.94	
22/01-05/02	60.41	37.50	
06/02-18/02	79.86	42.39	
19/02-04/03	75.76	41.13	
05/03-13/03	86.98	50.98	
CORTE e	368.72	214.94	12.60
TOTAL AÑO	1981.19	945.62	--

Podemos observar que el porcentaje de las pérdidas de magnesio por percolación se incrementan con el tiempo y el número de cortes del Rye-grass.

Queda retenido el 52.3 % del magnesio añadido con el AA. Esta retención es debida principalmente a la capacidad de intercambio catiónica del Suelo-2.

2.5) NITROGENO

Debido a que no hemos detectado presencia de nitrógeno-amónico ni el el AA ni en los percolados de Suelo-2, hemos considerado únicamente los mg/l de nitrógeno-nítrico. A efectos de comparación, se dan los datos en mg de nitrógeno.

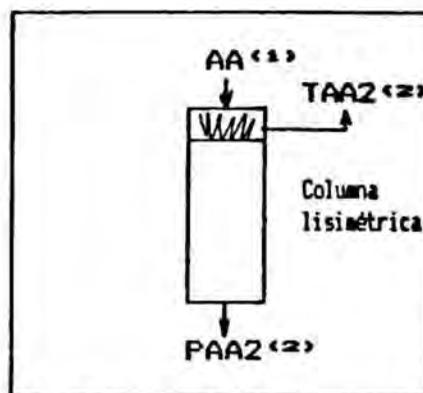
CUADRO 39: Miligramos de nitrógeno en AA, PAA2 y TAA2

Período	AA	PAA2	TAA2
a	189.77	93.28	17.85
b	47.71	24.01	7.66
c	45.61	18.46	17.82
d	131.39	46.29	25.01
e	183.99	91.35	70.12
año	598.47	273.39	138.46

CUADRO 40: Porcentaje de nitrógeno en PAA2 y TAA2 respecto a AA

Período	PAA2	TAA2
a	49.1	9.4
b	50.3	16.0
c	40.5	39.1
d	35.2	19.0
e	49.6	38.1
año	45.7	23.1

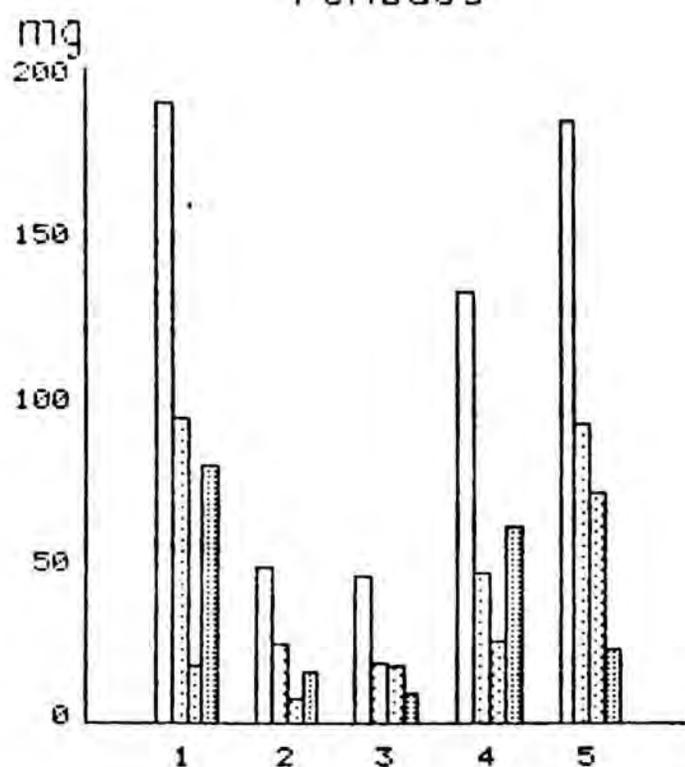
ESQUEMA DEL NITROGENO EN EL MICROCOSMOS AA2



- (1) N aportado
- (2) N eliminado

GRAFICA 64

BALANCE DE NITROGENO Periodos



Anual

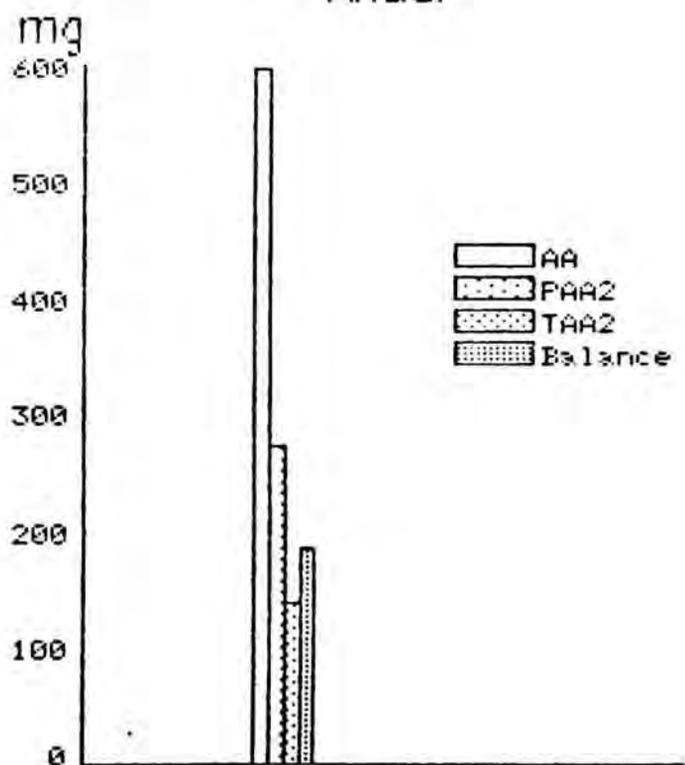


TABLA 51

CANTIDADES EN mg DE NITROGENO NITRICO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO
CON AA, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA2	TAA2
1.984-1.985			
21/03-02/04	44.10	17.34	
03/04-16/04	23.94	10.59	
17/04-01/05	19.11	8.61	
02/05-14/05	2.83	3.28	
15/05-28/05	76.44	42.76	
29/05-11/06	17.47	6.98	
12/06-15/06	5.88	3.72	
CORTE a	189.77	93.28	17.85
16/06-25/06	11.96	3.08	
26/06-09/07	19.16	8.47	
10/07-23/07	9.45	5.55	
24/07-06/08	5.54	5.01	
07/08-15/08	1.60	1.90	
CORTE b	47.71	24.01	7.66
16/08-20/08	0.34	0.26	
21/08-03/09	2.28	1.92	
04/09-18/09	2.28	1.64	
19/09-01/10	5.83	1.87	
02/10-16/10	0.68	0.48	
17/10-30/10	5.50	1.87	
31/10-07/11	28.70	10.45	
CORTE c	45.61	18.46	17.82
08/11-12/11	5.60	2.22	
13/11-26/11	28.49	9.76	
27/11-10/12	23.52	8.37	
11/12-27/12	34.58	13.71	
28/12-07/01	39.20	12.23	
CORTE d	131.39	46.29	25.01
08/01-21/01	45.22	15.37	
22/01-05/02	29.40	17.61	
06/02-18/02	36.22	20.88	
19/02-04/03	31.57	17.17	
05/03-13/03	41.58	20.32	
CORTE e	183.99	91.35	70.12
TOTAL AÑO	598.47	273.39	138.46

El nitrógeno retenido por ambas matrices Suelo y Planta es ligeramente superior al 50 % del nitrógeno añadido; el resto se pierde por percolación.

2.6) FOSFORO

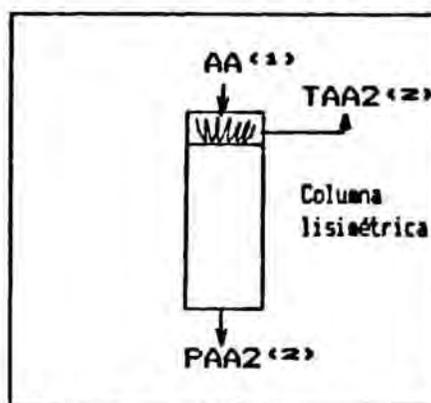
CUADRO 41: Miligramos de fósforo en AA, PAA2 y TAA2

Período	AA	PAA2	TAA2
a	23.87	20.64	3.33
b	29.83	44.99	--
c	21.49	26.55	2.30
d	8.52	5.85	3.87
e	<u>8.97</u>	<u>7.29</u>	<u>5.21</u>
año	92.68	105.32	--

CUADRO 42: Porcentaje de fósforo en PAA2 y TAA2 respecto a AA

Período	PAA2	TAA2
a	86.5	14.0
b	150.8	--
c	123.5	10.7
d	68.7	45.4
e	<u>81.3</u>	<u>58.1</u>
año	113.6	--

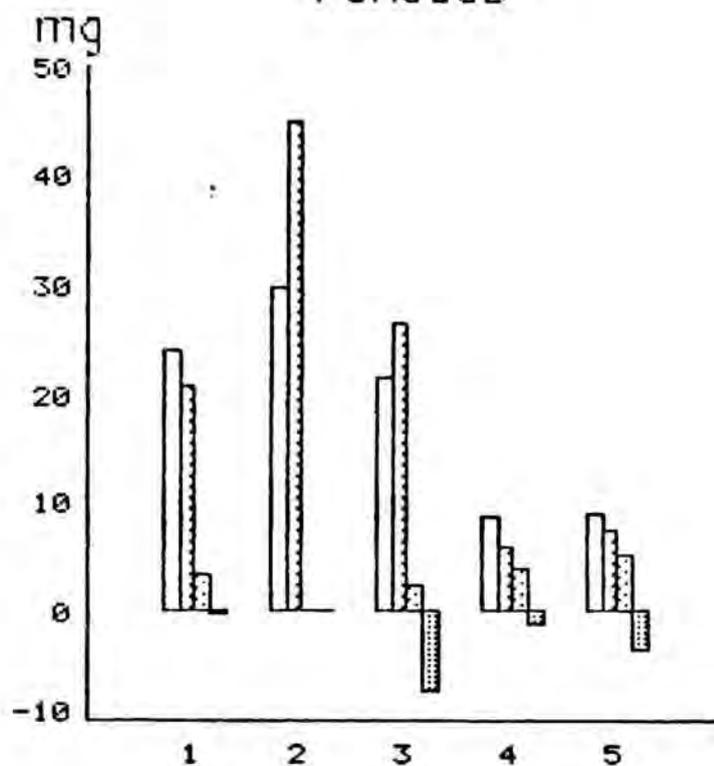
ESQUEMA DEL FOSFORO EN EL MICROCOSMOS AA2



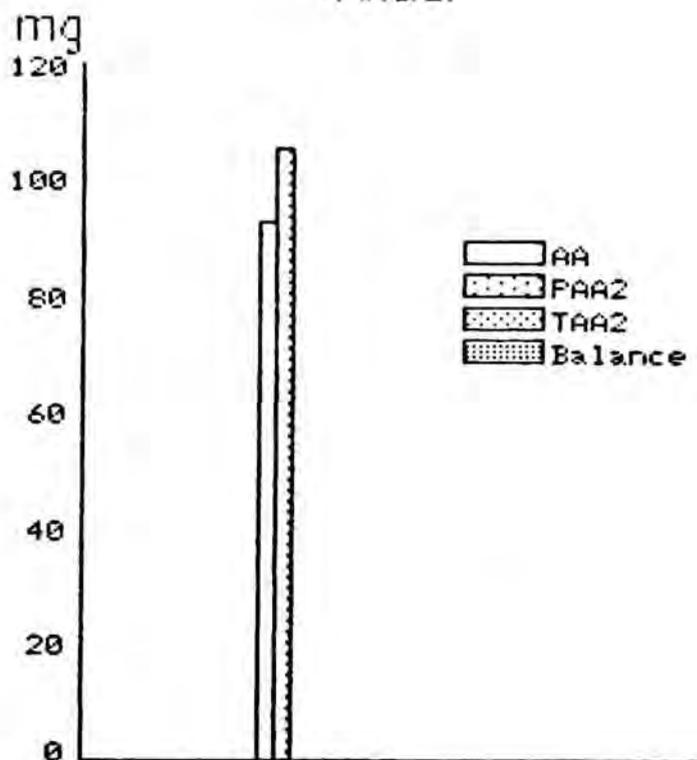
- (1) P aportado
- (2) P eliminado

GRAFICA 65

BALANCE DE FOSFORO Periodos



Anual



AA
PAA2
TAA2
Balance

TABLA 52

CANTIDADES EN mg DE FOSFORO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	AA	PAA2	TAA2
1.984-1.985			
21/03-02/04	0.00	1.10	
03/04-16/04	2.46	1.29	
17/04-01/05	8.85	3.76	
02/05-14/05	0.84	2.37	
15/05-28/05	2.66	3.39	
29/05-11/06	7.62	5.93	
12/06-15/06	1.44	2.80	
<hr/>			
CORTE a	23.87	20.64	3.33
<hr/>			
16/06-25/06	2.93	2.32	
26/06-09/07	16.78	22.80	
10/07-23/07	3.06	6.02	
24/07-06/08	4.64	8.32	
07/08-15/08	2.42	5.53	
<hr/>			
CORTE b	29.83	44.99	--
<hr/>			
16/08-20/08	0.51	0.76	
21/08-03/09	5.76	8.53	
04/09-18/09	1.27	4.05	
19/09-01/10	1.45	3.63	
02/10-16/10	6.00	4.76	
17/10-30/10	3.32	1.59	
31/10-07/11	3.18	3.23	
<hr/>			
CORTE c	21.49	26.55	2.30
<hr/>			
08/11-12/11	0.62	0.69	
13/11-26/11	3.89	0.83	
27/11-10/12	1.38	0.56	
11/12-27/12	1.82	2.34	
28/12-07/01	0.81	1.43	
<hr/>			
CORTE d	8.52	5.85	3.87
<hr/>			
08/01-21/01	1.79	1.88	
22/01-05/02	1.85	1.30	
06/02-18/02	2.37	1.73	
19/02-04/03	1.20	1.07	
05/03-13/03	1.76	1.31	
<hr/>			
CORTE e	8.97	7.29	5.21
<hr/>			
TOTAL AÑO	92.68	105.32	--

Podemos ver que en dos períodos, b y c, y al final del ciclo anual, la cantidad de fósforo percolada supera a la añadida. En los períodos en que ello no es así, si consideramos también la cantidad de fósforo contenida en el tejido vegetal, se deduce que tiene lugar una cesión de fósforo por parte del Suelo-2.

2.7) CLORUROS

CUADRO 43: Miligramos de cloruros en AA y PAA2*

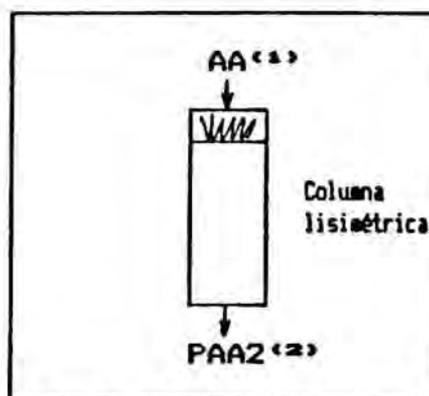
Período	AA	PAA2
a	616.42	381.87
b	392.81	413.08
c	291.60	253.05
d	379.77	277.73
e	571.55	493.15
año	2252.15	1818.88

* No se han determinado valores en TAA2

CUADRO 44: Porcentaje de cloruros en PAA2 respecto a AA

Período	PAA2
a	61.9
b	105.2
c	86.8
d	73.1
e	86.3
año	80.8

ESQUEMA DE LOS CLORUROS EN EL MICROCOSMOS AA2

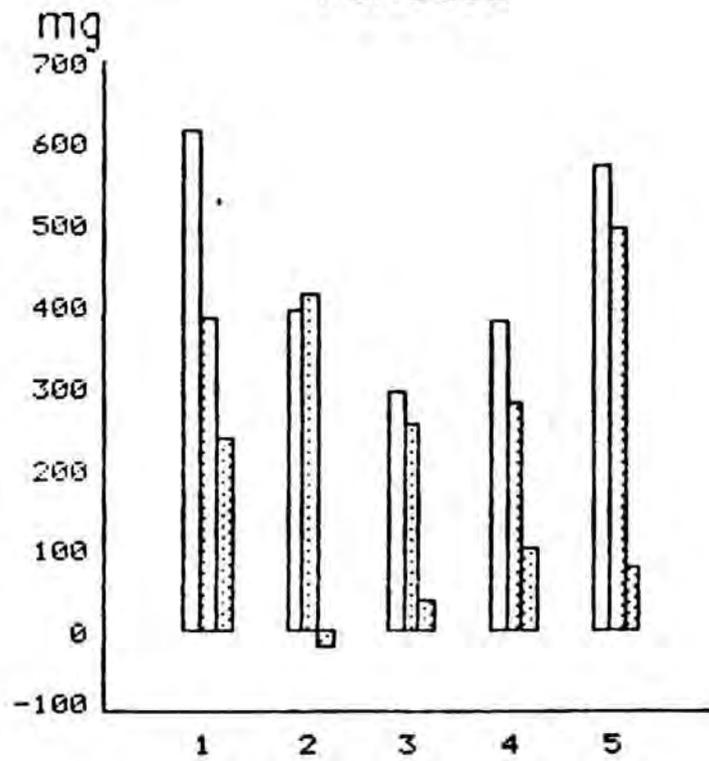


- (1) Cl aportados
- (2) Cl eliminados

En el período b (15/06 - 15/08/84) se produce un lavado de cloruros, probablemente acumulados en los períodos precedentes en el Suelo. Un 80 % de los cloruros añadidos con el AA al Suelo-2 se pierden por percolación.

GRAFICA 66

BALANCE DE CLORUROS Periodos



Anual

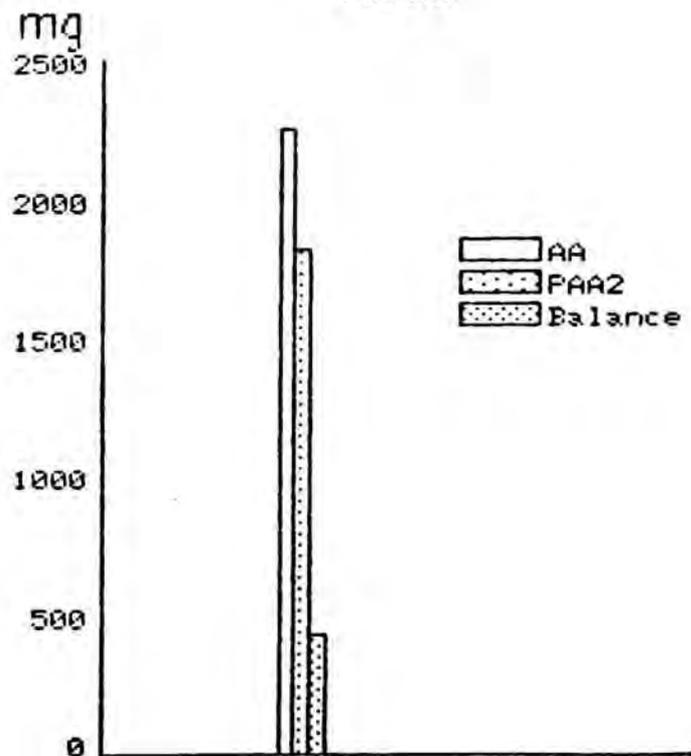


TABLA 53

CANTIDADES EN mg DE CLORUROS AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON AA Y PERCOLADAS

Fechas	AA	PAA2
1.984-1.985		
21/03-02/04	139.76	17.91
03/04-16/04	52.96	47.85
17/04-01/05	47.65	34.28
02/05-14/05	28.71	26.24
15/05-28/05	228.12	115.24
29/05-11/06	85.72	103.15
12/06-15/06	33.50	37.20
CORTE a	616.42	381.87
16/06-25/06	68.11	30.84
26/06-09/07	139.23	155.19
10/07-23/07	84.56	110.99
24/07-06/08	78.01	80.66
07/08-15/08	22.90	35.40
CORTE b	392.81	413.08
16/08-20/08	4.82	4.86
21/08-03/09	35.42	53.00
04/09-18/09	32.54	42.13
19/09-01/10	40.82	32.61
02/10-16/10	43.44	31.83
17/10-30/10	40.82	35.81
31/10-07/11	93.74	52.81
CORTE c	291.60	253.05
08/11-12/11	18.29	11.25
13/11-26/11	93.77	60.67
27/11-10/12	72.03	55.54
11/12-27/12	97.66	76.29
28/12-07/01	98.02	73.98
CORTE d	379.77	277.73
08/01-21/01	104.85	93.64
22/01-05/02	104.85	90.77
06/02-18/02	126.03	101.95
19/02-04/03	107.57	91.73
05/03-13/03	128.25	115.06
CORTE e	571.55	493.15
TOTAL AÑO	2252.15	1818.88

2.8) BICARBONATOS

CUADRO 45: Miligramos de bicarbonatos en AA y PAA2*

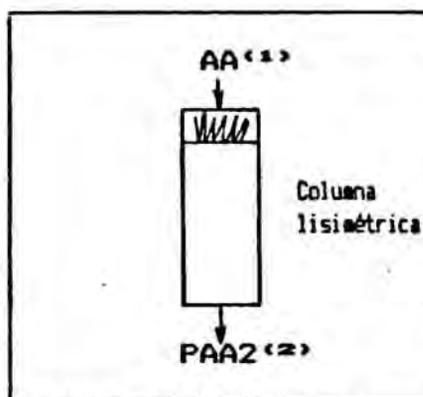
Periodo	AA	PAA2
a	4596.32	3150.53
b	4208.43	4231.88
c	3309.03	2898.18
d	2795.75	2505.44
e	4848.11	4013.75
año	19757.64	16799.78

* No se han determinado valores en TAA2

CUADRO 46: Porcentaje de bicarbonatos en PAA2 respecto a AA

Periodo	PAA2
a	68.5
b	100.6
c	87.6
d	89.6
e	82.8
año	85.0

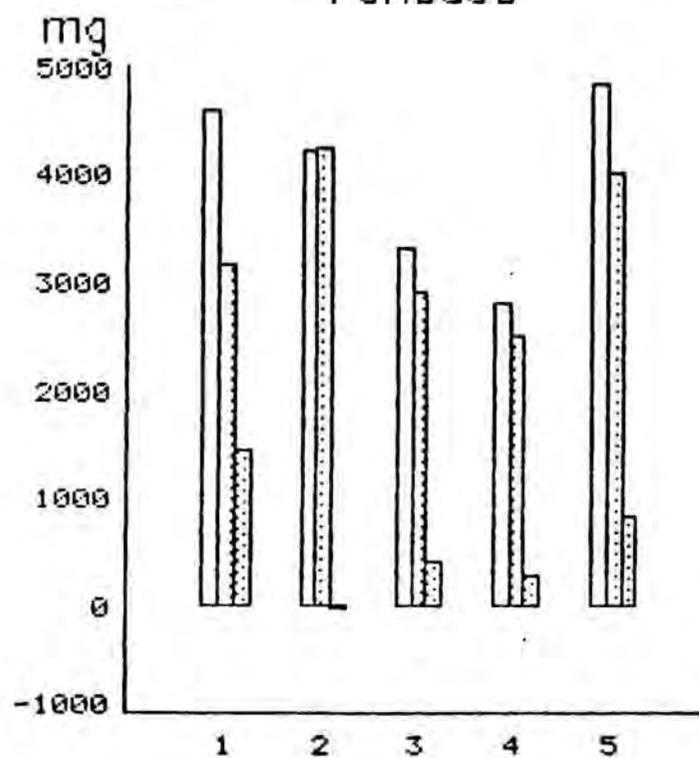
ESQUEMA DE LOS BICARBONATOS EN EL MICROCOSMOS AA2



- (1) HCO_3^- aportados
 (2) HCO_3^- eliminados

GRAFICA 67

BALANCE DE BICARBONATOS Periodos



Anual

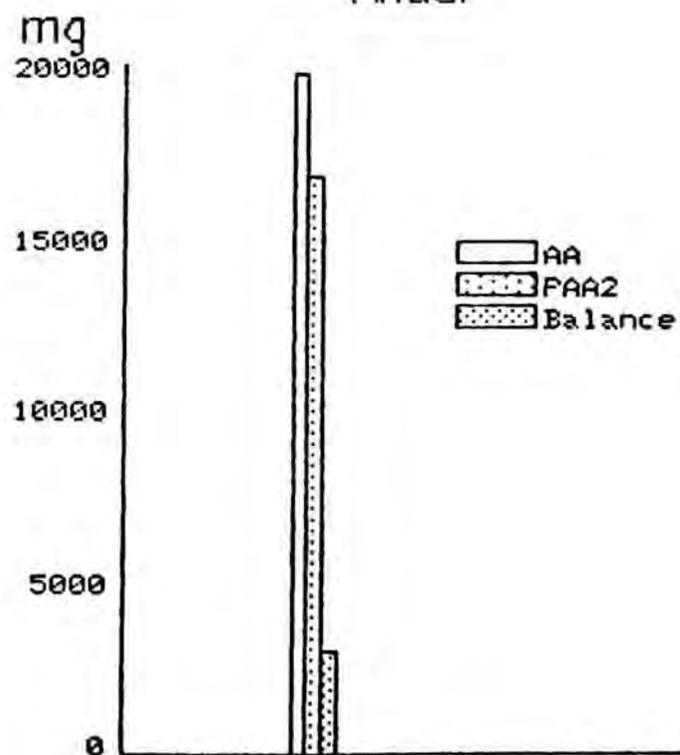


TABLA 54
CANTIDADES EN mg DE BICARBONATOS AÑADIDAS MEDIANTE
EL RIEGO CON AA Y PERCOLADAS

Fechas	AA	PAA2
1.984-1.985		
21/03-02/04	695.03	164.66
03/04-16/04	447.98	241.43
17/04-01/05	475.25	216.04
02/05-14/05	371.95	326.61
15/05-28/05	1239.46	892.37
29/05-11/06	1001.56	904.38
12/06-15/06	365.09	405.04
CORTE a	4596.32	3150.53
16/06-25/06	742.34	335.87
26/06-09/07	1313.88	1278.35
10/07-23/07	853.70	1078.04
24/07-06/08	912.56	1157.65
07/08-15/08	385.95	381.97
CORTE b	4208.43	4231.88
16/08-20/08	81.25	52.40
21/08-03/09	581.39	513.67
04/09-18/09	499.04	451.71
19/09-01/10	520.09	363.83
02/10-16/10	455.82	422.54
17/10-30/10	496.17	488.34
31/10-07/11	675.27	605.69
CORTE c	3309.03	2898.18
08/11-12/11	131.76	129.02
13/11-26/11	670.33	712.34
27/11-10/12	579.74	476.27
11/12-27/12	745.66	627.06
28/12-07/01	668.26	560.75
CORTE d	2795.75	2505.44
08/01-21/01	699.98	636.73
22/01-05/02	927.66	777.37
06/02-18/02	1114.47	893.63
19/02-04/03	1071.68	746.71
05/03-13/03	1034.32	959.31
CORTE e	4848.11	4013.75
TOTAL AÑO	19757.64	16799.78

Percola más del 85 % de los bicarbonatos añadidos al Suelo-2 con el AA, aunque en el período b (15/06 - 15/08/84) todos los bicarbonatos añadidos se pierdan por percolación.

Varía mucho, según los períodos, la cantidad de bicarbonatos retenidos por la matriz Suelo, en función de la época del año.

2.9) SULFATOS

CUADRO 47: Miligramos de sulfatos en AA y PAA2*

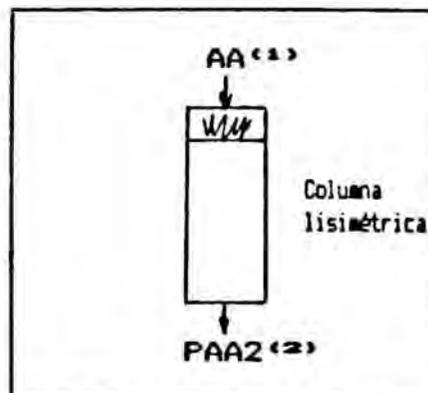
Período	AA	PAA2
a	2458.55	1218.32
b	2328.34	2106.35
c	1844.59	1748.45
d	895.18	830.49
e	<u>1076.08</u>	<u>776.78</u>
año	8602.74	6680.39

* No se han determinado valores en TAA2

CUADRO 48: Porcentaje de sulfatos en PAA2 respecto a AA

Período	PAA2
a	49.6
b	90.5
c	94.8
d	92.8
e	<u>72.2</u>
año	77.7

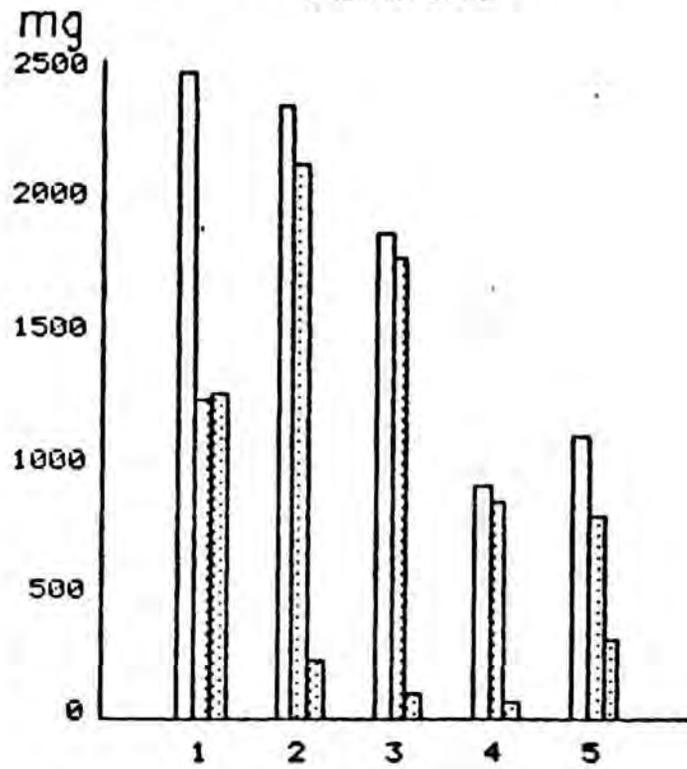
ESQUEMA DE LOS SULFATOS EN EL MICROCOSMOS AA2



- (1) SO_4 aportados
- (2) SO_4 eliminados

No se produce lavado de sulfatos por percolación, sino una retención de ellos.

BALANCE DE SULFATOS Periodos



Anual

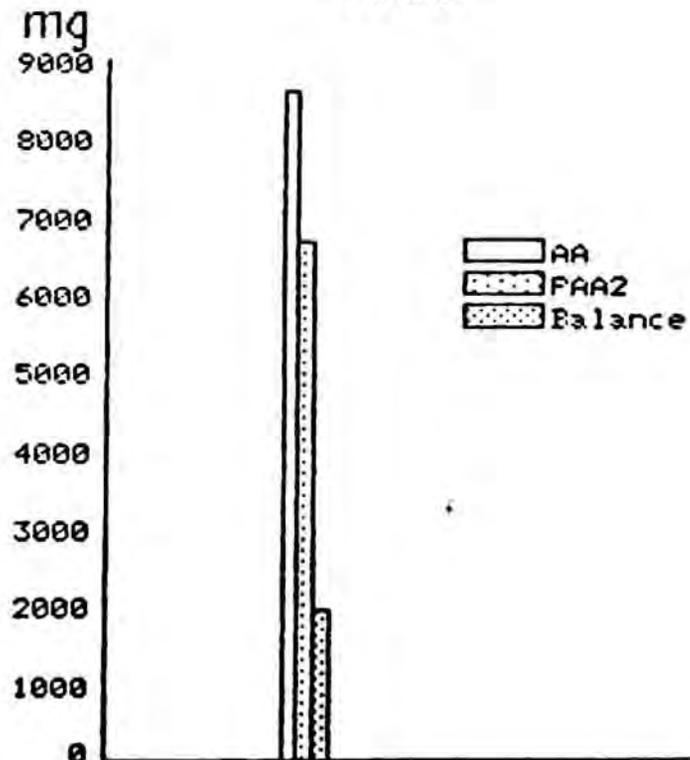


TABLA 55
 CANTIDADES EN mg DE SULFATOS AÑADIDAS MEDIANTE EL
 RIEGO CON AA Y PERCOLADAS

Fechas	AA	PAA2
1.984-1.985		
21/03-02/04	298.26	42.07
03/04-16/04	226.52	122.31
17/04-01/05	286.46	89.06
02/05-14/05	403.09	135.11
15/05-28/05	646.23	349.98
29/05-11/06	440.20	310.12
12/06-15/06	157.79	169.67
CORTE a	2458.55	1218.32
16/06-25/06	320.83	140.69
26/06-09/07	743.03	626.34
10/07-23/07	512.24	620.45
24/07-06/08	524.09	488.57
07/08-15/08	228.15	230.30
CORTE b	2328.34	2106.35
16/08-20/08	48.03	31.59
21/08-03/09	316.43	315.63
04/09-18/09	363.09	356.58
19/09-01/10	284.77	254.41
02/10-16/10	297.73	273.80
17/10-30/10	270.66	263.67
31/10-07/11	263.88	252.77
CORTE c	1844.59	1748.45
08/11-12/11	51.49	53.84
13/11-26/11	239.02	211.57
27/11-10/12	165.21	170.69
11/12-27/12	253.69	218.32
28/12-07/01	185.77	176.07
CORTE d	895.18	830.49
08/01-21/01	190.24	204.82
22/01-05/02	180.71	172.62
06/02-18/02	222.62	188.27
19/02-04/03	167.39	164.91
05/03-13/03	315.12	46.16
CORTE e	1076.08	776.78
TOTAL AÑO	8602.74	6680.39

2.10) SALINIDAD

Recordemos que en el caso del balance de salinidad, como en el de pH y D.Q.O., no trabajamos con miligramos acumulados por periodos, sino con medias del parámetro en cuestión.

El cuadro siguiente refleja las medias de conductividad de los periodos estudiados y del ciclo anual.

CUADRO 49: Conductividad en AA y PAA2 (medias por periodos) en microS/cm

Período	AA	PAA2
a	800	808
b	661	834
c	690	839
d	1026	1035
e	1110	1119
año	860	924

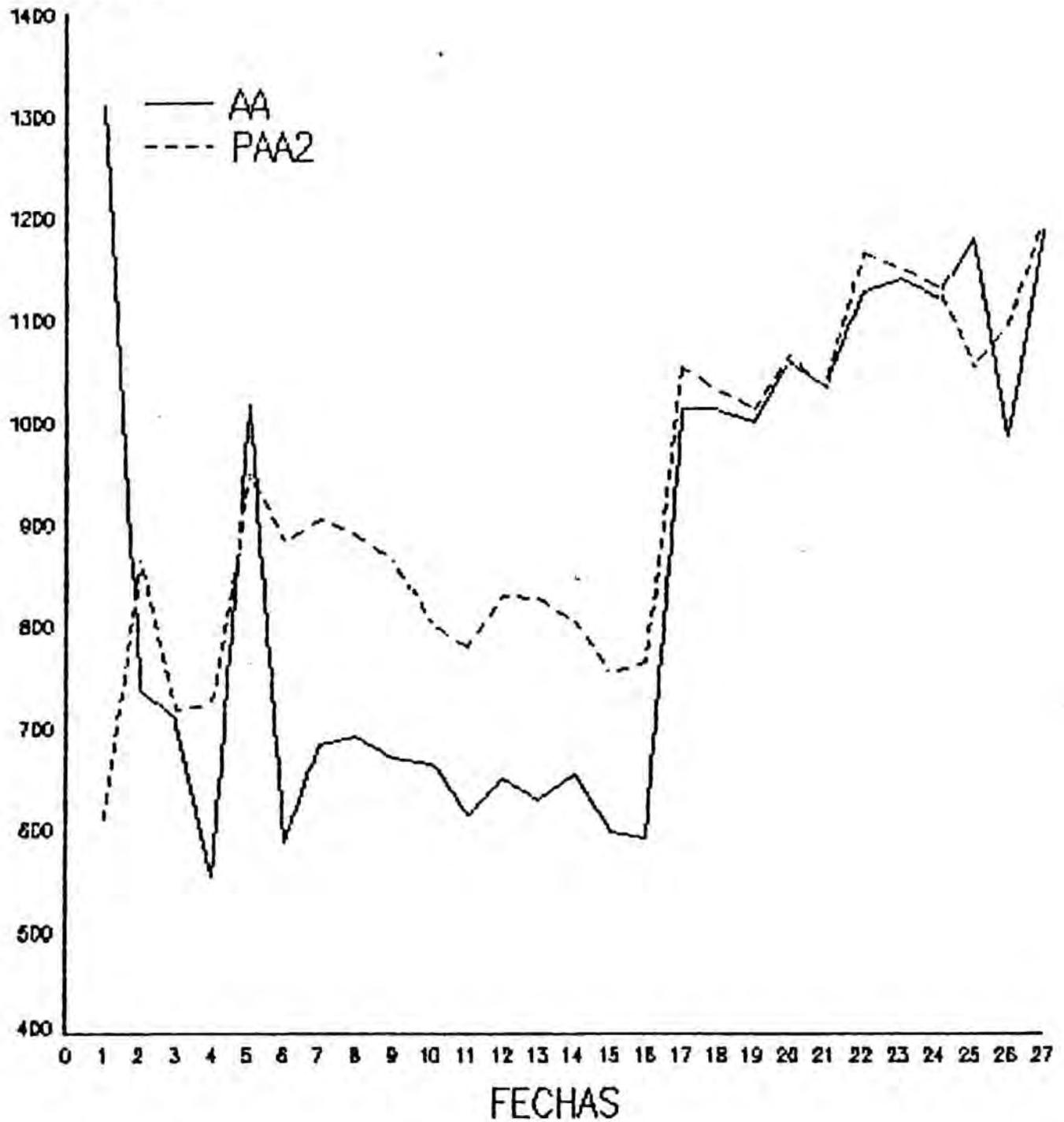
Tal como también podemos observar en la gráfica que representa los valores de conductividad de las muestras analizadas y comparando los valores de conductividad de los percolados PAA2 con los del agua de riego AA vemos que, excepto en tres fechas, los primeros superan a los segundos. Se distinguen además tres divisiones en el ciclo anual. En la primera, o sea la primera muestra, la conductividad del percolado PAA2 es muy inferior a la del AA, posiblemente debido a una retención inicial de sales. A partir del 03/04/84, la conductividad del PAA2 supera a la del agua de riego, excepto en fecha 15/05/85 en que una brusca subida de la conductividad de ésta va acompañada de una pequeña retención de sales por el suelo. Finalmente los valores de PAA2 experimentan, junto con los del AA una subida a partir del 31/10/84 y se mantienen muy próximos a éstos hasta el final de la experiencia.

Parece pues que en el conjunto del ciclo anual tiene lugar un cierto lavado de sales en el del Suelo-2.

GRAFICA 69

CONDUCTIVIDAD EN AA Y PAA2

MicroS/cm



2.11) pH

--

Al tratar del pH, al no poder hacer un balance en sentido estricto, efectuaremos una comparación entre las medias de pH del AA y el del PAA2, según se muestra en el cuadro 50.

CUADRO 50: pH en AA y PAA2 (medias por periodos) en unidades de pH

Período	AA	PAA2
a	7,86	7,70
b	7,90	7,58
c	7,78	7,57
d	7,45	7,68
e	7,32	7,56
año	7,66	7,61

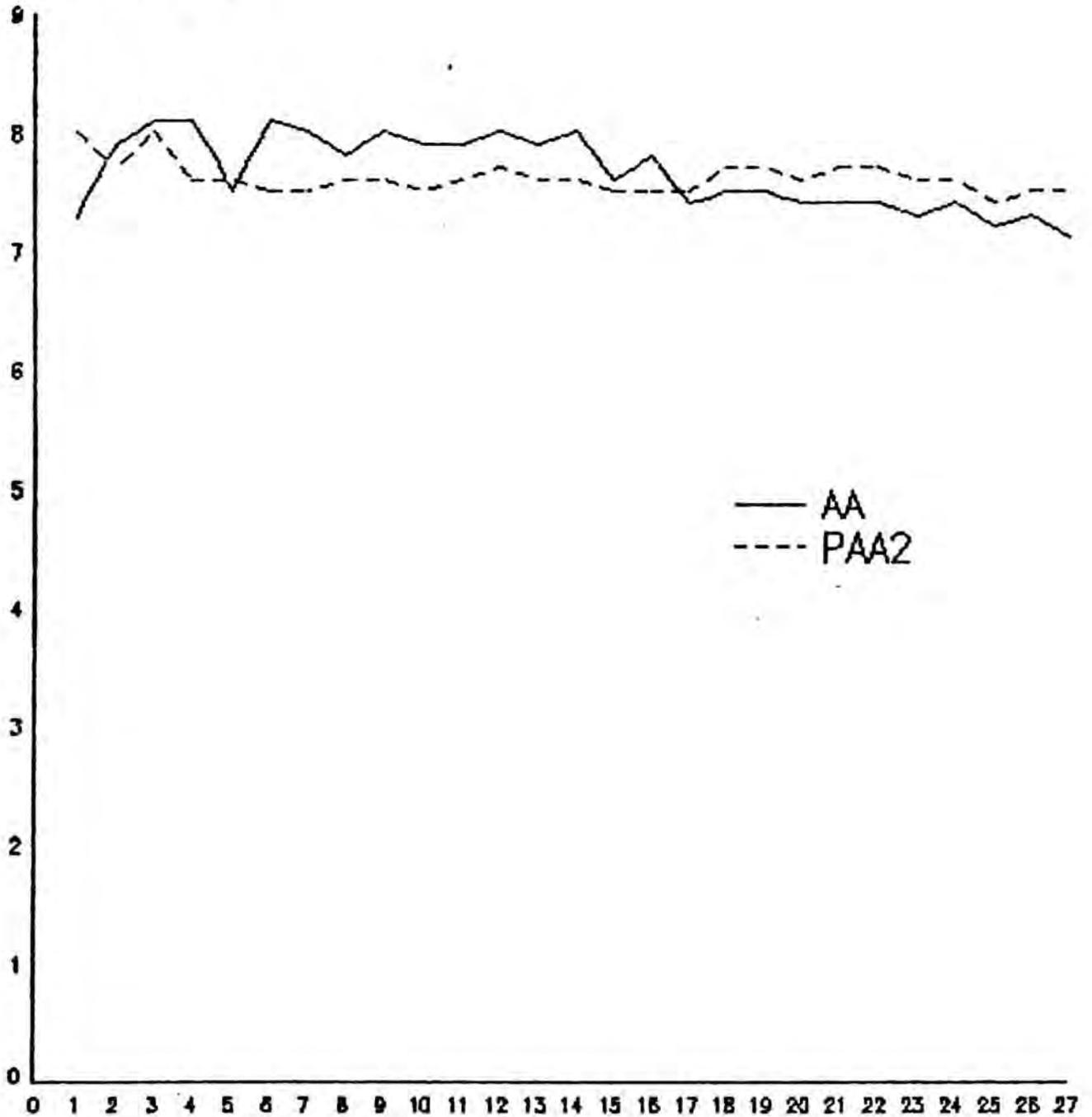
En la gráfica de la página siguiente en que se representan los pH de las muestras analizadas se diferencian claramente dos espacios de tiempo, uno en que los valores de pH del AA superan en casi todos los casos a los del PAA2 (excepto en los momentos que baja el pH del AA) y otro en que la situación se invierte al descender los pH del AA.

Podría tratarse de un efecto amortiguador del Suelo-2, lo cual también se vió en el Suelo-1.

GRAFICA 70

pH EN AA Y PAA2

Unidades de pH



FECHAS

2.12) D.Q.O.

Como en los casos anteriores, consideraremos las medias de D.Q.O. por periodos y anual.

CUADRO 51: D.Q.O. AA y PAA2 (medias por periodos) en mg/l de O₂

Periodo	AA	PAA2
a	6,78	17,37
b	1,83	14,63
c	4,67	19,17
d	3,50	14,18
e	3,64	14,70
año	4,16	16,32

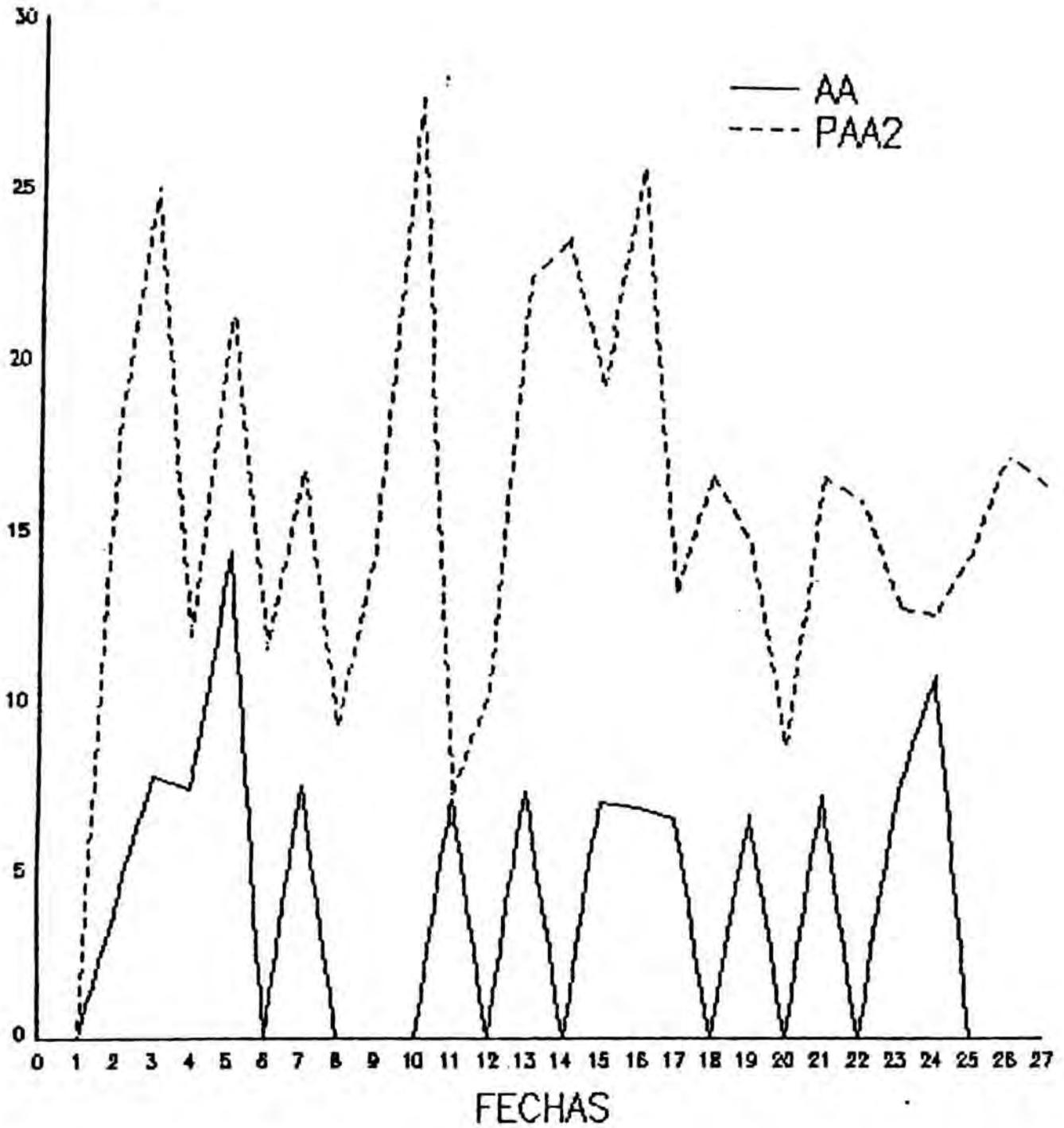
Tal como se refleja en la gráfica que se incluye a continuación en la que se representan los valores de D.Q.O. de las veintisiete muestras analizadas, las D.Q.O. de PAA2 son, salvo en una ocasión, superiores a las del AA.

Podemos atribuir este hecho a que se produce un arrastre de materia orgánica (ácidos húmicos, fúlvicos y/o sus sales durante el paso del AA a través del suelo, lo mismo sucede en el microcosmos anterior.

GRAFICA 71

D.Q.O. EN AA y PAA2

Mg/l de O₂



2.13) MICROELEMENTOS

Seguidamente indicaremos contenidos de los microelementos Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en las matrices Agua de Riego AA y Agua de Percolación PAA2 y en la matriz Planta TAA2.

Cuadro 52: Contenido en Cadmio de AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 53: Contenido en Cobalto de AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2
<ld.	<ld.	Trazas en (07/01/85) ²

<ld.: inferior al límite de detección 2: en dos repeticiones

Cuadro 54: Contenido en Cromo de AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 55: Contenido en Niquel de AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2
Trazas en 26/06/84 08/01/85	Trazas en (02/05/84) ¹ (22/01/85) ¹	Trazas en (15/06/84) ¹

1: en una repetición

Cuadro 56: Contenido en Plomo de AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Para aquellos elementos que entran a formar parte de la constitución de la planta de forma significativa, se indican las cantidades halladas en cada corte del tejido vegetal, por ser perfectamente ponderables.

Cuadro 57: Contenido en Cobre en AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2	
<ld.	<ld.	Corte	(mg)
		a	0.011
		b	--
		c	0.013
		d	0.009
		e	0.031

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 58: Contenido en Hierro en AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2	
Trazas en	Trazas en	Corte	(mg)
08/01/85	(22/01/85) ¹	a	0.136
22/01/85	(19/02/85) ³	b	--
05/03/85		c	0.131
		d	0.159
		e	0.316

<ld.: inferior al límite de detección 1: en una repetición 3: en tres repeticiones

Cuadro 59: Contenido en Manganeso en AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2	(mg)
<ld.	<ld.	Corte	
		a	0.139
		b	--
		c	0.107
		d	0.159
		e	0.355

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 60: Contenido en Zinc en AA, PAA2 y TAA2

AA	PAA2	TAA2	(mg)
(mg/l)	(mg/l)	Corte	
0.01 - 0.35	<ld. - 0.04	a	0.056
		b	--
		c	0.070
		d	0.074
		e	0.079

<ld.: inferior al límite de detección

3. - Balance en el *microcosmos* ARD1

3.1) SODIO

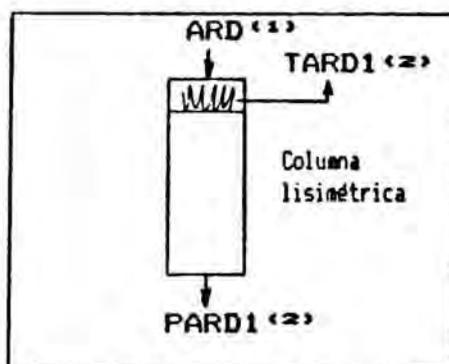
CUADRO 61: Miligramos de sodio en ARD, PARD1 y TARD1

Período	ARD	PARD1	TARD1
a	2660.51	394.12	230.23
b	2760.90	1311.17	228.68
c	2019.35	1970.40	102.54
d	1024.66	720.35	172.99
e	<u>1686.22</u>	<u>865.70</u>	<u>278.36</u>
año	10151.64	5261.74	1012.80

CUADRO 62: Porcentaje de sodio en PARD1 y TARD1 respecto a ARD

Período	PARD1	TARD1
a	14.8	8.7
b	47.5	8.3
c	97.6	5.1
d	70.3	16.9
e	<u>51.3</u>	<u>16.5</u>
año	51.8	10.0

ESQUEMA DEL SODIO EN EL *MICROCOSMOS* ARD1

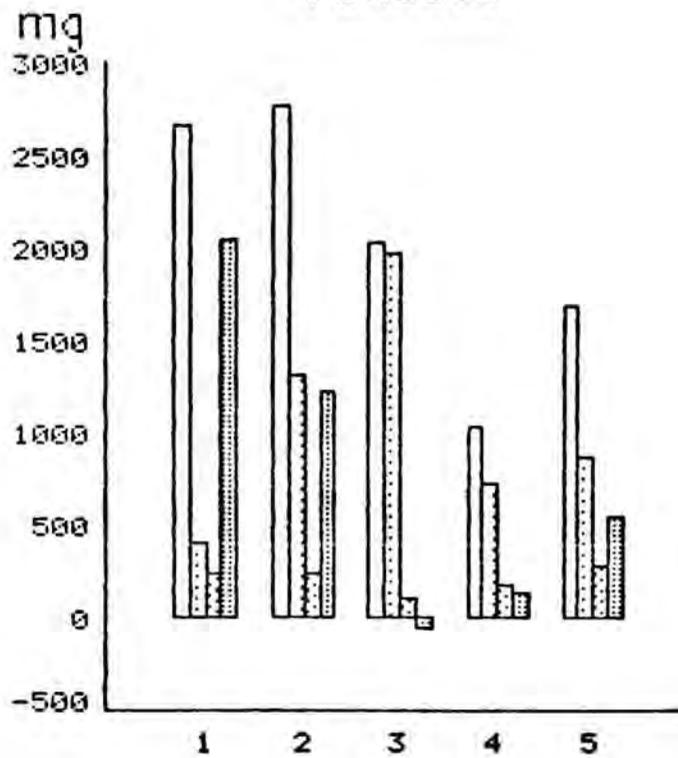


- (1) Na aportado
- (2) Na eliminado

GRAFICA 72

BALANCE DE SODIO

Periodos



Anual

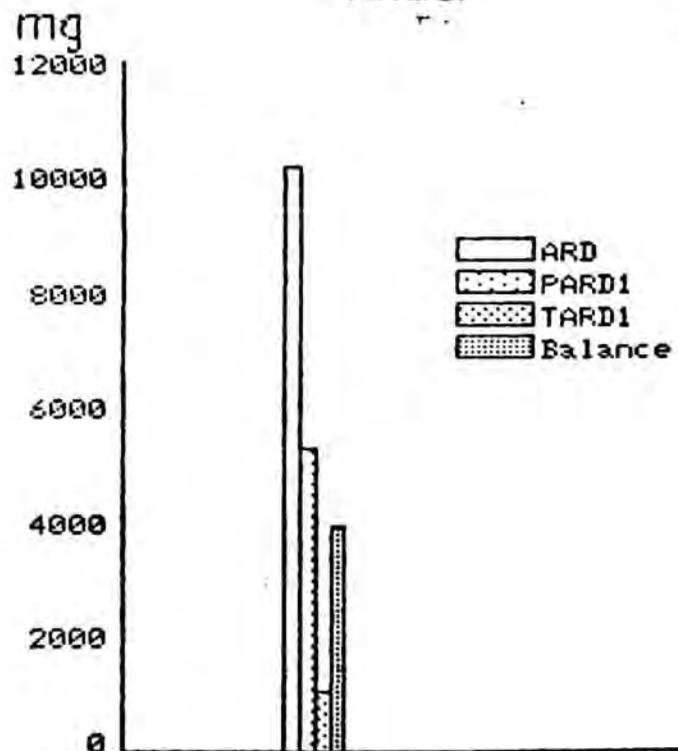


TABLA 56
CANTIDADES EN mg DE SODIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD1	TARD1
1.984-1.985			
21/03-02/04	309.68	18.67	
03/04-16/04	259.16	28.49	
17/04-01/05	334.72	24.27	
02/05-14/05	348.80	43.76	
15/05-28/05	633.28	77.11	
29/05-11/06	565.11	126.36	
12/06-15/06	209.76	75.46	
CORTE a	2660.51	394.12	230.23
16/06-25/06	426.51	75.07	
26/06-09/07	922.37	343.09	
10/07-23/07	607.55	424.58	
24/07-06/08	582.91	337.74	
07/08-15/08	221.56	130.69	
CORTE b	2760.90	1311.17	228.68
16/08-20/08	46.64	4.22	
21/08-03/09	321.05	354.68	
04/09-18/09	329.75	435.64	
19/09-01/10	340.35	360.92	
02/10-16/10	278.93	319.41	
17/10-30/10	364.57	278.58	
31/10-07/11	338.06	216.95	
CORTE c	2019.35	1970.40	102.54
08/11-12/11	65.96	60.17	
13/11-26/11	198.70	236.99	
27/11-10/12	223.75	119.21	
11/12-27/12	256.51	144.56	
28/12-07/01	279.74	159.42	
CORTE d	1024.66	720.35	172.99
08/01-21/01	233.82	253.31	
22/01-05/02	288.60	217.39	
06/02-18/02	427.46	158.05	
19/02-04/03	317.79	151.40	
05/03-13/03	418.55	85.55	
CORTE e	1686.22	865.70	278.36
TOTAL AÑO	10151.64	5261.74	1012.80

Podemos observar que al final del ciclo anual se produce una percolación de sodio alrededor del 50 % del sodio añadido con el ARD.

Si comparamos estos porcentajes con los obtenidos en el *microcosmos* AA1 vemos que queda retenida mayor proporción de sodio respecto a la cantidad añadida en el caso del presente *microcosmos*. También es superior el contenido en sodio del TARD1 que el del TAA1.

En el primer período se produce una importante retención de sodio. Por otra parte, en el período c percola casi todo el sodio añadido y junto al sodio contenido en el TARD1 representa una cesión de este elemento por parte del Suelo-1.

3.2) POTASIO

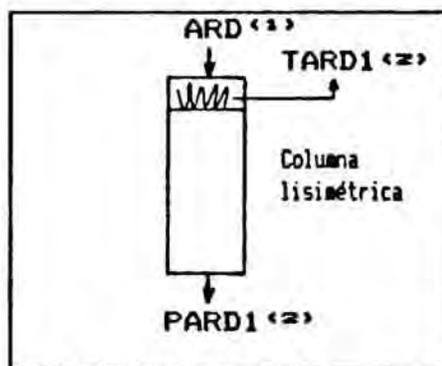
CUADRO 63: Miligramos de potasio en ARD, PARD1 y TARD1

Período	ARD	PARD1	TARD1
a	419.36	4.67	610.72
b	406.59	6.25	280.01
c	293.26	4.71	190.38
d	152.92	4.52	247.11
e	221.66	3.36	402.57
año	1493.79	23.51	1730.79

CUADRO 64: Porcentaje de potasio en PARD1 y TARD1 respecto a ARD

Período	PARD1	TARD1
a	1.1	145.6
b	1.5	68.9
c	1.6	64.9
d	3.0	161.6
e	1.5	181.6
año	1.6	115.9

ESQUEMA DEL POTASIO EN EL MICROCOSMOS ARD1

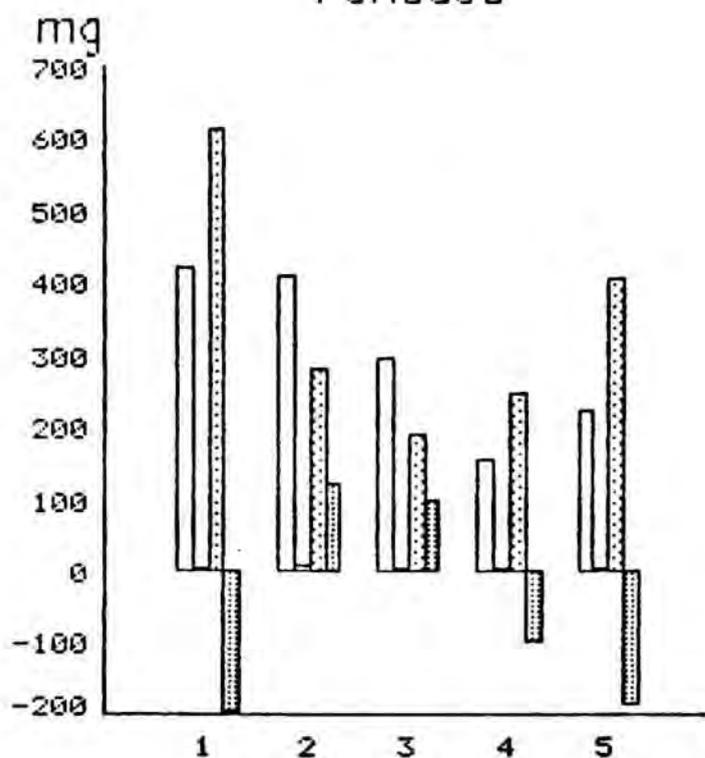


- (1) K aportado
- (2) K eliminado

GRAFICA 73

BALANCE DE POTASIO

Periodos



Anual

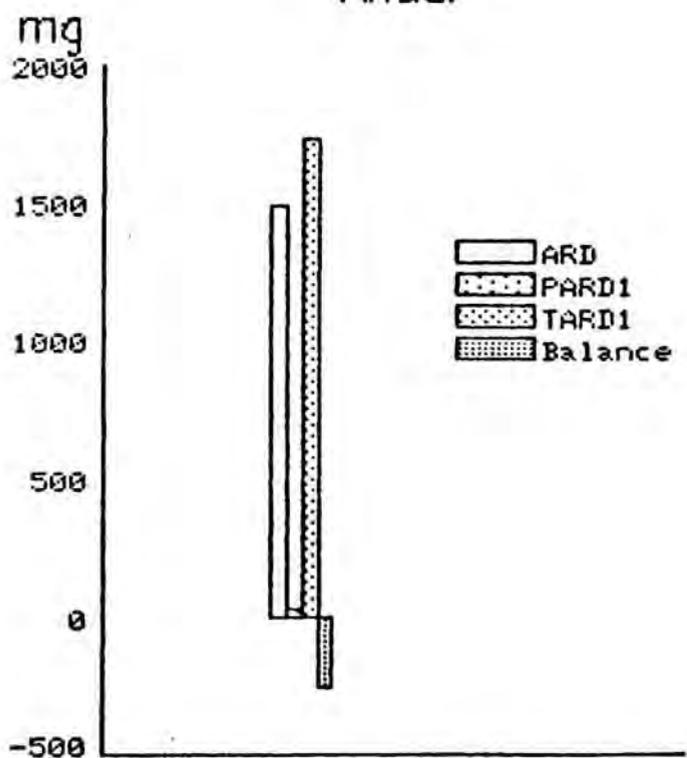


TABLA 57

CANTIDADES EN mg DE POTASIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD1	TARD1
1.984-1.985			
21/03-02/04	48.56	0.86	
03/04-16/04	31.10	0.87	
17/04-01/05	75.54	0.77	
02/05-14/05	57.10	0.50	
15/05-28/05	93.63	0.48	
29/05-11/06	83.87	0.28	
12/06-15/06	29.56	0.91	
CORTE a	419.36	4.67	610.72
16/06-25/06	60.10	0.91	
26/06-09/07	124.93	2.17	
10/07-23/07	93.25	2.50	
24/07-06/08	97.71	0.56	
07/08-15/08	30.60	0.11	
CORTE b	406.59	6.25	280.01
16/08-20/08	6.44	0.03	
21/08-03/09	46.45	0.52	
04/09-18/09	43.48	1.33	
19/09-01/10	48.95	0.59	
02/10-16/10	44.35	0.59	
17/10-30/10	50.29	0.53	
31/10-07/11	53.30	1.15	
CORTE c	293.26	4.71	190.38
08/11-12/11	10.40	0.32	
13/11-26/11	36.01	1.80	
27/11-10/12	33.60	0.53	
11/12-27/12	37.95	1.17	
28/12-07/01	34.96	0.74	
CORTE d	152.92	4.52	247.11
08/01-21/01	40.81	1.08	
22/01-05/02	36.74	0.49	
06/02-18/02	50.58	0.41	
19/02-04/03	40.96	0.46	
05/03-13/03	52.57	0.92	
CORTE e	221.66	3.36	402.57
TOTAL AÑO	1493.79	23.51	1730.79

Podemos observar que la cantidad de potasio percolada es muy pequeña, mientras que la contenida en el tejido vegetal llega a superar a la añadida. Se produce, por tanto, una cesión importante de potasio, excepto en los períodos b y c.

Considerando que la pérdida de potasio por percolación es pequeña, podemos interpretar que la diferencia entre la cantidad de potasio añadida con el ARD y la exportada por la planta es la medida de la pérdida o ganancia total de potasio por el suelo.

3.3) CALCIO

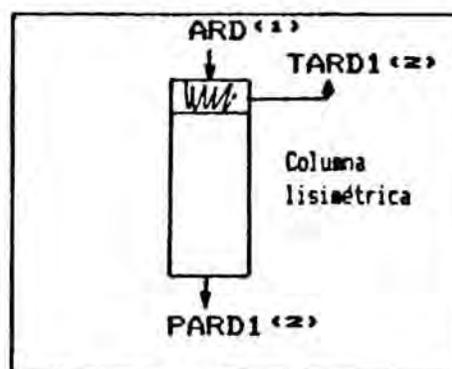
CUADRO 65: Miligramos de calcio en ARD, PARD1 y TARD1

Período	ARD	PARD1	TARD1
a	1117.43	970.08	131.81
b	1600.45	1547.39	200.93
c	1444.95	1751.91	137.61
d	779.98	530.84	141.21
e	<u>1164.76</u>	<u>747.89</u>	<u>260.20</u>
año	6107.57	5548.11	871.76

CUADRO 66: Porcentaje de calcio en PARD1 y TARD1 respecto a ARD

Período	PARD1	TARD1
a	86.8	11.8
b	96.7	12.6
c	121.2	9.5
d	68.1	18.1
e	<u>64.2</u>	<u>22.3</u>
año	90.8	14.3

ESQUEMA DEL CALCIO EN EL *MICROCOSMOS* ARD1

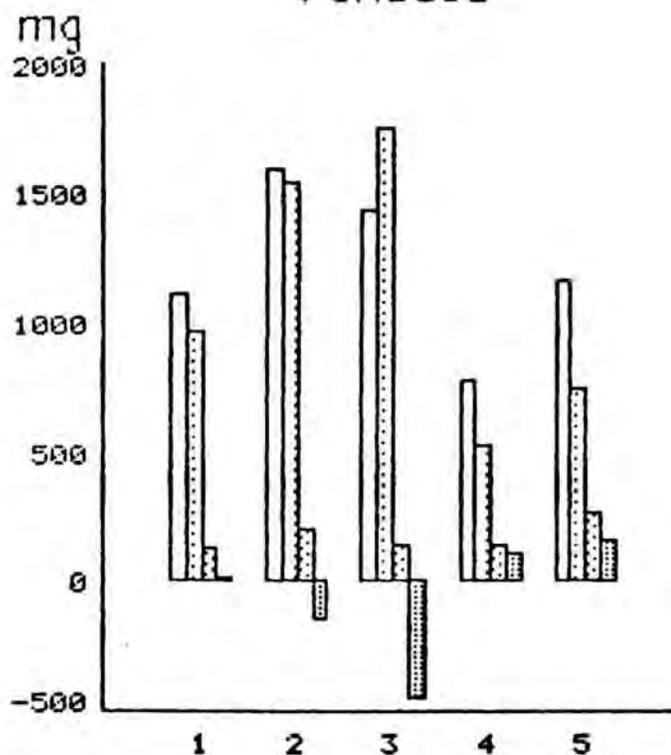


- (1) Ca aportado
- (2) Ca eliminado

GRAFICA 74

BALANCE DE CALCIO

Periodos



Anual

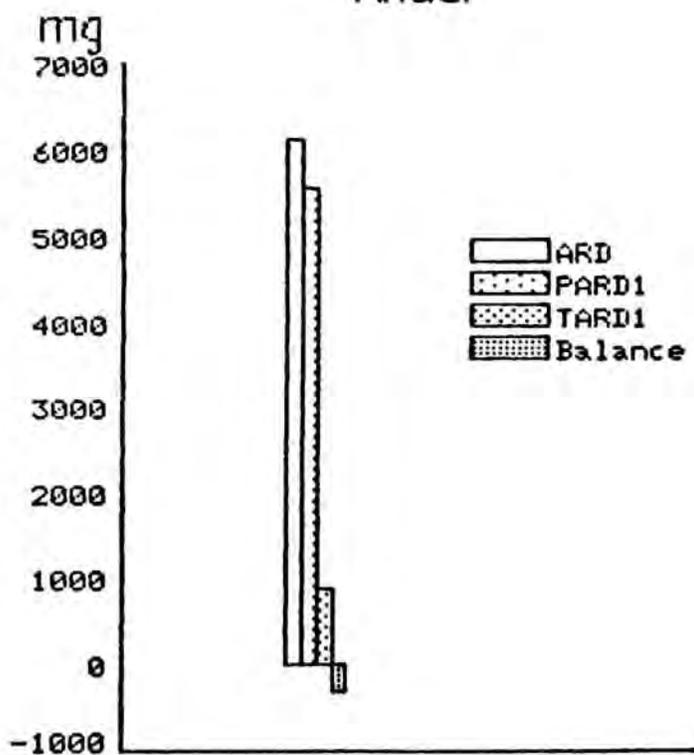


TABLE 5B
 CANTIDADES EN mg DE CALCIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
 PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD1	TARD1
1.984-1.985			
21/03-02/04	161.96	93.04	
03/04-16/04	125.90	148.21	
17/04-01/05	172.96	63.04	
02/05-14/05	95.58	135.62	
15/05-28/05	185.23	206.41	
29/05-11/06	263.38	218.77	
12/06-15/06	112.42	104.99	
CORTE a	1117.43	970.08	131.81
16/06-25/06	228.60	104.44	
26/06-09/07	519.88	404.59	
10/07-23/07	337.27	497.39	
24/07-06/08	395.91	362.68	
07/08-15/08	118.79	138.29	
CORTE b	1600.45	1547.39	200.93
16/08-20/08	25.01	4.46	
21/08-03/09	364.15	384.22	
04/09-18/09	242.94	416.21	
19/09-01/10	208.17	312.25	
02/10-16/10	198.84	257.70	
17/10-30/10	211.12	212.95	
31/10-07/11	194.72	164.12	
CORTE c	1444.95	1751.91	137.61
08/11-12/11	37.99	45.52	
13/11-26/11	215.04	173.54	
27/11-10/12	177.94	86.34	
11/12-27/12	187.34	101.82	
28/12-07/01	161.67	123.62	
CORTE d	779.98	530.84	141.21
08/01-21/01	163.53	201.54	
22/01-05/02	223.05	205.97	
06/02-18/02	309.32	141.51	
19/02-04/03	222.67	123.07	
05/03-13/03	246.19	71.47	
CORTE e	1164.76	747.89	260.20
TOTAL ARD	6107.57	5548.11	871.76

Percola casi todo el calcio añadido con el ARD. Si a ello se suma el calcio contenido en el tejido vegetal, se produce una cesión de calcio por parte del suelo.

La mayor pérdida de calcio por percolación tiene lugar durante los meses más calurosos del año, cuando se incrementa el volumen de agua de riego y la frecuencia.

3.4) MAGNESIO

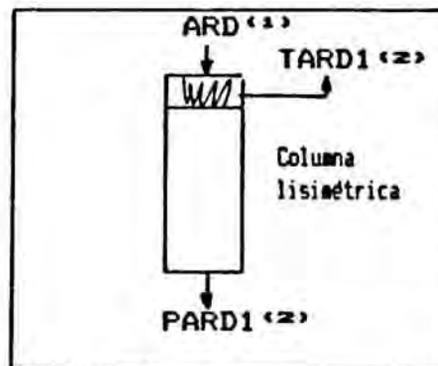
CUADRO 67: Miligramos de magnesio en ARD, PARD1 y TARD1

Período	ARD	PARD1	TARD1
a	609.15	32.91	65.91
b	587.26	47.27	72.68
c	422.65	67.93	30.54
d	220.42	35.66	31.77
e	<u>312.10</u>	<u>52.70</u>	<u>56.95</u>
año	2151.58	236.47	257.85

CUADRO 68: Porcentaje de magnesio en PARD1 y TARD1 respecto a ARD

Período	PARD1	TARD1
a	5.4	10.8
b	8.0	12.4
c	16.1	7.2
d	16.2	14.4
e	<u>16.9</u>	<u>18.2</u>
año	11.0	12.0

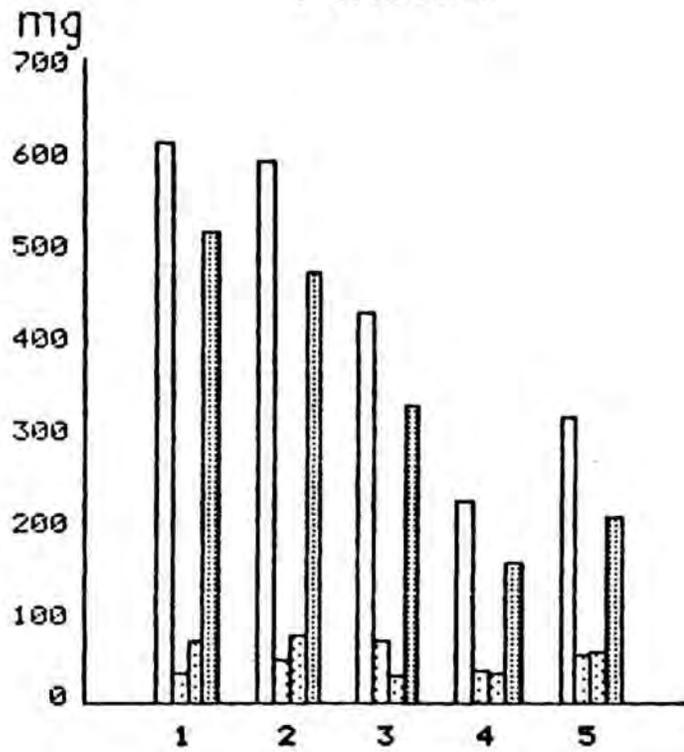
ESQUEMA DEL MAGNESIO EN EL MICROCOSMOS ARD1



- (1) Mg aportado
- (2) Mg eliminado

GRAFICA 75

BALANCE DE MAGNESIO Periodos



Anual

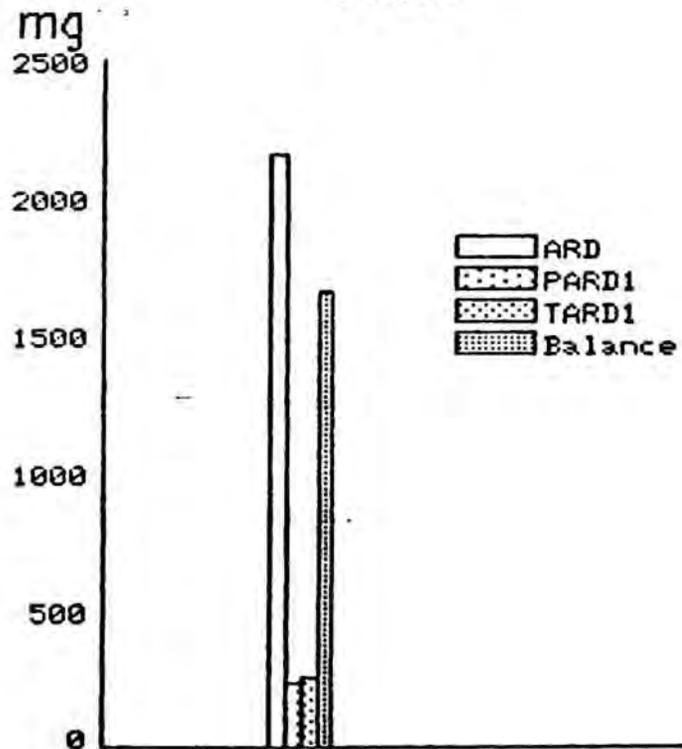


TABLA 59

CANTIDADES EN mg DE MAGNESIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON
ARD, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD1	TARD1
1.984-1.985			
21/03-02/04	91.46	3.45	
03/04-16/04	65.64	5.33	
17/04-01/05	90.11	2.84	
02/05-14/05	67.83	4.07	
15/05-28/05	131.79	6.69	
29/05-11/06	121.84	6.83	
12/06-15/06	40.48	3.70	
CORTE a	609.15	32.91	65.91
16/06-25/06	82.31	3.68	
26/06-09/07	195.28	13.02	
10/07-23/07	129.64	16.29	
24/07-06/08	129.45	10.95	
07/08-15/08	50.58	3.33	
CORTE b	587.26	47.27	72.68
16/08-20/08	10.65	0.11	
21/08-03/09	74.84	11.20	
04/09-18/09	73.85	15.14	
19/09-01/10	69.39	11.61	
02/10-16/10	57.48	10.47	
17/10-30/10	67.91	9.87	
31/10-07/11	68.53	9.53	
CORTE c	422.65	67.93	30.54
08/11-12/11	13.37	2.64	
13/11-26/11	55.32	12.37	
27/11-10/12	47.84	5.53	
11/12-27/12	54.96	8.52	
28/12-07/01	48.93	6.60	
CORTE d	220.42	35.66	31.77
08/01-21/01	48.36	17.13	
22/01-05/02	63.39	11.35	
06/02-18/02	64.55	8.95	
19/02-04/03	60.31	9.90	
05/03-13/03	75.49	5.37	
CORTE e	312.10	52.70	56.95
TOTAL AÑO	2151.58	236.47	257.85

Podemos ver que la cantidad de magnesio percolada y exportada por el tejido vegetal es relativamente pequeña.

Es retenido el 89 % del magnesio añadido con el agua de riego.

3.5) NITROGENO

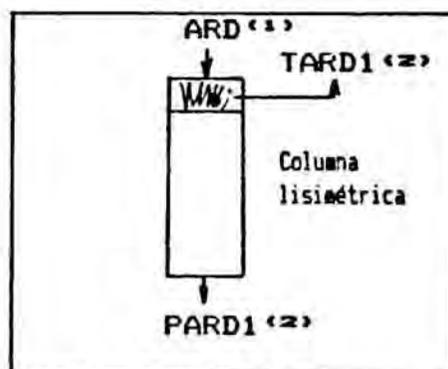
CUADRO 69: Miligramos de nitrógeno (nitrato+amoniacal) en ARD, PARD1 y TARD1

Período	ARD	PARD1	TARD1
a	797.04	43.21	355.89
b	929.03	57.86	302.32
c	585.41	157.03	196.04
d	463.87	17.91	214.53
e	608.59	12.17	402.57
año	3383.94	288.18	1471.35

CUADRO 70: Porcentaje de nitrógeno (nitrato+amoniacal) en PARD1 y TARD1 respecto a ARD

Período	PARD1	TARD1
a	5.4	44.6
b	6.2	32.5
c	26.8	33.5
d	3.9	46.2
e	2.0	66.1
año	8.5	43.5

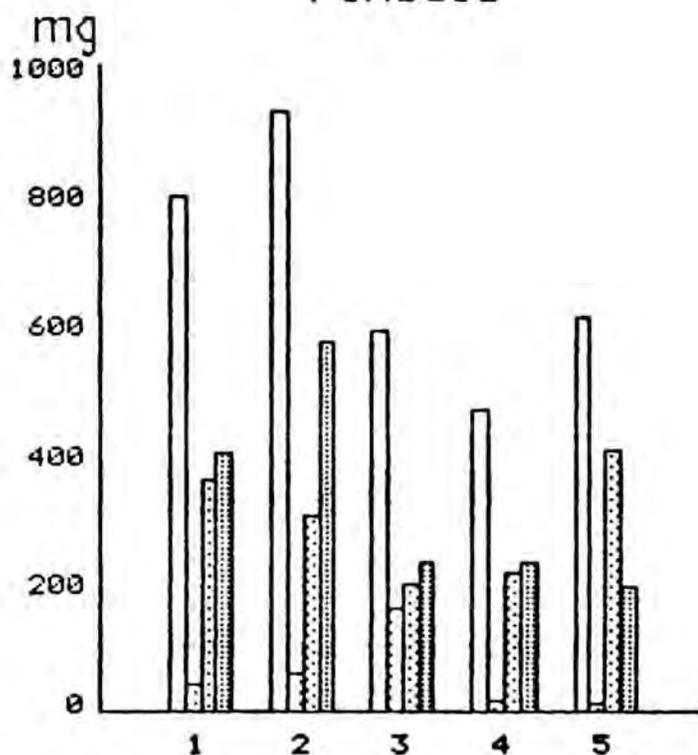
ESQUEMA DEL NITROGENO EN EL MICROCOSMOS ARD1



- (1) N aportado
- (2) N eliminado

GRAFICA 76

BALANCE DE NITROGENO Periodos



Anual

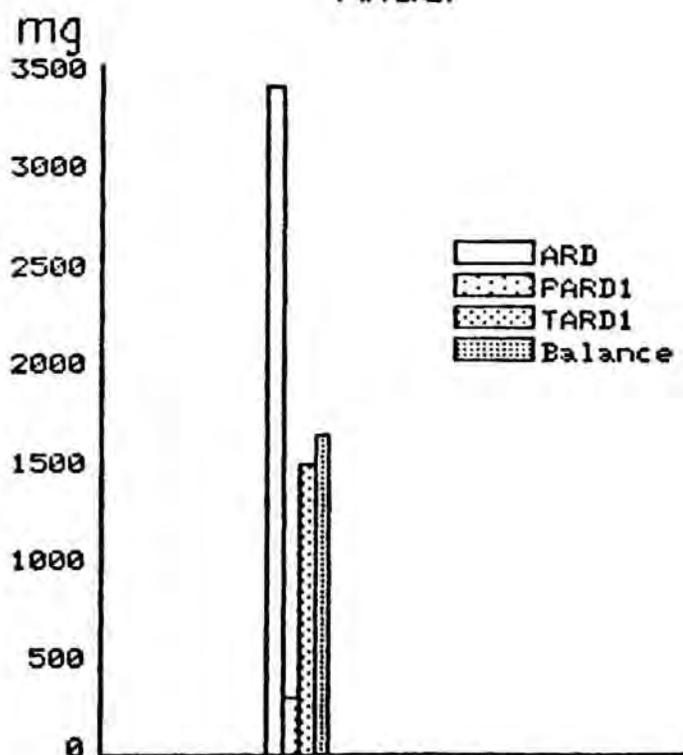


TABLA 60

CANTIDADES EN mg DE NITROGENO NITRICO MAS AMONIACAL AGADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

FECHAS	ARD			PARD1			TARD1
	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _T	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _T	
1.984-1.985							
21/03-02/04	3.78	79.88	83.66	1.00	0.07	1.07	
03/04-16/04	2.02	45.62	47.6	15.17	1.28	16.45	
17/04-01/05	4.11	107.01	111.12	6.76	—	6.76	
02/05-14/05	2.20	122.22	124.42	13.58	0.13	13.71	
15/05-28/05	9.28	173.08	182.36	3.39	0.14	3.53	
29/05-11/06	2.73	153.97	156.70	0.71	--	0.71	
12/06-15/06	2.94	88.20	91.14	0.80	0.18	0.98	
CORTE a	27.06	769.98	797.04	41.41	1.80	43.21	355.89
16/06-25/06	5.98	179.34	185.32	0.80	0.12	0.92	
26/06-09/07	3.87	149.31	153.18	2.09	1.98	4.07	
10/07-23/07	6.37	346.50	352.87	11.52	0.71	12.23	
24/07-06/08	4.93	154.00	158.93	30.51	0.10	30.61	
07/08-15/08	1.59	77.14	78.73	10.03	--	10.03	
CORTE b	22.74	906.29	929.03	54.95	2.91	57.86	302.32
16/08-20/08	0.33	16.24	16.57	0.32	—	0.32	
21/08-03/09	2.64	86.94	89.58	25.98	0.12	26.10	
04/09-18/09	2.25	79.38	81.63	33.51	0.93	34.44	
19/09-01/10	2.06	58.31	60.37	41.30	0.22	41.52	
02/10-16/10	1.37	123.48	124.85	29.36	0.55	29.91	
17/10-30/10	2.75	102.90	105.65	19.39	0.72	20.11	
31/10-07/11	3.44	103.32	106.76	3.71	0.92	4.63	
CORTE c	14.84	570.57	585.41	153.57	3.46	157.03	196.04
08/11-12/11	0.67	20.16	20.83	1.03	0.25	1.28	
13/11-26/11	2.06	77.70	79.76	6.30	1.55	7.85	
27/11-10/12	2.01	89.60	91.61	3.97	0.19	4.16	
11/12-27/12	2.38	127.68	130.06	1.43	1.63	3.06	
28/12-07/01	1.96	139.65	141.61	0.63	0.93	1.56	
CORTE d	9.08	454.79	463.87	13.36	4.55	17.91	214.53
08/01-21/01	1.66	95.20	96.86	1.06	1.95	3.01	
22/01-05/02	3.18	100.10	103.28	1.23	0.31	1.54	
06/02-18/02	4.72	135.45	140.17	1.37	0.53	1.90	
19/02-04/03	6.89	109.06	115.95	1.74	0.68	2.42	
05/03-13/03	8.69	143.64	152.33	1.40	1.90	3.30	
CORTE e	25.14	583.45	608.59	6.80	5.37	12.17	402.57
TOTAL AÑO	98.86	3285.08	3383.94	274.09	18.09	288.18	471.35

(-- = inferior al límite de detección)

El nitrógeno percolado representa un porcentaje muy bajo respecto al añadido con el agua de riego; es más significativo el tanto por ciento de nitrógeno contenido en el tejido vegetal. El porcentaje restante representa el nitrógeno retenido por la matriz Suelo y las partes no recolectadas del tejido vegetal (raíces y rastrojo).

Para intentar explicar estos resultados consideraremos los fenómenos que tienen lugar respecto al nitrógeno amoniacal y al nitrógeno nítrico por separado.

Nitrógeno amoniacal

En la tabla de la página siguiente viene desglosada la cantidad de nitrógeno añadida con el ARD y la percolada, en sus dos conceptos $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$. Considerando únicamente el primero, tenemos los valores siguientes, resumidos por periodos.

CUADRO 71: Miligramos de nitrógeno amoniacal en ARD y PARD1

Periodo	ARD	PARD1
a	769.98	1.80
b	906.29	2.91
c	570.57	3.46
d	454.79	4.55
e	583.45	5.37
año	3285.08	18.09

CUADRO 72: Porcentaje de nitrógeno amoniacal en PARD1 respecto a ARD

Periodo	PARD1
a	0.2
b	0.3
c	0.6
d	1.0
e	0.9
año	0.6

Vemos que percola una ínfima cantidad del nitrógeno amoniacal añadido con el ARD, o sea que queda retenido por las matrices Suelo y Planta el 99.4 %.

Puede admitirse que una de las causas de tal retención de amonio es su posible fijación en el complejo húmico-arcilloso del suelo, a la vez que su oxidación a la forma nítrica.

Nitrógeno nítrico

CUADRO 73: Miligramos de nitrógeno nítrico en ARD y PARD1

Período	ARD	PARD1
a	27.06	41.41
b	22.74	54.95
c	14.84	153.57
d	9.08	13.36
e	<u>25.14</u>	<u>6.80</u>
año	98.86	274.09

CUADRO 74: Porcentaje de nitrógeno nítrico en PARD1 respecto a ARD

Período	PARD1
a	153.3
b	241.6
c	1034.8
d	147.1
e	<u>27.0</u>
año	277.2

Tienen lugar unas pérdidas elevadas de nitratos por lavado, en lugar de las retenciones que tienen lugar con el amonio.

3.6) FOSFORO

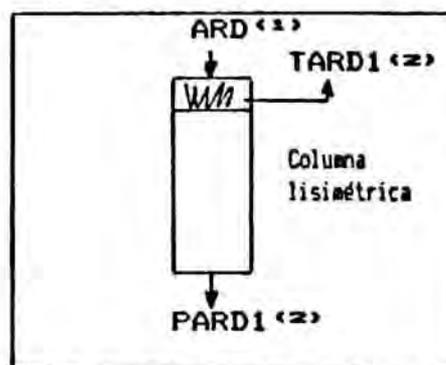
CUADRO 75: Miligramos de fósforo en ARD, PARD1 y TARD1

Período	ARD	PARD1	TARD1
a	878.57	23.09	85.18
b	1013.31	33.42	81.58
c	848.44	42.04	31.27
d	382.11	19.60	54.30
e	540.31	25.95	91.74
año	3662.74	144.10	344.07

CUADRO 76: Porcentaje de fósforo en PARD1 y TARD1 respecto a ARD

Período	PARD1	TARD1
a	2.6	9.7
b	3.3	8.1
c	5.0	3.7
d	5.1	14.2
e	4.8	17.0
año	3.9	9.4

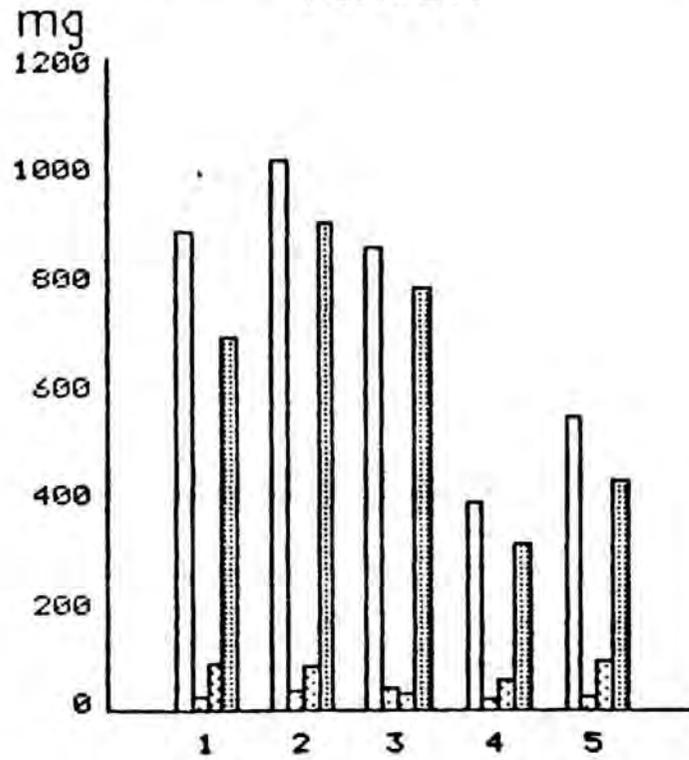
ESQUEMA DEL FOSFORO EN EL MICROCOSMOS ARD1



- (1) P aportado
- (2) P eliminado

GRAFICA 77

BALANCE DE FOSFORO Periodos



Annual

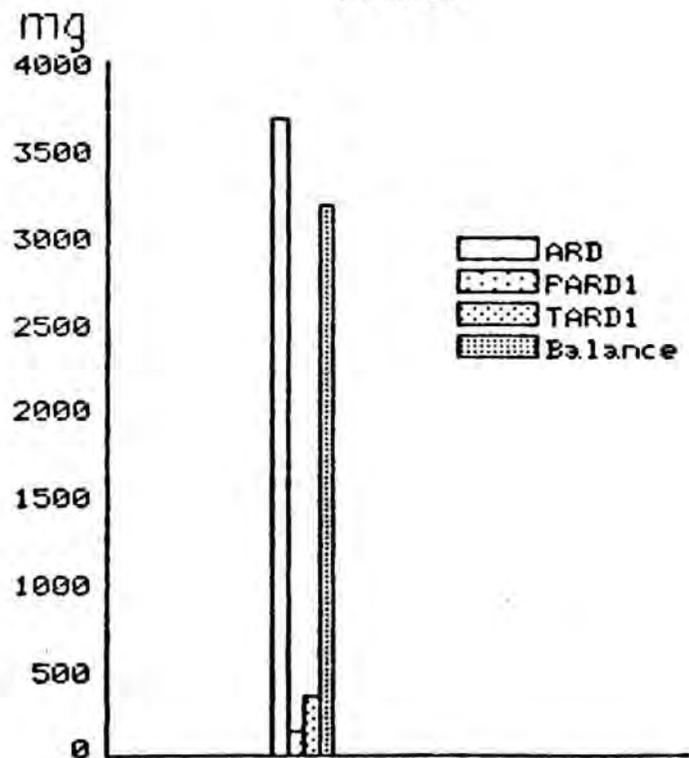


TABLA 61

CANTIDADES EN mg DE FOSFORO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD1	TARD1
1.984-1.985			
21/03-02/04	108.02	2.93	
03/04-16/04	92.68	3.20	
17/04-01/05	134.04	4.36	
02/05-14/05	131.75	3.40	
15/05-28/05	185.22	2.55	
29/05-11/06	174.46	2.44	
12/06-15/06	52.40	4.21	
CORTE a	878.57	23.09	85.18
16/06-25/06	106.56	4.19	
26/06-09/07	315.79	11.08	
10/07-23/07	223.34	11.41	
24/07-06/08	260.66	4.95	
07/08-15/08	106.96	1.79	
CORTE b	1013.31	33.42	81.58
16/08-20/08	22.52	0.06	
21/08-03/09	176.26	6.59	
04/09-18/09	145.88	9.07	
19/09-01/10	115.37	6.36	
02/10-16/10	163.60	8.35	
17/10-30/10	129.49	5.84	
31/10-07/11	95.32	5.77	
CORTE c	848.44	42.04	31.27
08/11-12/11	18.60	1.60	
13/11-26/11	98.35	5.90	
27/11-10/12	72.23	2.25	
11/12-27/12	97.83	5.75	
28/12-07/01	95.10	4.10	
CORTE d	382.11	19.60	54.30
08/01-21/01	91.85	9.09	
22/01-05/02	93.52	5.85	
06/02-18/02	139.50	4.58	
19/02-04/03	98.76	4.21	
05/03-13/03	116.68	2.22	
CORTE e	540.31	25.95	91.74
TOTAL AÑO	3662.74	144.10	344.07

Podemos observar que percola una muy pequeña cantidad de fósforo.

Los 3519 miligramos de fósforo retenidos por las matrices Suelo y Planta representan el 96.1 % del fósforo añadido. Para interpretar este resultado, hay que tener en cuenta que, entre las diversas causas que colaboran en la fijación de fosfatos por parte de los suelos, uno de los que más influye cuando éstos son de carácter básico, es la presencia de carbonato cálcico. El contenido de este compuesto en el Suelo-1 es, como puede comprobarse en el apartado correspondiente a la descripción de la matriz Suelo-1, bastante elevada.

3.7) CLORUROS

CUADRO 77: Miligramos de cloruros en ARD y PARD1*

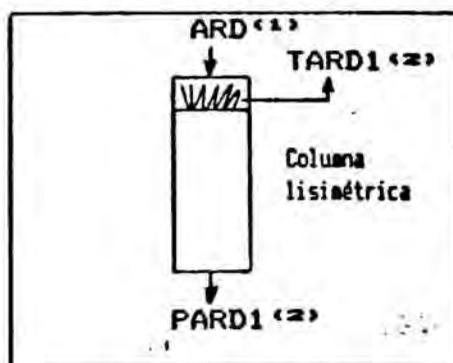
Período	ARD	PARD1
a	2069.61	565.31
b	2301.31	1388.90
c	1754.80	2045.75
d	920.07	478.41
e	<u>1406.16</u>	<u>640.77</u>
año	8451.95	5119.14

* No se han determinado valores en TARD1

CUADRO 78: Porcentaje de cloruros en PARD1 respecto a ARD

Período	PARD1
a	27.3
b	60.4
c	116.6
d	52.0
e	<u>45.6</u>
año	60.6

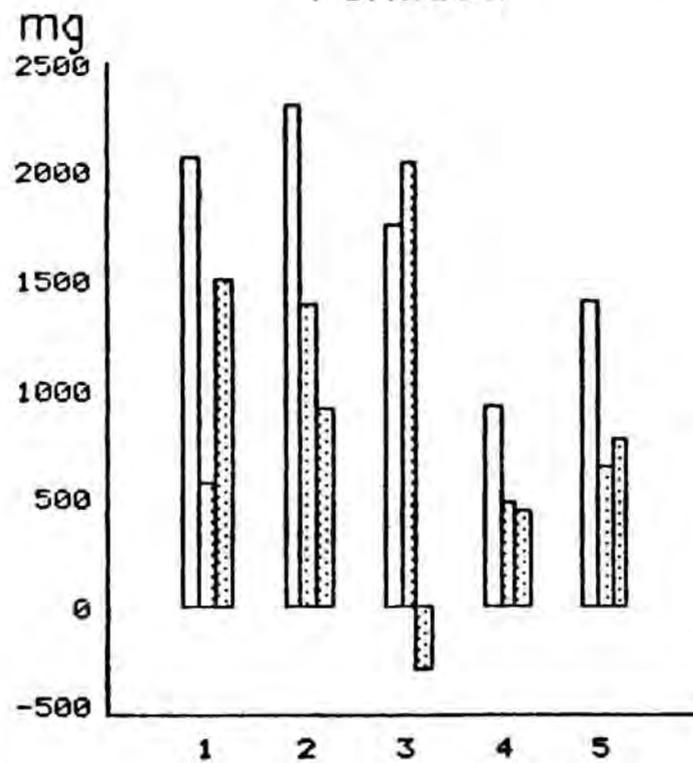
ESQUEMA DE LOS CLORUROS EN EL MICROCOSMOS ARD1



- (1) Cl aportado
- (2) Cl eliminado

GRAFICA 7B

BALANCE DE CLORUROS Periodos



Anual

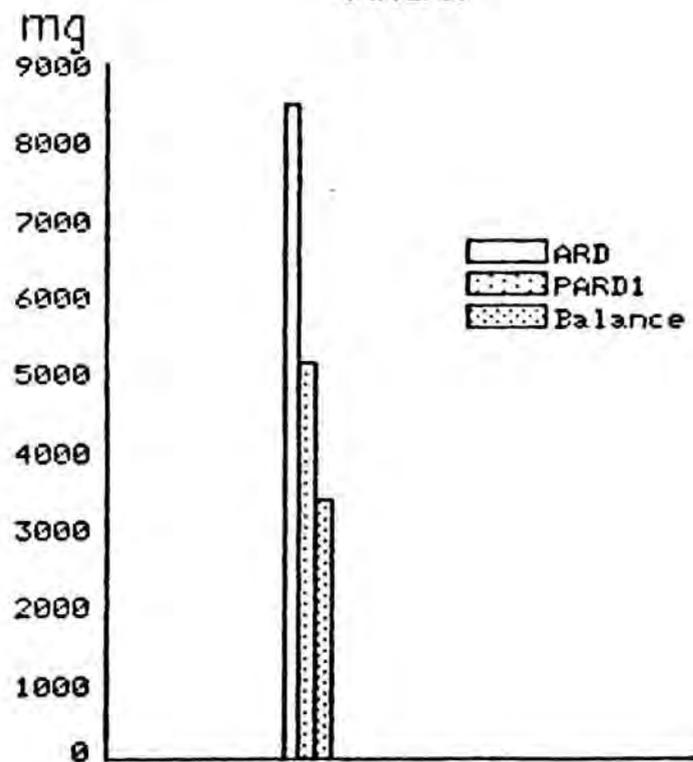


TABLA 62
 CANTIDADES EN mg DE CLORUROS AÑADIDAS MEDIANTE EL
 RIEGO CON ARD Y PERCOLADAS

Fechas	ARD	PARD1
<hr/>		
1.984-1.985		
21/03-02/04	236.74	36.33
03/04-16/04	166.54	77.74
17/04-01/05	259.81	35.96
02/05-14/05	271.98	80.14
15/05-28/05	530.91	128.10
29/05-11/06	338.19	134.66
12/06-15/06	172.29	72.38
<hr/>		
CORTE a	2069.61	565.31
<hr/>		
16/06-25/06	350.32	72.00
26/06-09/07	750.89	329.50
10/07-23/07	534.42	455.18
24/07-06/08	475.73	365.07
07/08-15/08	189.95	167.15
<hr/>		
CORTE b	2301.31	1388.90
<hr/>		
16/08-20/08	39.99	5.39
21/08-03/09	288.09	448.86
04/09-18/09	288.09	461.59
19/09-01/10	303.11	338.29
02/10-16/10	243.19	259.94
17/10-30/10	311.81	394.46
31/10-07/11	280.52	137.22
<hr/>		
CORTE c	1754.80	2045.75
<hr/>		
08/11-12/11	54.74	38.06
13/11-26/11	207.91	161.04
27/11-10/12	191.71	84.22
11/12-27/12	233.06	94.72
28/12-07/01	232.65	100.37
<hr/>		
CORTE d	920.07	478.41
<hr/>		
08/01-21/01	195.85	175.36
22/01-05/02	257.46	171.66
06/02-18/02	383.65	125.53
19/02-04/03	248.54	103.22
05/03-13/03	320.66	65.00
<hr/>		
CORTE e	1406.16	640.77
<hr/>		
TOTAL AÑO	8451.95	5119.14

En el período c (15/08 - 07/11/84) se produce un lavado de cloruros, probablemente acumulados en los períodos precedentes en el suelo; lo mismo sucedía en el *microcosmos* AA1. En el presente *microcosmos*, no obstante, percola sólo un 60.6 %.

3.8) BICARBONATOS

CUADRO 79: Miligramos de bicarbonatos en ARD y PARD1*

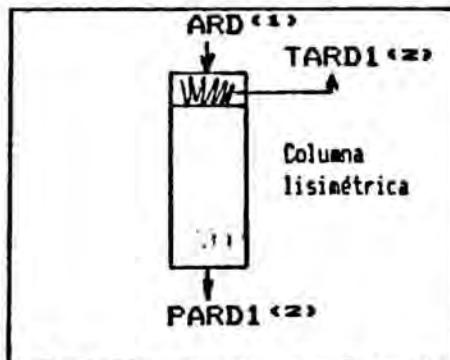
Período	ARD	PARD1
a	8912.83	1760.37
b	10560.17	2698.29
c	6831.77	2941.73
d	4738.03	1662.71
e	<u>7410.35</u>	<u>2510.85</u>
año	38453.15	11573.95

* No se han determinado valores en TARD1

CUADRO 80: Porcentaje de bicarbonatos en PARD1 respecto a ARD

Período	PARD1
a	19.8
b	25.6
c	43.1
d	35.1
e	<u>33.9</u>
año	30.1

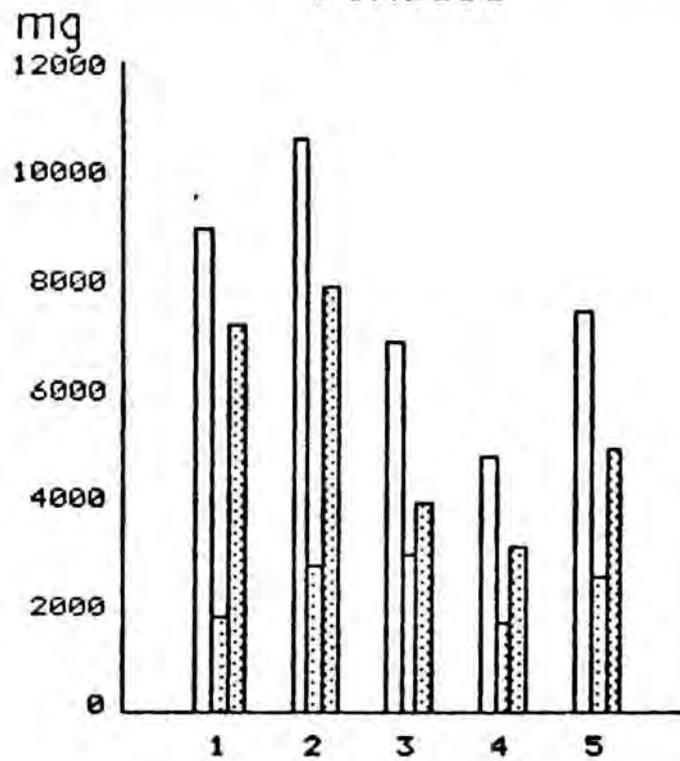
ESQUEMA DE LOS BICARBONATOS EN EL MICROCOSMOS ARD1



- (1) HCO_3^- aportados
- (2) HCO_3^- eliminados

GRAFICA 79

BALANCE DE BICARBONATOS Periodos



Anual

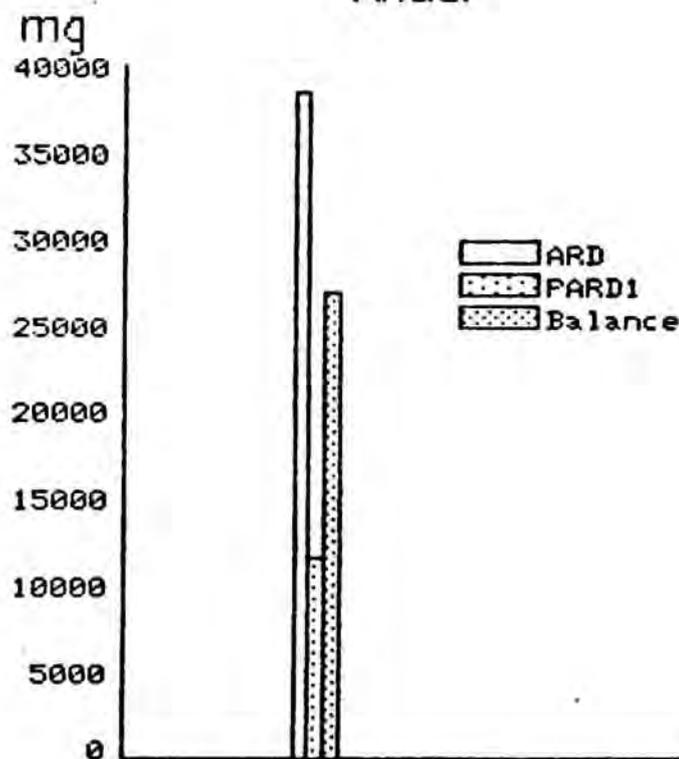


TABLA 63

CANTIDADES EN mg DE BICARBONATOS AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD Y PERCOLADAS

Fechas	ARD	PARD1
1.984-1.985		
21/03-02/04	1178.15	195.69
03/04-16/04	825.70	216.14
17/04-01/05	1145.21	106.61
02/05-14/05	911.34	224.83
15/05-28/05	1919.85	378.97
29/05-11/06	2069.73	440.41
12/06-15/06	862.85	197.72
<hr/>		
CORTE a	8912.83	1760.37
<hr/>		
16/06-25/06	1754.45	196.69
26/06-09/07	3455.28	866.80
10/07-23/07	2566.58	944.28
24/07-06/08	2098.89	561.74
07/08-15/08	684.97	128.78
<hr/>		
CORTE b	10560.17	2698.29
<hr/>		
16/08-20/08	144.20	4.15
21/08-03/09	1199.02	426.81
04/09-18/09	1123.25	537.74
19/09-01/10	966.94	466.36
02/10-16/10	1002.81	476.92
17/10-30/10	1207.57	543.86
31/10-07/11	1187.98	485.89
<hr/>		
CORTE c	6831.77	2941.73
<hr/>		
08/11-12/11	231.80	134.76
13/11-26/11	969.38	500.81
27/11-10/12	1049.20	258.49
11/12-27/12	1202.38	350.01
28/12-07/01	1285.27	418.64
<hr/>		
CORTE d	4738.03	1662.71
<hr/>		
08/01-21/01	1074.33	706.38
22/01-05/02	1290.61	671.46
06/02-18/02	1793.86	470.93
19/02-04/03	1515.61	414.59
05/03-13/03	1735.94	247.49
<hr/>		
CORTE e	7410.35	2510.85
<hr/>		
TOTAL AÑO	38453.15	11573.95

3.9) SULFATOS

CUADRO B1: Miligramos de sulfatos en ARD y PARD1*

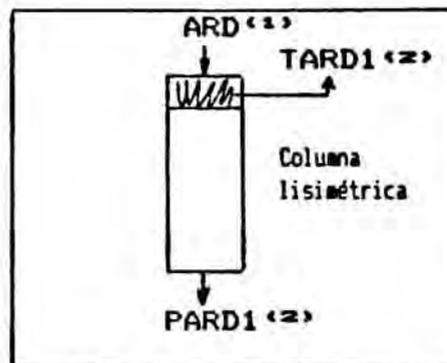
Período	ARD	PARD1
a	2678.25	962.53
b	2851.85	2346.11
c	2503.33	3087.44
d	962.34	843.07
e	<u>1034.50</u>	<u>906.73</u>
año	10030.27	8145.88

* No se han determinado valores en TARD1

CUADRO B2: Porcentaje de sulfatos en PARD1 respecto a ARD

Período	PARD1
a	35.9
b	82.3
c	123.3
d	87.6
e	<u>87.6</u>
año	81.2

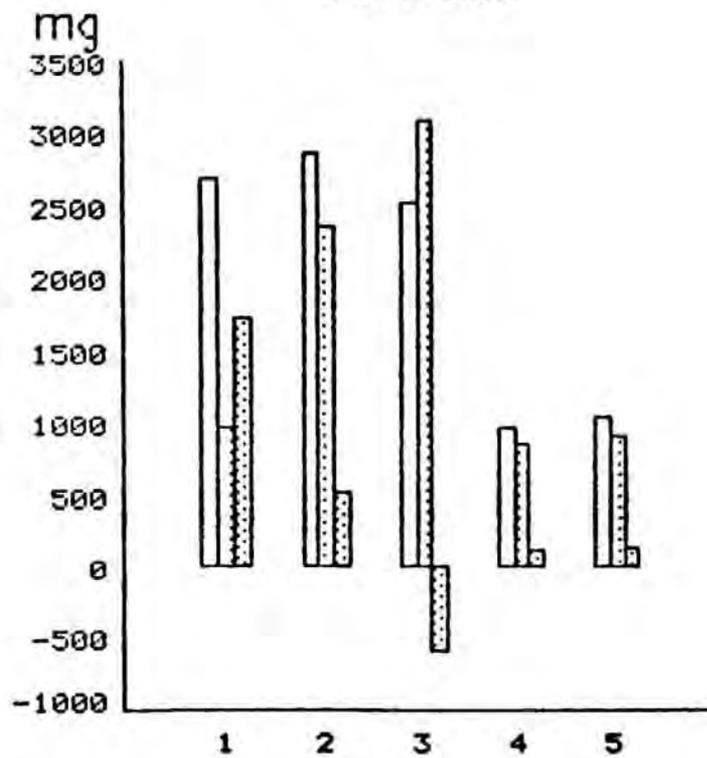
ESQUEMA DE LOS SULFATOS EN EL MICROCOSMOS ARD1



- (1) SO₄ aportados
- (2) SO₄ eliminados

GRAFICA 80

BALANCE DE SULFATOS Periodos



Anual

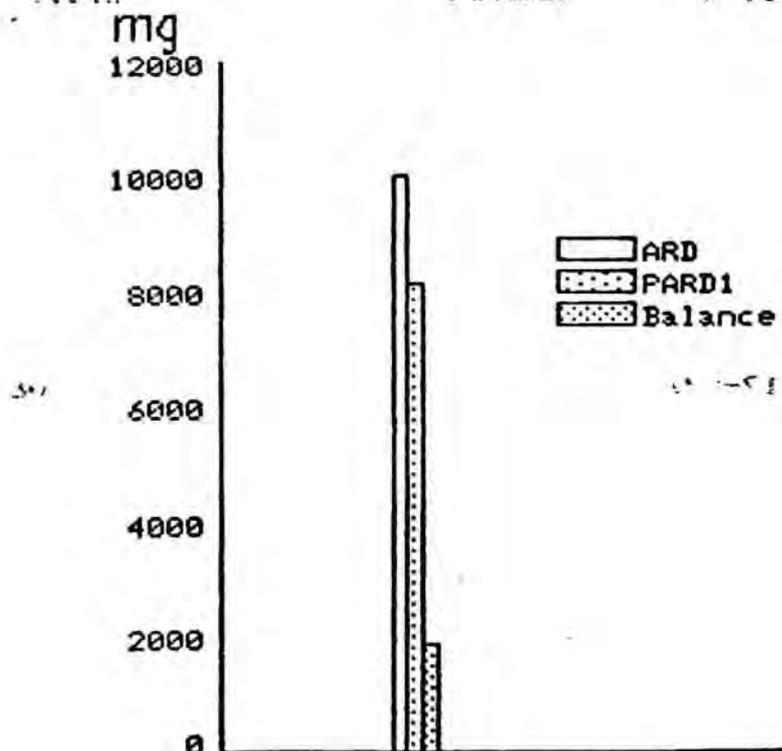


TABLA 64
CANTIDADES EN mg DE SULFATOS AÑADIDAS MEDIANTE EL
RIEGO CON ARD Y PERCOLADAS

Fechas	ARD	PARD1
1.984-1.985		
21/03-02/04	313.84	61.33
03/04-16/04	242.92	85.92
17/04-01/05	460.96	57.11
02/05-14/05	377.15	116.47
15/05-28/05	591.91	204.19
29/05-11/06	464.53	271.24
12/06-15/06	226.94	166.27
CORTE a	2678.25	962.53
16/06-25/06	461.43	165.41
26/06-09/07	894.47	660.46
10/07-23/07	555.48	736.78
24/07-06/08	653.01	541.36
07/08-15/08	287.46	242.10
CORTE b	2851.85	2346.11
16/08-20/08	60.52	7.81
21/08-03/09	499.29	653.60
04/09-18/09	501.87	765.23
19/09-01/10	381.27	570.09
02/10-16/10	371.84	464.23
17/10-30/10	357.71	335.87
31/10-07/11	330.83	290.61
CORTE c	2503.33	3087.44
08/11-12/11	64.55	80.60
13/11-26/11	215.04	280.69
27/11-10/12	197.51	143.63
11/12-27/12	280.15	164.09
28/12-07/01	205.09	174.06
CORTE d	962.34	843.07
08/01-21/01	200.04	280.52
22/01-05/02	188.29	221.38
06/02-18/02	246.40	151.55
19/02-04/03	162.47	153.44
05/03-13/03	237.30	99.84
CORTE e	1034.50	906.73
TOTAL AÑO	10030.27	8145.88

3.10) SALINIDAD

A partir de ahora, en el caso de la salinidad, como para el pH y la D.Q.O. no trajaremos con miligramos acumulados por periodos sino con medias del parámetro en cuestión.

En el cuadro 83 se indican las medias de conductividad obtenidas en los periodos a, b, c, d y e y anual.

CUADRO 83: Conductividad en ARD y PARD1 (medias por periodos) en microS/cm

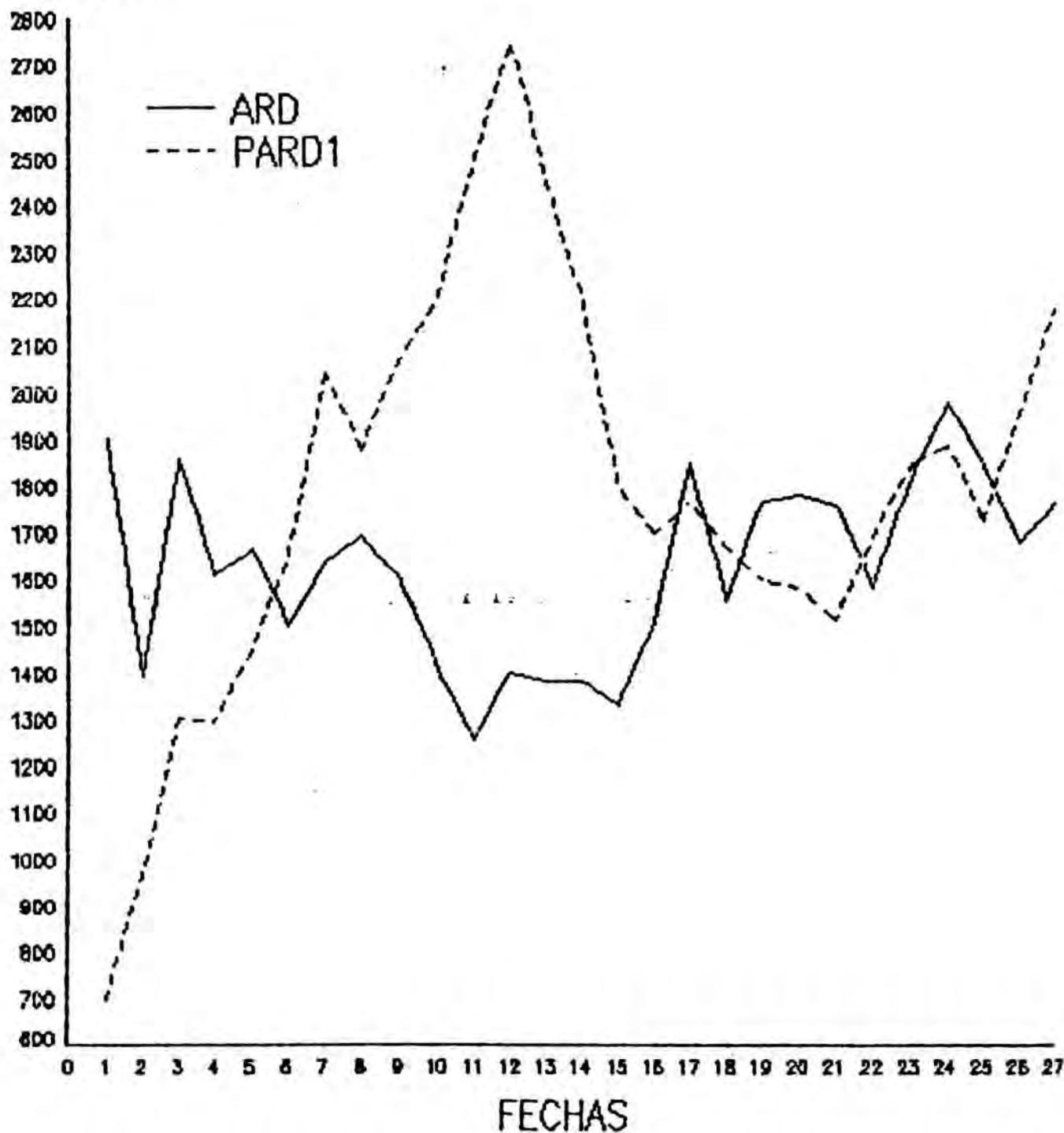
Período	ARD	PARD1
a	1652	1342
b	1490	2158
c	1475	2103
d	1714	1589
e	1777	1819
año	1625	1752

Al igual que como pudimos ver en el caso del riego con AA, y comparando los valores de conductividad de los percolados PARD1 con los del agua de riego ARD podemos realizar tres divisiones del ciclo anual. En una primera división, que va desde el inicio de la experiencia hasta el 21/08/84, se observa que la conductividad de los percolados va aumentando gradualmente y pasa de ser muy inferior a la de la propia ARD a superarla hasta alcanzar un máximo; desde este momento (segunda división), la conductividad de PARD1 va descendiendo hasta el 17/10/84, fecha a partir de la cual los valores son más o menos semejantes a los del ARD (tercera división).

GRAFICA 81

CONDUCTIVIDAD EN ARD Y PARD1

MicroS/cm



3.11) pH

--

En este caso efectuaremos una comparación entre las medias de pH del ARD y del PARD1 por períodos, según se muestra en el cuadro 84.

CUADRO 84: pH en ARD y PARD1 (medias por períodos) en unidades de pH

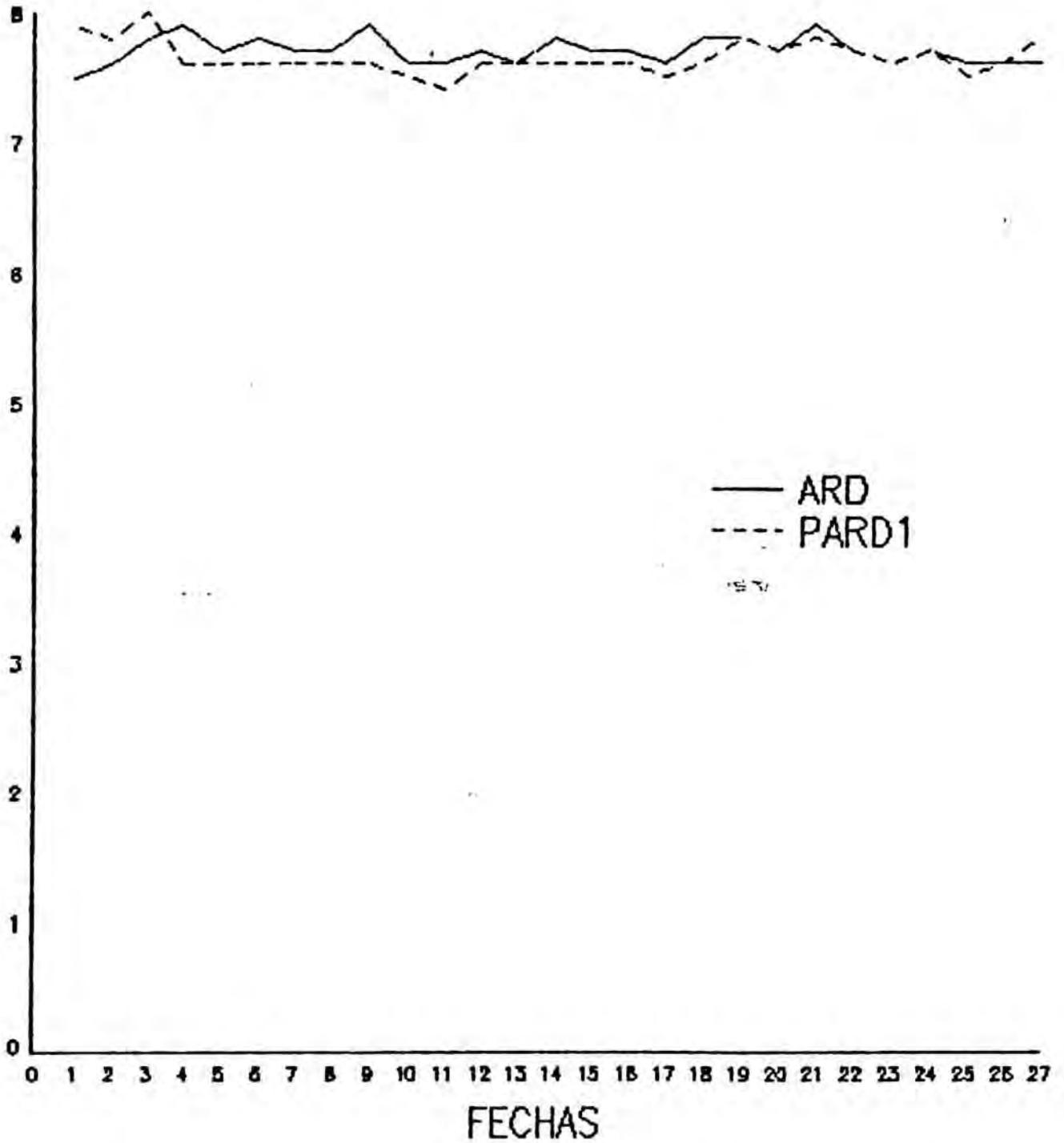
Período	ARD	PARD1
a	7,71	7,73
b	7,70	7,53
c	7,68	7,58
d	7,80	7,73
e	7,64	7,62
año	7,70	7,65

A la vista de los pH obtenidos, tanto en ARD como en PARD1 (gráfica que se incluye a continuación), podemos diferenciar tres espacios de tiempo: el primero que abarca desde el inicio de la experiencia hasta el 17/04/84, en el que el pH de PARD1 supera al del ARD; el segundo, a partir de esta fecha hasta el 17/11/84 en que se invierte la situación y, finalmente, el tercero en que parecen igualarse los pH de ambas aguas.

GRAFICA 82

pH EN ARD Y PARD1

Unidades de pH



3.12) D.Q.O.

Las medias de D.Q.O. por periodos y anual que se muestran a continuación nos indican que las D.Q.O. del ARD superan claramente a las de los percolados.

CUADRO 85: D.Q.O. en ARD y PARD1 (medias por periodos) en mg/l de O₂

Período	ARD	PARD1
a	99,87	52,42
b	101,33	58,28
c	78,72	48,93
d	105,28	53,45
e	137,22	70,60
año	104,32	57,93

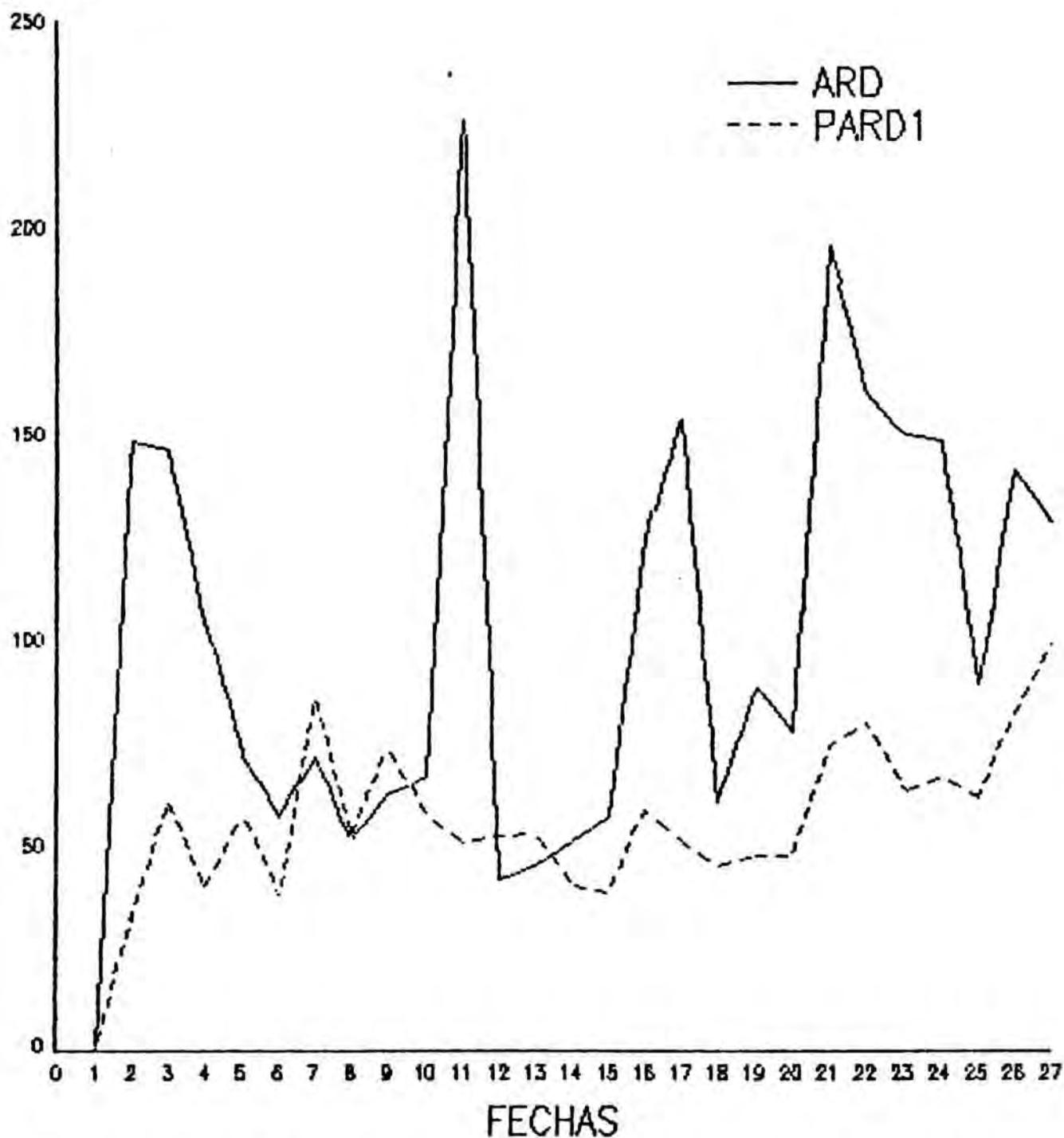
La gráfica de la página siguiente deja patente que ello se presenta en todas las muestras excepto en cuatro.

Por tanto y, en general, la materia orgánica aportada con el ARD queda retenida por el suelo, siendo un importante factor fertilizante para éste.

GRAFICA 83

D.Q.O. EN ARD Y PARD1

Mg/l de O₂



3.13) MICROELEMENTOS

Seguidamente indicaremos contenidos de los microelementos Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en las matrices Agua de Riego ARD y Agua de Percolación PARD1 y en la matriz Planta TARD1.

Cuadro 86: Contenido en Cadmio de ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 87: Contenido en Cobalto de ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
Trazas (02/05/85)	<ld.	Trazas en (07/01/85) ³

<ld.: inferior al límite de detección 3: en tres repeticiones

Cuadro 88: Contenido en Cromo de ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
Trazas (26/03/85)	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 89: Contenido en Niquel de ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
Trazas en 10/07/84	Trazas en (26/06/84) ²	Trazas en (15/06/84) ³
31/10/84	(10/07/84) ²	(15/08/84) ⁴
22/01/85		(07/01/85) ²
06/02/85		(13/03/85) ²

1: en una repetición 2: en dos repeticiones 3: en tres repeticiones
4: en cuatro repeticiones

Cuadro 90: Contenido en Plomo de ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: Inferior al límite de detección

Para aquellos elementos que entran a formar parte de la constitución de la planta de forma significativa, se indican las cantidades halladas en cada corte del tejido vegetal por ser perfectamente ponderables.

Cuadro 91: Contenido en Cobre en ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
<ld.	<ld.	Corte (mg)
		a 0.439
		b 0.274
		c 0.083
		d 0.087
		e 0.020

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 92: Contenido en Hierro en ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1
Trazas en	Trazas en	Corte (mg)
22/01/85	(22/01/85) ¹	a 1.756
06/02/85	(19/02/85) ¹	b 0.992
19/02/85	(26/03/85) ¹	c 0.686
		d 0.619
		e 1.473

<ld.: inferior al límite de detección 1: en una repetición

Cuadro 93: Contenido en Manganeso en ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1	
<ld.	<ld.	Corte	(mg)
		a	1.863
		b	1.633
		c	0.618
		d	0.684
		e	1.139

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 94: Contenido en Zinc en ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1	
(mg/l)	(mg/l)	Corte	(mg)
<ld. - 0.21	Trazas - 0.10 (21/03/84) ²	a	0.633
		b	0.436
		c	0.181
		d	0.261
		e	0.314

<ld.: inferior al límite de detección

2: en dos repeticiones

4. - Balance en el *microcosmos* ARD2

4.1) SODIO

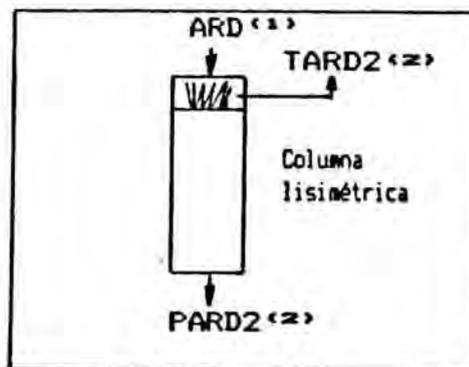
CUADRO 95: Miligramos de sodio en ARD, PARD2 y TARD2

Período	ARD	PARD2	TARD2
a	2660.51	164.46	177.58
b	2760.90	1984.52	158.33
c	2019.35	1567.94	92.57
d	1024.66	790.43	116.98
e	<u>1686.22</u>	<u>932.93</u>	<u>243.97</u>
año	10151.64	5440.28	789.43

CUADRO 96: Porcentaje de sodio en PARD2 y TARD2 respecto a ARD

Período	PARD2	TARD2
a	6.2	6.7
b	71.9	5.7
c	77.6	4.6
d	77.1	11.4
e	<u>55.3</u>	<u>14.5</u>
año	53.6	7.8

ESQUEMA DEL SODIO EN EL *MICROCOSMOS* ARD2

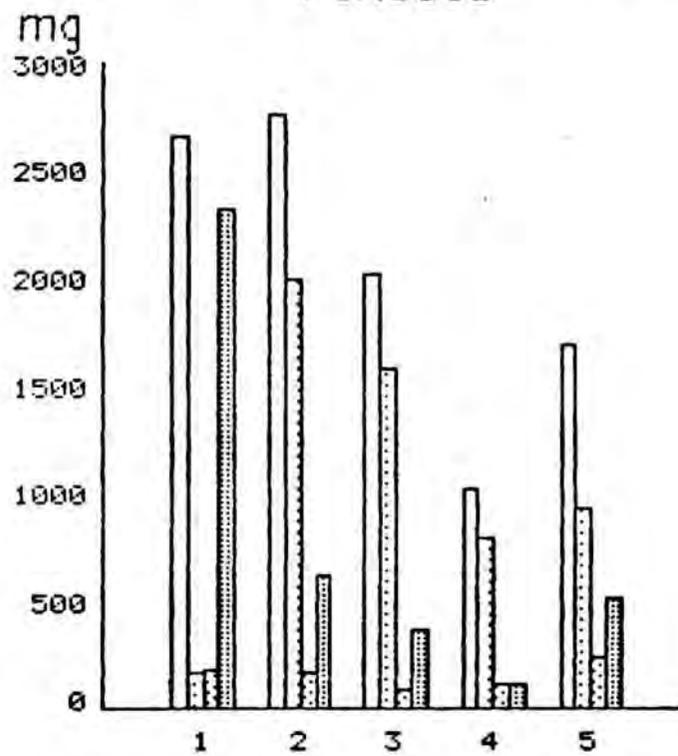


- (1) Na añadido
- (2) Na eliminado

GRAFICA 84

BALANCE DE SODIO

Periodos



Anual

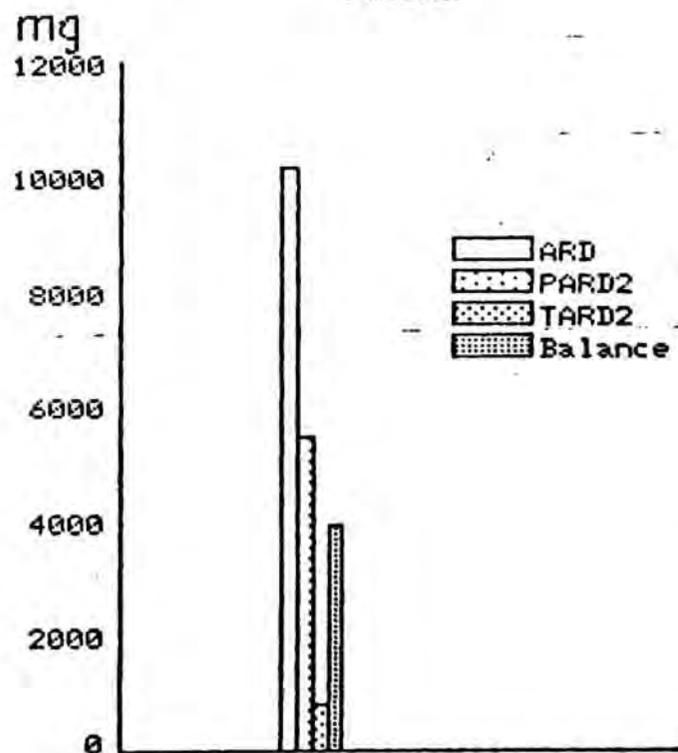


TABLA 65

CANTIDADES EN mg DE SODIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD2	TARD2
1.984-1.985			
21/03-02/04	309.68	22.20	
03/04-16/04	259.16	28.42	
17/04-01/05	334.72	7.36	
02/05-14/05	348.80	4.98	
15/05-28/05	633.28	27.46	
29/05-11/06	565.11	39.69	
12/06-15/06	209.76	34.35	
CORTE a	2660.51	164.46	177.58
16/06-25/06	426.51	19.78	
26/06-09/07	922.37	227.16	
10/07-23/07	607.55	663.90	
24/07-06/08	582.91	746.09	
07/08-15/08	221.56	327.59	
CORTE b	2760.90	1984.52	158.33
16/08-20/08	46.64	51.55	
21/08-03/09	321.05	431.01	
04/09-18/09	329.75	360.20	
19/09-01/10	340.35	236.34	
02/10-16/10	278.93	209.96	
17/10-30/10	364.57	150.44	
31/10-07/11	338.06	128.44	
CORTE c	2019.35	1567.94	92.57
08/11-12/11	65.96	53.60	
13/11-26/11	198.70	280.83	
27/11-10/12	223.75	143.56	
11/12-27/12	256.51	177.08	
28/12-07/01	279.74	135.36	
CORTE d	1024.66	790.43	116.98
08/01-21/01	233.82	306.55	
22/01-05/02	288.60	234.99	
06/02-18/02	427.46	177.91	
19/02-04/03	317.79	155.88	
05/03-13/03	418.55	57.60	
CORTE e	1686.22	932.93	243.97
TOTAL AÑO	10151.64	5440.28	789.43

Podemos observar que al final del ciclo anual se produce una percolación de sodio superior al 50 % del sodio añadido con el ARD. En el primer período se produce una importante retención de sodio, situación no tan acusada a partir del segundo período.

4.2) POTASIO

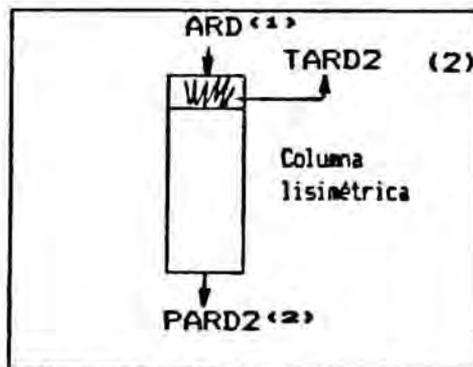
CUADRO 97: Miligramos de potasio en ARD, PARD2 y TARD2

Período	ARD	PARD2	TARD2
a	419.36	1.18	630.43
b	406.59	6.07	173.94
c	293.26	9.99	294.78
d	152.92	4.75	213.89
e	<u>221.66</u>	<u>4.72</u>	<u>414.61</u>
año	1493.79	26.71	1725.65

CUADRO 98: Porcentaje de potasio en PARD2 y TARD2 respecto a ARD

Período	PARD2	TARD2
a	0.3	150.3
b	1.5	42.8
c	3.4	100.5
d	3.1	139.9
e	<u>2.1</u>	<u>187.0</u>
año	1.8	115.5

ESQUEMA DEL POTASIO EN EL *MICROCOSMOS* ARD2



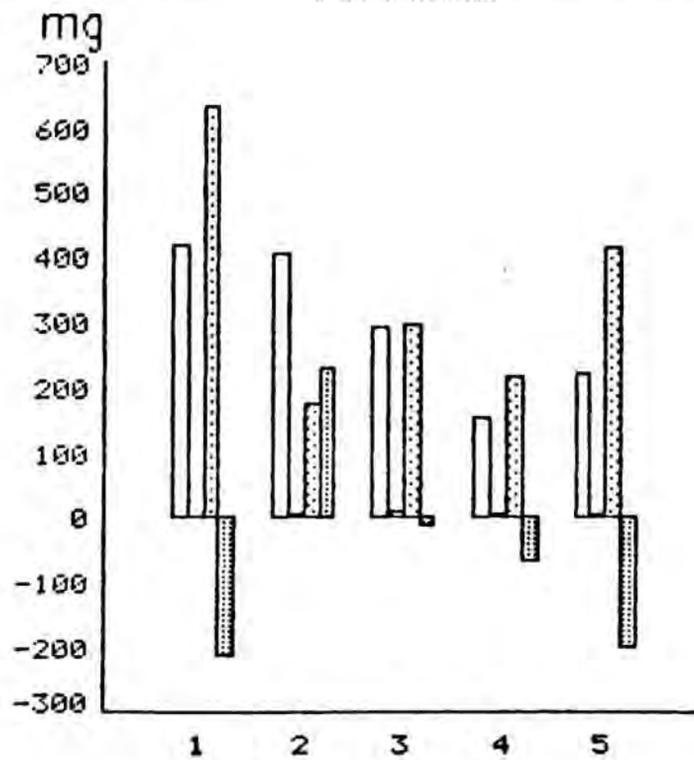
(1) K añadido

(2) K eliminado

GRAFICA 85

BALANCE DE POTASIO

Periodos



Anual

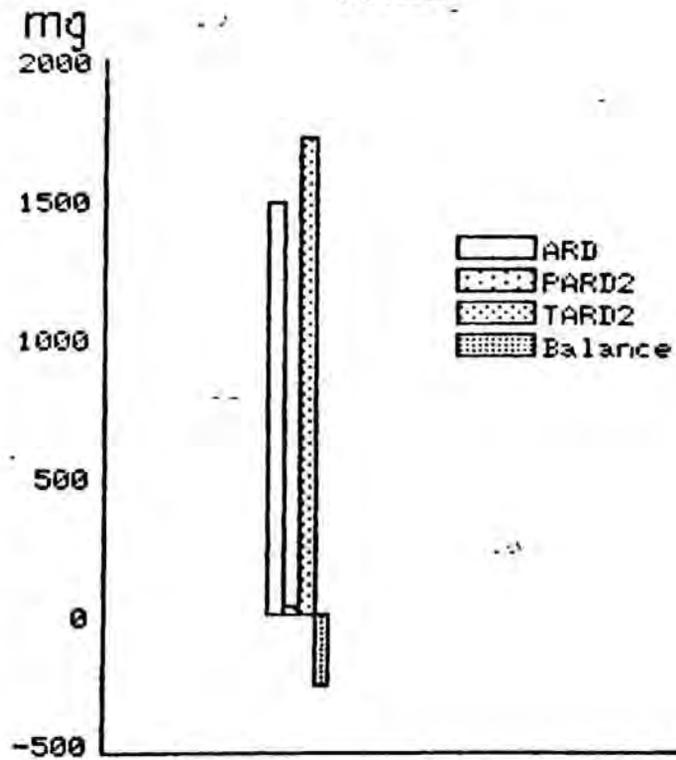


TABLA 66

CANTIDADES EN mg DE POTASIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD2	TARD2
1.984-1.985			
21/03-02/04	48.56	0.45	
03/04-16/04	31.10	0.49	
17/04-01/05	75.54	0.08	
02/05-14/05	57.10	0.01	
15/05-28/05	93.63	0.06	
29/05-11/06	83.87	0.02	
12/06-15/06	29.56	0.07	
CORTE a	419.36	1.18	630.43
16/06-25/06	60.10	0.04	
26/06-09/07	124.93	0.98	
10/07-23/07	93.25	1.61	
24/07-06/08	97.71	2.63	
07/08-15/08	30.60	0.81	
CORTE b	406.59	6.07	173.94
16/08-20/08	6.44	0.13	
21/08-03/09	46.45	2.65	
04/09-18/09	43.48	3.91	
19/09-01/10	48.95	1.08	
02/10-16/10	44.35	0.91	
17/10-30/10	50.29	0.74	
31/10-07/11	53.30	0.57	
CORTE c	293.26	9.99	294.78
08/11-12/11	10.40	0.24	
13/11-26/11	36.01	1.68	
27/11-10/12	33.60	0.96	
11/12-27/12	37.95	1.24	
28/12-07/01	34.96	0.63	
CORTE d	152.92	4.75	213.89
08/01-21/01	40.81	1.60	
22/01-05/02	36.74	0.97	
06/02-18/02	50.58	0.89	
19/02-04/03	40.96	0.74	
05/03-13/03	52.57	0.52	
CORTE e	221.66	4.72	414.61
TOTAL AÑO	1493.79	26.71	1725.65

La cantidad de potasio percolada es muy pequeña, pero la cantidad en el tejido vegetal supera en casi todos los períodos del año a la cantidad añadida con el agua de riego. Se produce, por tanto, una cesión importante de potasio por parte del Suelo-2.

4.3) CALCIO

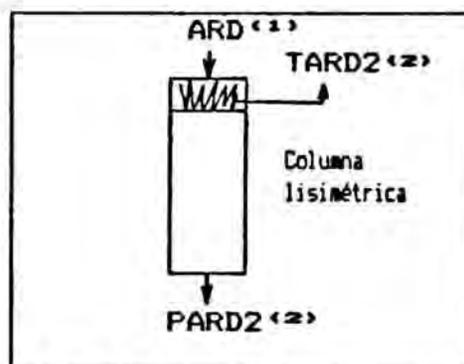
CUADRO 99: Miligramos de calcio en ARD, PARD2 y TARD2

Período	ARD	PARD2	TARD2
a	1117.43	664.80	211.75
b	1600.45	2636.56	109.80
c	1444.95	1305.00	232.05
d	779.98	621.54	129.39
e	<u>1164.76</u>	<u>764.05</u>	<u>222.58</u>
año	6107.57	5991.95	905.57

CUADRO 100: Porcentaje de calcio en PARD2 y TARD2 respecto a ARD

Período	PARD2	TARD2
a	59.5	18.9
b	164.7	6.9
c	90.3	16.1
d	79.7	16.6
e	<u>65.6</u>	<u>19.1</u>
año	98.1	14.8

ESQUEMA DEL CALCIO EN EL MICROCOSMOS ARD2

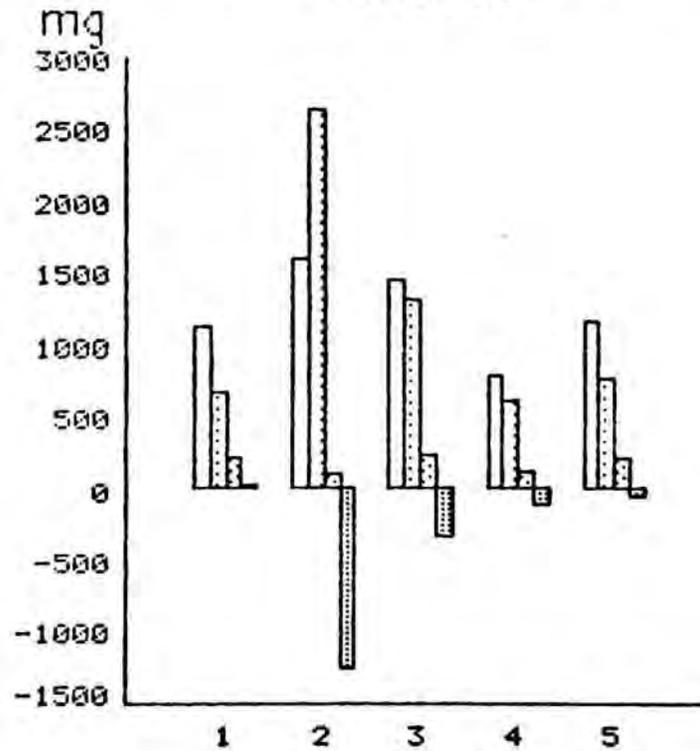


- (1) Ca añadido
- (2) Ca eliminado

GRAFICA 86

BALANCE DE CALCIO

Periodos



Anual

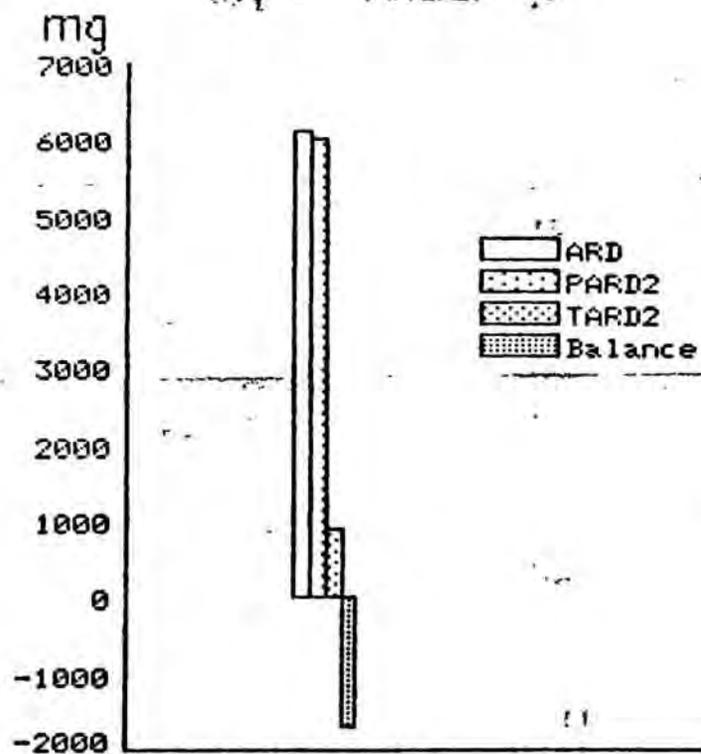


TABLA 67

CANTIDADES EN mg DE CALCIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD2	TARD2
1.984-1.985			
21/03-02/04	161.96	88.71	
03/04-16/04	125.90	126.84	
17/04-01/05	172.96	35.17	
02/05-14/05	95.58	25.29	
15/05-28/05	185.23	123.49	
29/05-11/06	263.38	127.13	
12/06-15/06	112.42	138.17	
CORTE a	1117.43	664.80	211.75
16/06-25/06	228.60	79.55	
26/06-09/07	519.88	678.49	
10/07-23/07	337.27	795.30	
24/07-06/08	395.91	832.13	
07/08-15/08	118.79	251.09	
CORTE b	1600.45	2636.56	109.80
16/08-20/08	25.01	39.51	
21/08-03/09	364.15	339.90	
04/09-18/09	242.94	312.66	
19/09-01/10	208.17	199.38	
02/10-16/10	198.84	178.32	
17/10-30/10	211.12	139.86	
31/10-07/11	194.72	95.37	
CORTE c	1444.95	1305.00	232.05
08/11-12/11	37.99	39.80	
13/11-26/11	215.04	219.36	
27/11-10/12	177.94	108.32	
11/12-27/12	187.34	144.21	
28/12-07/01	161.67	109.85	
CORTE d	779.98	621.54	129.39
08/01-21/01	163.53	221.76	
22/01-05/02	223.05	216.16	
06/02-18/02	309.32	156.56	
19/02-04/03	222.67	122.66	
05/03-13/03	246.19	46.91	
CORTE e	1164.76	764.05	222.58
TOTAL AÑO	6107.57	5991.95	905.57

Tal como podemos ver se produce una cesión de calcio por parte del Suelo-2, agudizada en el período b del ciclo. Hay que recordar que el suelo estudiado es un suelo calizo, lo cual explica la referida cesión del calcio.

4.4) MAGNESIO

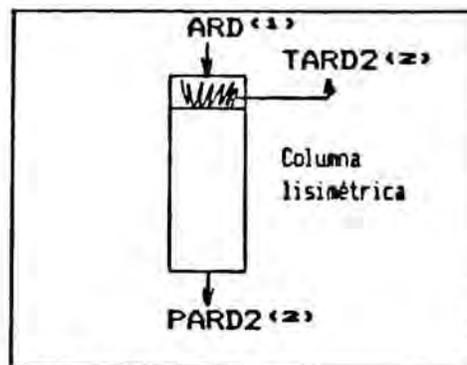
CUADRO 101: Miligramos de magnesio en ARD, PARD2 y TARD2

Período	ARD	PARD2	TARD2
a	609.15	87.93	57.75
b	587.26	216.23	34.31
c	422.65	118.88	35.19
d	220.42	83.29	25.88
e	<u>312.10</u>	<u>96.87</u>	<u>46.70</u>
año	2151.58	603.20	199.83

CUADRO 102: Porcentaje de magnesio en PARD2 y TARD2 respecto a ARD

Período	PARD2	TARD2
a	14.4	9.5
b	36.8	5.8
c	28.1	8.3
d	37.8	11.7
e	<u>31.0</u>	<u>15.0</u>
año	28.0	9.3

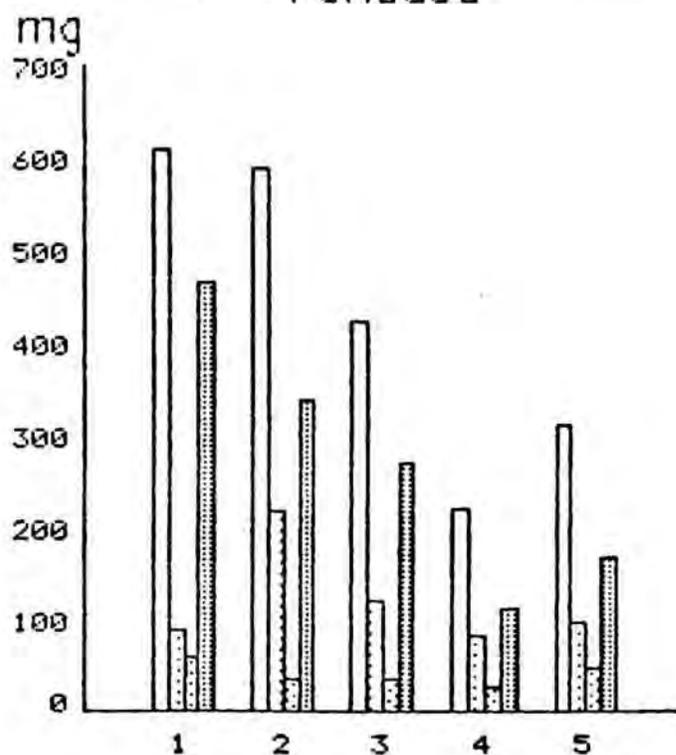
ESQUEMA DEL MAGNESIO EN EL MICROCOSMOS ARD2



- (1) Mg añadido
- (2) Mg eliminado

GRAFICA 87

BALANCE DE MAGNESIO Periodos



Anual

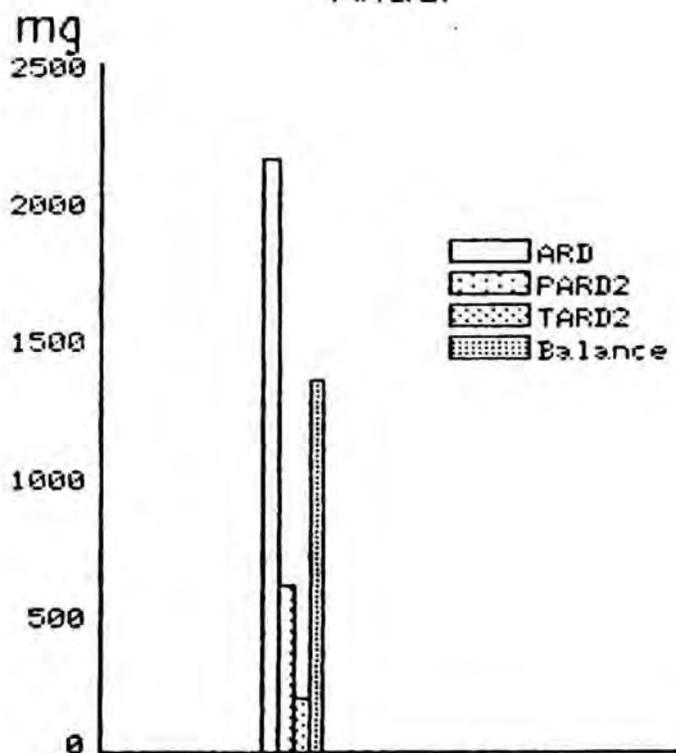


TABLA 68

CANTIDADES EN mg DE MAGNESIO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON
ARD, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD2	TARD2
1.984-1.985			
21/03-02/04	91.46	12.11	
03/04-16/04	65.64	15.84	
17/04-01/05	90.11	5.60	
02/05-14/05	67.83	4.42	
15/05-28/05	131.79	18.85	
29/05-11/06	121.84	16.66	
12/06-15/06	40.48	14.45	
CORTE a	609.15	87.93	57.75
16/06-25/06	82.31	8.32	
26/06-09/07	195.28	52.14	
10/07-23/07	129.64	63.06	
24/07-06/08	129.45	69.54	
07/08-15/08	50.58	23.17	
CORTE b	587.26	216.23	34.31
16/08-20/08	10.65	3.65	
21/08-03/09	74.84	32.69	
04/09-18/09	73.85	30.05	
19/09-01/10	69.39	19.20	
02/10-16/10	57.48	17.21	
17/10-30/10	67.91	13.79	
31/10-07/11	68.53	12.29	
CORTE c	422.65	118.88	35.19
08/11-12/11	13.37	5.13	
13/11-26/11	55.32	30.57	
27/11-10/12	47.84	15.62	
11/12-27/12	54.96	19.37	
28/12-07/01	48.93	12.60	
CORTE d	220.42	83.29	25.88
08/01-21/01	48.36	36.83	
22/01-05/02	63.39	22.68	
06/02-18/02	64.55	16.09	
19/02-04/03	60.31	15.97	
05/03-13/03	75.49	5.30	
CORTE e	312.10	96.87	46.70
TOTAL AÑO	2151.58	603.20	199.83

Los 1548.38 mg de magnesio retenidos representan el 72 % del magnesio añadido con el agua de riego.

Se observa una notable diferencia en el porcentaje de retención de magnesio por el *microcosmos* ARD2 respecto al ARD2, lo cual será comentado posteriormente al comparar ambos *microcosmos*.

4.5) NITROGENO

Hemos transformado los valores obtenidos sobre contenido en nitratos y amonio de las aguas (en mg/l) a contenido de nitrógeno nítrico+amoniaco (en mg).

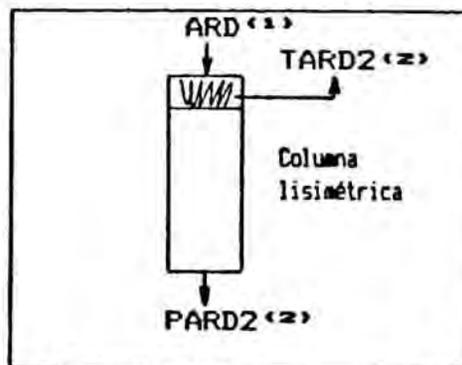
CUADRO 103: Miligramos de nitrógeno (nítrico+amoniaco) en ARD, PARD2 y TARD2

Período	ARD	PARD2	TARD2
a	797.04	29.47	375.37
b	929.03	314.57	200.92
c	585.41	243.29	219.30
d	463.87	19.23	248.22
e	<u>608.59</u>	<u>15.81</u>	<u>375.33</u>
año	3383.94	622.37	1419.14

CUADRO 104: Porcentaje de nitrógeno (nítrico+amoniaco) en PARD2 y TARD2 respecto a ARD

Período	PARD2	TARD2
a	3.7	47.1
b	33.9	21.6
c	41.5	37.4
d	4.2	53.5
e	<u>2.6</u>	<u>61.7</u>
año	18.4	41.9

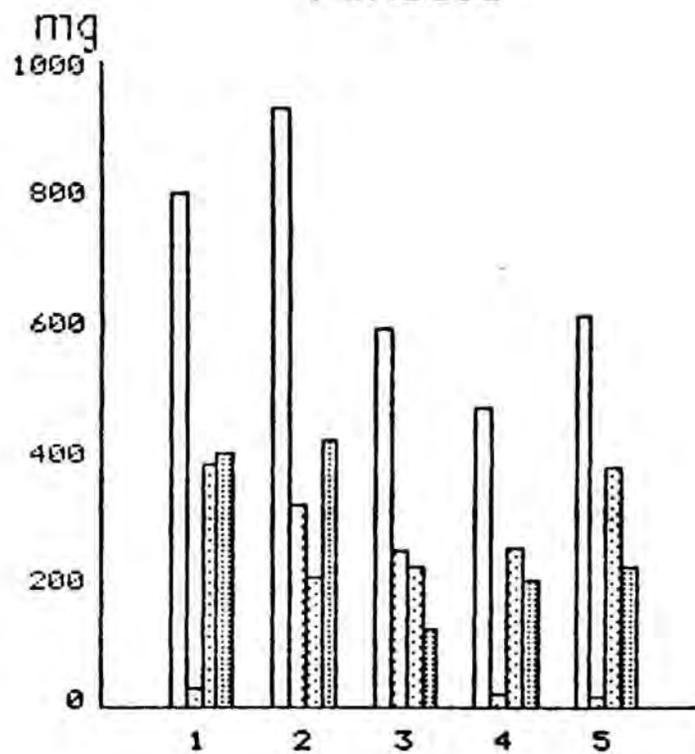
ESQUEMA DEL NITROGENO EN EL MICROCOSMOS ARD2



- (1) N añadido
- (2) N eliminado

GRAFICA 88

BALANCE DE NITROGENO Periodos



Anual

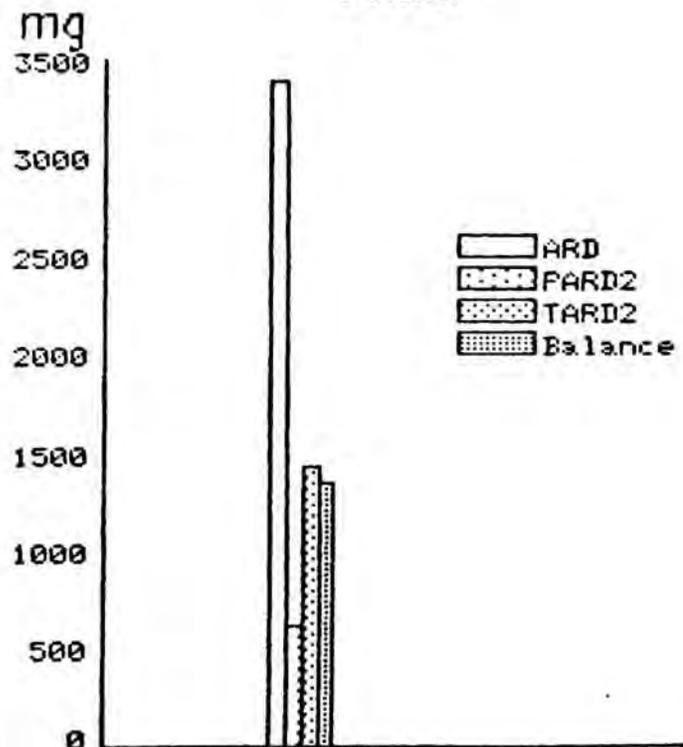


TABLA 69

CANTIDADES EN mg DE NITROGENO NITRICO MAS AMONIACAL AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD, PERCOLADAS Y EXPORTADAS

FECHAS	ARD			PARD2			TARD2
	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _T	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _T	
1.984-1.985							
21/03-02/04	3.78	79.88	83.66	1.10	0.27	1.37	
03/04-16/04	2.02	45.62	47.64	13.18	0.34	13.52	
17/04-01/05	4.11	107.01	111.12	5.07	0.06	5.13	
02/05-14/05	2.20	122.22	124.42	2.51	—	2.51	
15/05-28/05	9.28	173.08	182.36	5.57	—	5.57	
29/05-11/06	2.73	153.97	156.70	0.71	—	0.71	
12/06-15/06	2.94	88.20	91.14	0.66	—	0.66	
CORTE a	27.06	769.98	797.04	28.80	0.67	29.47	375.37
16/06-25/06	5.98	179.34	185.32	0.38	—	0.38	
26/06-09/07	3.87	149.31	153.18	2.42	1.42	3.84	
10/07-23/07	6.37	346.50	352.87	58.58	0.36	58.94	
24/07-06/08	4.93	154.00	158.93	77.61	0.88	78.49	
07/08-15/08	1.59	77.14	78.73	72.81	0.11	72.92	
CORTE b	22.74	906.29	929.03	11.80	2.77	314.57	200.92
16/08-20/08	0.33	16.24	16.57	11.46	0.01	11.47	
21/08-03/09	2.64	86.94	89.58	73.22	1.22	74.44	
04/09-18/09	2.25	79.38	81.63	63.74	2.88	66.62	
19/09-01/10	2.06	58.31	60.37	41.33	0.41	41.74	
02/10-16/10	1.37	123.48	124.85	26.27	0.85	27.12	
17/10-30/10	2.75	102.90	105.65	16.86	1.31	17.32	
31/10-07/11	3.44	103.32	106.76	4.14	0.44	4.58	
CORTE c	14.84	570.57	585.41	237.02	6.27	243.29	219.30
08/11-12/11	0.67	20.16	20.83	1.73	0.18	1.91	
13/11-26/11	2.06	77.70	79.76	4.25	1.66	5.91	
27/11-10/12	2.01	89.60	91.61	3.61	0.68	4.29	
11/12-27/12	2.38	127.68	130.06	3.05	1.72	4.77	
28/12-07/01	1.96	139.65	141.61	1.27	1.08	2.35	
CORTE d	9.08	454.79	463.87	13.91	5.32	19.23	248.22
08/01-21/01	1.66	95.20	96.86	1.73	2.03	3.76	
22/01-05/02	3.18	100.10	103.28	2.17	1.02	3.19	
06/02-18/02	4.72	135.45	140.17	2.91	1.39	4.30	
19/02-04/03	6.89	109.06	115.95	2.05	1.03	3.08	
05/03-13/03	8.69	143.64	152.33	0.94	0.54	1.48	
CORTE e	25.14	583.45	608.59	9.80	6.01	15.81	375.33
TOTAL AÑO	98.86	3285.08	3383.94	601.33	21.04	622.37	1419.14

* Media de 4 repeticiones (— = inferior al límite de detección)

Podemos ver que el mayor porcentaje de nitrógeno percolado tiene lugar durante los periodos b y c. En el resto del ciclo anual, la percolación de nitrógeno es pequeña. Resulta bastante significativo el porcentaje de nitrógeno contenido en el tejido vegetal. Queda retenido un 81.6 % del nitrógeno aportado por el ARD.

Para intentar explicar estos resultados consideraremos los fenómenos que tienen lugar respecto al nitrógeno amoniacal y al nitrógeno nítrico por separado.

Nitrógeno amoniacal

En la tabla de la página siguiente viene desglosada la cantidad de nitrógeno añadida con el ARD y la percolada, en sus dos conceptos $N-NH_4^+$ y $N-NO_3^-$. Considerando únicamente el primero, tenemos los valores siguientes, resumidos por periodos.

CUADRO 105: Miligramos de nitrógeno amoniacal en ARD y PARD2

Período	ARD	PARD2
a	769.98	0.67
b	906.29	2.77
c	570.57	6.27
d	454.79	5.32
e	583.45	6.01
año	3285.08	21.04

CUADRO 106: Porcentaje de nitrógeno amoniacal en PARD2 respecto a ARD

Período	PARD2
a	0.1
b	0.3
c	1.1
d	1.2
e	1.0
año	0.6

Vemos que percola un ínfima cantidad del nitrógeno amoniacal añadido con el ARD, o sea que queda retenido por las matrices Suelo y Planta el 99.4 %, al igual que en el *microcosmos* ARD1.

Puede admitirse que una de las causas de tal retención de amonio es su posible fijación por el complejo húmico-arcilloso y su oxidación a la forma nítrica.

Nitrógeno nítrico

CUADRO 107: Miligramos de nitrógeno nítrico en ARD y PARD2

Período	ARD	PARD2
a	27.06	28.80
b	22.74	311.80
c	14.84	237.02
d	9.08	13.91
e	25.14	9.80
año	98.86	601.33

CUADRO 108: Porcentaje de nitrógeno nítrico en PARD2 respecto a ARD

Período	PARD2
a	106.4
b	1371.1
c	1597.2
d	153.2
e	39.0
año	608.3

Tienen lugar unas pérdidas elevadas de nitratos por lavado, en lugar de las retenciones que tienen lugar con el amonio.

4.6) FOSFORO

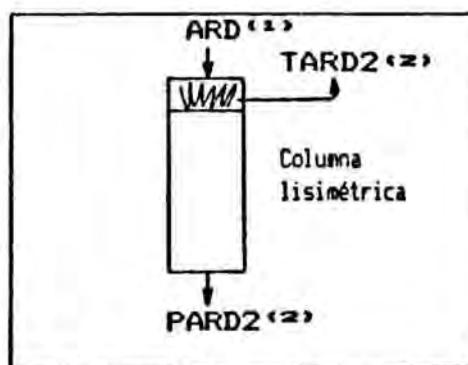
CUADRO 109: Miligramos de fósforo en ARD, PARD2 y TARD2

Periodo	ARD	PARD2	TARD2
a	878.57	10.82	79.85
b	1013.31	54.86	57.25
c	848.44	80.37	43.64
d	382.11	25.76	50.96
e	540.31	37.59	93.18
año	3662.74	209.38	324.88

CUADRO 110: Porcentaje de fósforo en PARD2 y TARD2 respecto a ARD

Periodo	PARD2	TARD2
a	1.2	9.1
b	5.4	5.7
c	9.5	5.1
d	6.7	13.3
e	7.0	17.2
año	5.7	8.9

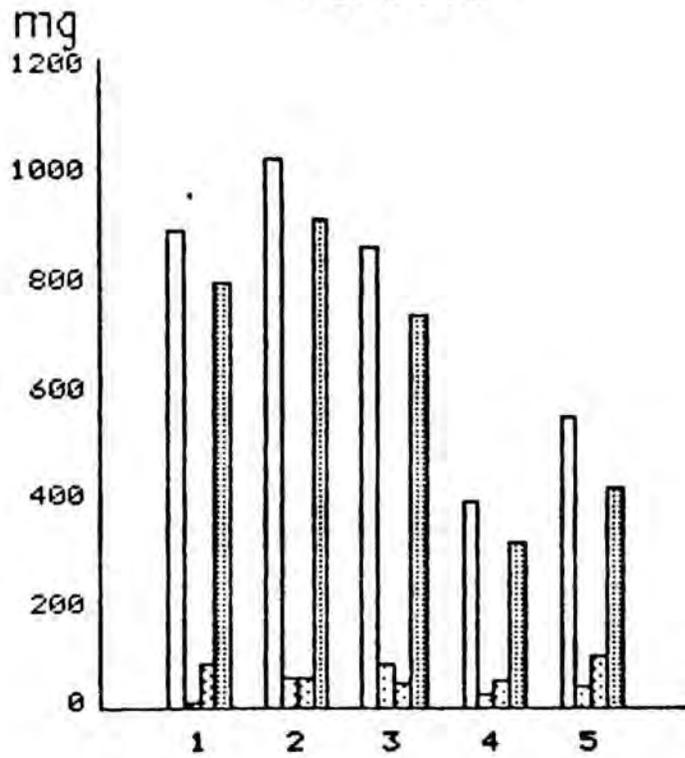
ESQUEMA DEL FOSFORO EN EL MICROCOSMOS ARD2



- (1) P añadido
- (2) P eliminado

GRAFICA 89

BALANCE DE FOSFORO Periodos



Anual

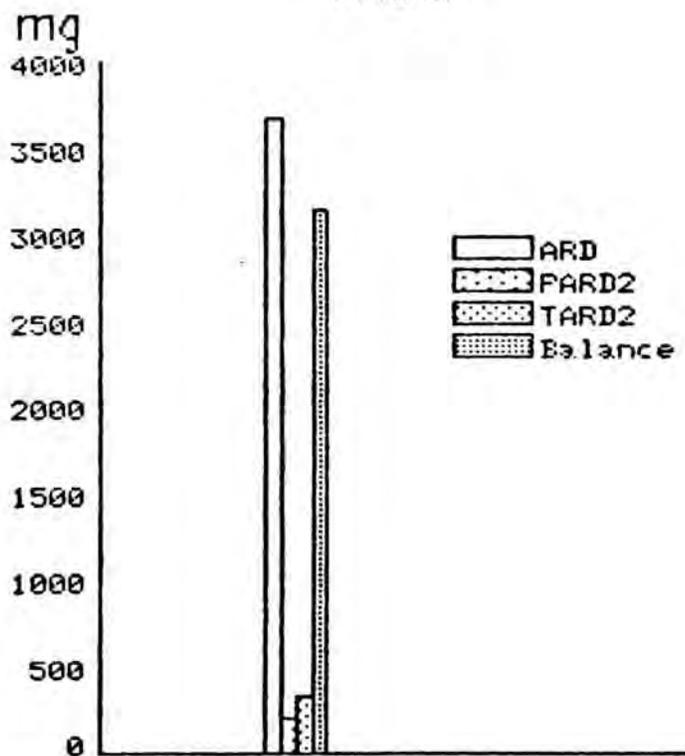


TABLA 70

CANTIDADES EN mg DE FOSFORO AÑADIDAS MEDIANTE EL RIEGO CON ARD,
PERCOLADAS Y EXPORTADAS

Fechas	ARD	PARD2	TARD2
1.984-1.985			
21/03-02/04	108.02	3.99	
03/04-16/04	92.68	2.81	
17/04-01/05	134.04	1.01	
02/05-14/05	131.75	0.27	
15/05-28/05	185.22	0.61	
29/05-11/06	174.46	0.96	
12/06-15/06	52.40	1.15	
CORTE a	878.57	10.80	79.85
16/06-25/06	106.56	0.66	
26/06-09/07	315.79	11.88	
10/07-23/07	223.34	14.99	
24/07-06/08	260.66	17.21	
07/08-15/08	106.96	10.12	
CORTE b	1013.31	54.86	57.25
16/08-20/08	22.52	1.59	
21/08-03/09	176.26	23.23	
04/09-18/09	145.88	20.56	
19/09-01/10	115.37	10.01	
02/10-16/10	163.60	14.01	
17/10-30/10	129.49	6.59	
31/10-07/11	95.32	4.38	
CORTE c	848.44	80.37	43.64
08/11-12/11	18.60	1.83	
13/11-26/11	98.35	6.85	
27/11-10/12	72.23	4.20	
11/12-27/12	97.83	7.82	
28/12-07/01	95.10	5.06	
CORTE d	382.11	25.76	50.96
08/01-21/01	91.85	13.18	
22/01-05/02	93.52	8.41	
06/02-18/02	139.50	8.26	
19/02-04/03	98.76	6.48	
05/03-13/03	116.68	1.26	
CORTE e	540.31	37.59	93.18
TOTAL AÑO	3662.74	209.38	324.88

No es excesiva la cantidad de fósforo perdida por percolación ni la contenida en el tejido vegetal cosechado, al contrario de lo que sucede y hemos visto al regar el mismo Suelo-2 con AA.

Queda retenido, al final del ciclo anual, un 94.3 % del fósforo añadido. Este porcentaje puede atribuirse al elevado contenido en carbonato cálcico del Suelo-2.

4.7) CLORUROS

CUADRO 111: Miligramos de cloruros en ARD y PARD2*

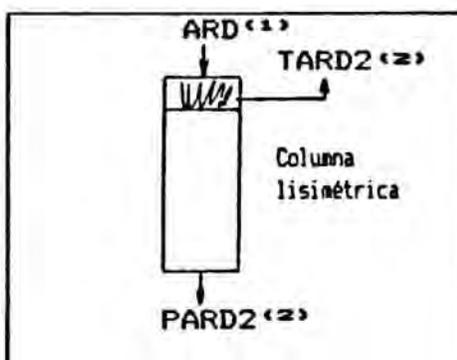
Período	ARD	PARD2
a	2069.61	440.57
b	2301.31	2256.78
c	1754.80	1193.97
d	920.07	618.50
e	<u>1406.16</u>	<u>734.52</u>
año	8451.95	5244.34

* No se han determinado calores en TARD2

CUADRO 112: Porcentaje de cloruros en PARD2 respecto a ARD

Período	PARD2
a	21.3
b	98.1
c	68.0
d	67.2
e	<u>52.2</u>
año	62.0

ESQUEMA DE LOS CLORUROS EN EL MICROCOSMOS ARD2

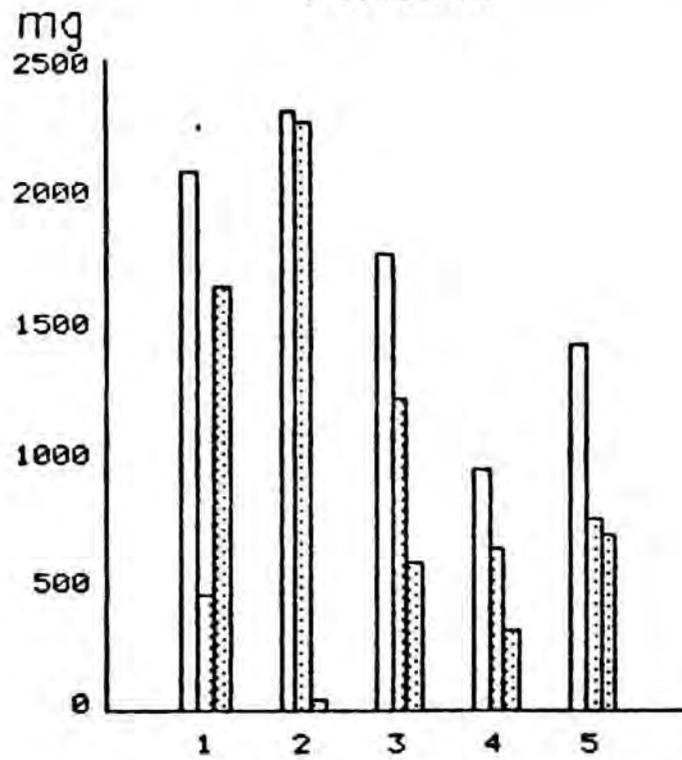


- (1) Cl añadidos
- (2) Cl eliminados

Se produce un lavado importante de cloruros durante el segundo período, al igual que sucede en el microcosmos AA2.

GRAFICA 90

BALANCE DE CLORUROS Periodos



Anual

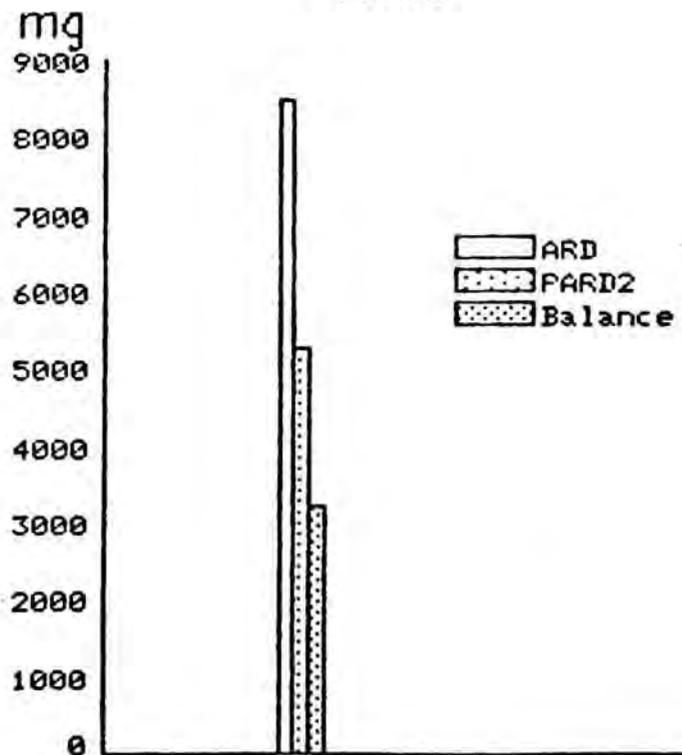


TABLA 71

CANTIDADES EN mg DE CLORUROS AÑADIDAS MEDIANTE EL
RIEGO CON ARD Y PERCOLADAS

Fechas	ARD	PARD2
1.984-1.985		
21/03-02/04	236.74	17.81
03/04-16/04	166.54	63.46
17/04-01/05	259.81	21.20
02/05-14/05	271.98	14.41
15/05-28/05	530.91	92.44
29/05-11/06	338.19	105.96
12/06-15/06	172.29	125.29
CORTE a	2069.61	440.57
16/06-25/06	350.32	72.14
26/06-09/07	750.89	500.71
10/07-23/07	534.42	745.73
24/07-06/08	475.73	714.55
07/08-15/08	189.95	223.65
CORTE b	2301.31	2256.78
16/08-20/08	39.99	35.19
21/08-03/09	288.09	308.52
04/09-18/09	288.09	292.88
19/09-01/10	303.11	191.93
02/10-16/10	243.19	163.23
17/10-30/10	311.81	113.44
31/10-07/11	280.52	88.78
CORTE c	1754.80	1193.97
08/11-12/11	54.74	37.05
13/11-26/11	207.91	217.32
27/11-10/12	191.71	116.17
11/12-27/12	233.06	140.33
28/12-07/01	232.65	107.63
CORTE d	920.07	618.50
08/01-21/01	195.85	247.42
22/01-05/02	257.46	180.00
06/02-18/02	383.65	141.61
19/02-04/03	248.54	119.39
05/03-13/03	320.66	46.10
CORTE e	1406.16	734.52
TOTAL AÑO	8451.95	5244.34

4.8) BICARBONATOS

CUADRO 113: Miligramos de bicarbonatos en ARD y PARD2*

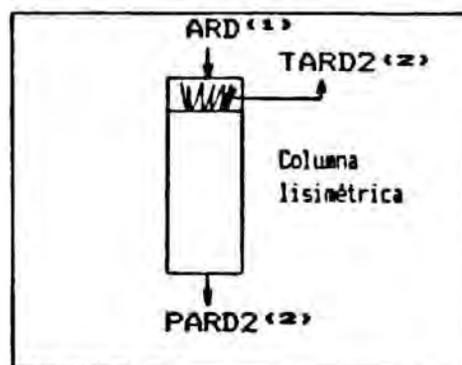
Período	ARD	PARD2
a	8912.83	1212.47
b	10560.17	4669.07
c	6831.77	2924.48
d	4738.03	1830.44
e	7410.35	2732.28
año	38453.15	13368.74

* No se han determinado valores en TARD2

CUADRO 114: Porcentaje de bicarbonatos en PARD2 respecto a ARD

Período	PARD2
a	13.6
b	44.2
c	42.8
d	38.6
e	36.9
año	34.8

ESQUEMA DE LOS BICARBONATOS EL *MICROCOSMOS* ARD2

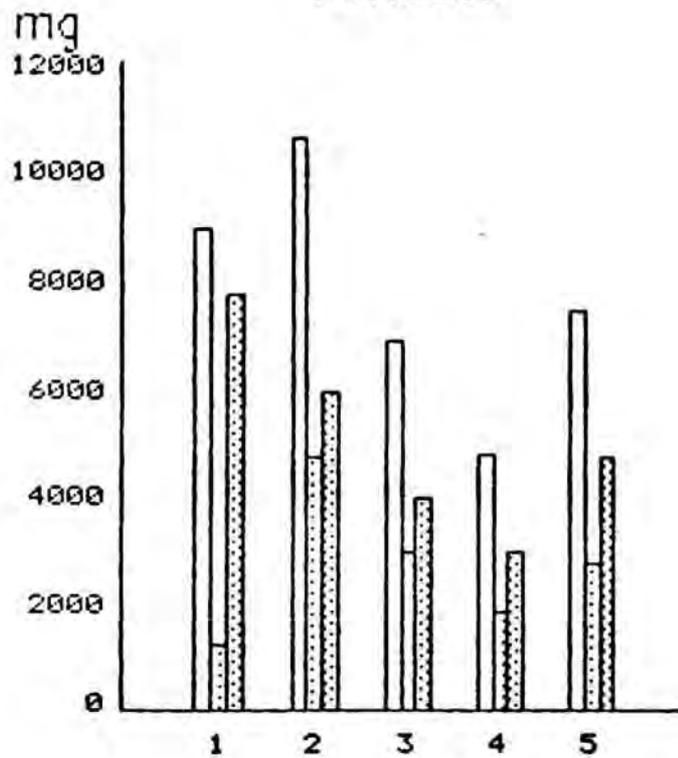


- (1) HCO_3^- añadidos
- (2) HCO_3^- eliminados

Podemos ver que percola casi un 35 % de los bicarbonatos añadidos con el ARD, frente al 85 % en el *microcosmos* AA2.

GRAFICA 91

BALANCE DE BICARBONATOS Periodos



Anual

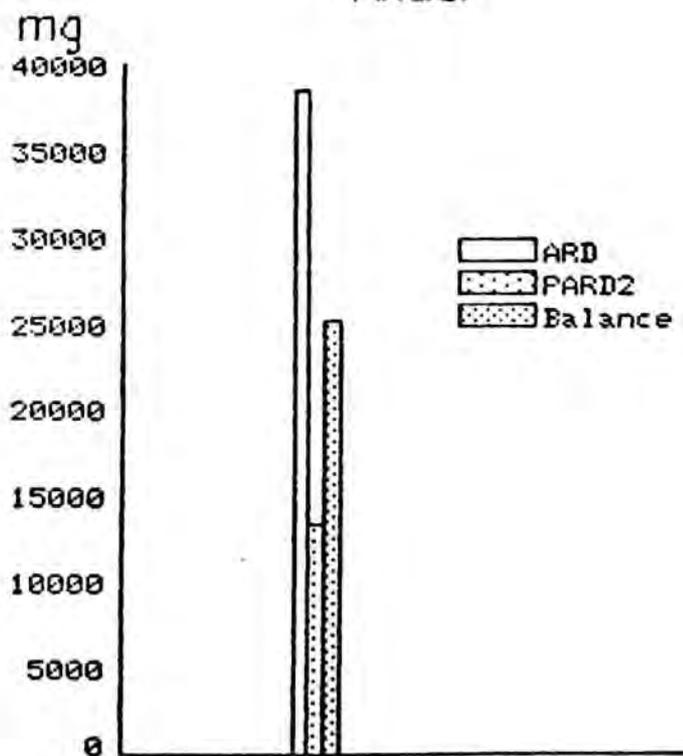


TABLA 72

CANTIDADES EN mg DE BICARBONATOS AÑADIDAS MEDIANTE
EL RIEGO CON ARD Y PERCOLADAS

Fechas	ARD	PARD2
1.984-1.985		
21/03-02/04	1178.15	263.33
03/04-16/04	825.70	245.07
17/04-01/05	1145.21	64.29
02/05-14/05	911.34	49.80
15/05-28/05	1919.85	222.69
29/05-11/06	2069.73	219.80
12/06-15/06	862.85	147.49
CORTE a	8912.83	1212.47
16/06-25/06	1754.45	84.91
26/06-09/07	3455.28	1039.01
10/07-23/07	2566.58	1518.12
24/07-06/08	2098.89	1479.96
07/08-15/08	684.97	547.07
CORTE b	10560.17	4669.07
16/08-20/08	144.20	86.09
21/08-03/09	1199.02	764.67
04/09-18/09	1123.25	635.67
19/09-01/10	966.94	406.13
02/10-16/10	1002.81	401.64
17/10-30/10	1207.57	344.58
31/10-07/11	1187.98	285.70
CORTE c	6831.77	2924.48
08/11-12/11	231.80	119.23
13/11-26/11	969.38	635.34
27/11-10/12	1049.20	318.52
11/12-27/12	1202.38	434.35
28/12-07/01	1285.27	323.00
CORTE d	4738.03	1830.44
08/01-21/01	1074.33	800.47
22/01-05/02	1290.61	747.12
06/02-18/02	1793.86	575.63
19/02-04/03	1515.61	449.65
05/03-13/03	1735.94	159.41
CORTE e	7410.35	2732.28
TOTAL AÑO	38453.15	13368.74

4.9) SULFATOS

CUADRO 115: Miligramos de sulfatos en ARD y PARD2*

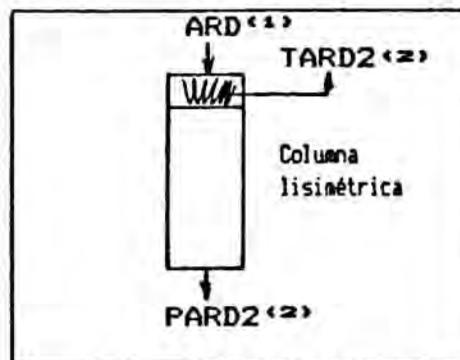
Periodo	ARD	PARD2
a	2678.25	623.50
b	2851.85	3505.27
c	2503.33	2063.94
d	962.34	1111.79
e	1034.50	971.34
año	10030.27	8275.84

* No se han determinado valores en TARD2

CUADRO 116: Porcentaje de sulfatos en PARD2 respecto a ARD

Periodo	PARD2
a	23.3
b	122.9
c	82.4
d	115.5
e	93.9
año	82.5

ESQUEMA DE LOS SULFATOS EL *MICROCOSMOS* ARD2

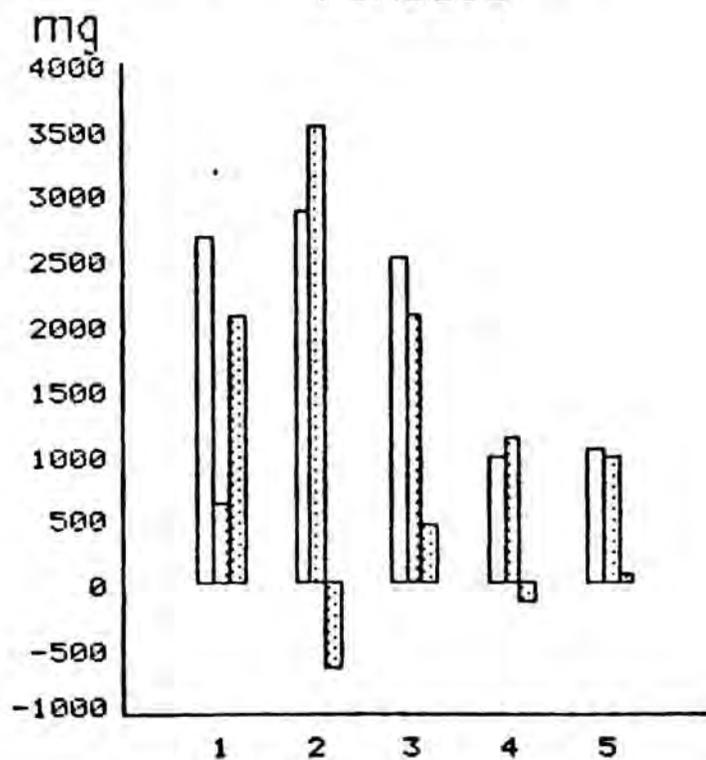


- (1) SO₄ añadidos
- (2) SO₄ eliminados

Se produce un lavado de sulfatos durante los periodos b y d.

GRAFICA 92

BALANCE DE SULFATOS Periodos



Anual

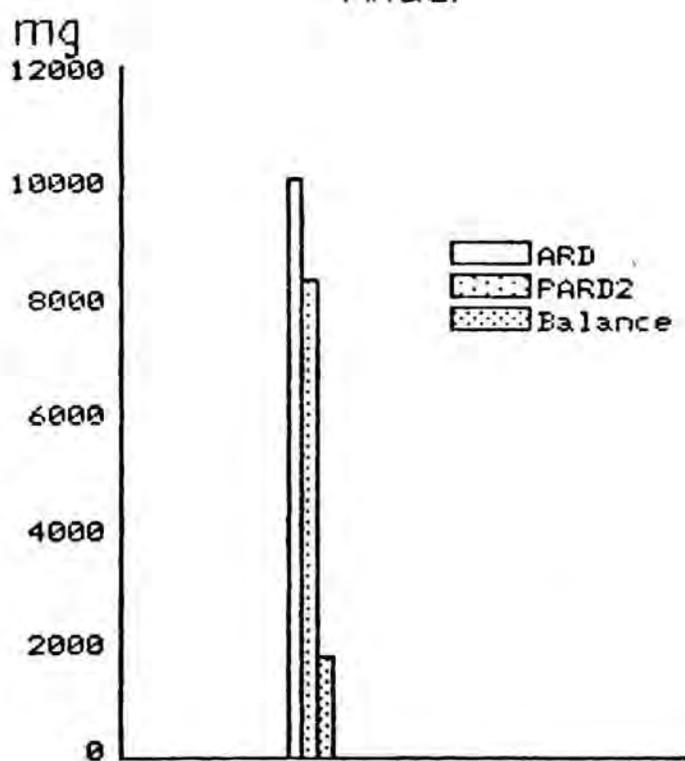


TABLA 73

CANTIDADES EN mg DE SULFATOS AÑADIDAS MEDIANTE EL
RIEGO CON ARD Y PERCOLADAS

Fechas	ARD	PARD2
1.984-1.985		
21/03-02/04	313.84	58.81
03/04-16/04	242.92	100.93
17/04-01/05	460.96	25.59
02/05-14/05	377.15	21.78
15/05-28/05	591.91	97.56
29/05-11/06	464.53	136.01
12/06-15/06	226.94	182.82
CORTE a	2678.25	623.50
16/06-25/06	461.43	105.25
26/06-09/07	894.47	854.28
10/07-23/07	555.48	1172.40
24/07-06/08	653.01	1044.06
07/08-15/08	287.46	329.28
CORTE b	2851.85	3505.27
16/08-20/08	60.52	51.81
21/08-03/09	499.29	557.32
04/09-18/09	501.87	485.43
19/09-01/10	381.27	279.96
02/10-16/10	371.84	291.93
17/10-30/10	357.71	216.07
31/10-07/11	330.83	18.70
CORTE c	2503.33	2063.94
08/11-12/11	64.55	75.71
13/11-26/11	215.04	407.98
27/11-10/12	197.51	200.50
11/12-27/12	280.15	245.32
28/12-07/01	205.09	182.28
CORTE d	962.34	1111.79
08/01-21/01	200.04	380.00
22/01-05/02	188.29	244.86
06/02-18/02	246.40	146.40
19/02-04/03	162.47	140.61
05/03-13/03	237.30	59.47
CORTE e	1034.50	971.34
TOTAL AÑO	10.030.27	8275.84

4.11) pH

En este caso, al igual que en los balances de pH de los anteriores *microcosmos*, efectuaremos una comparación entre las medias de pH por periodos del ARD y del PARD2, según se muestra a continuación.

CUADRO 11B: pH en ARD y PARD2 (medias por periodos) en unidades de pH

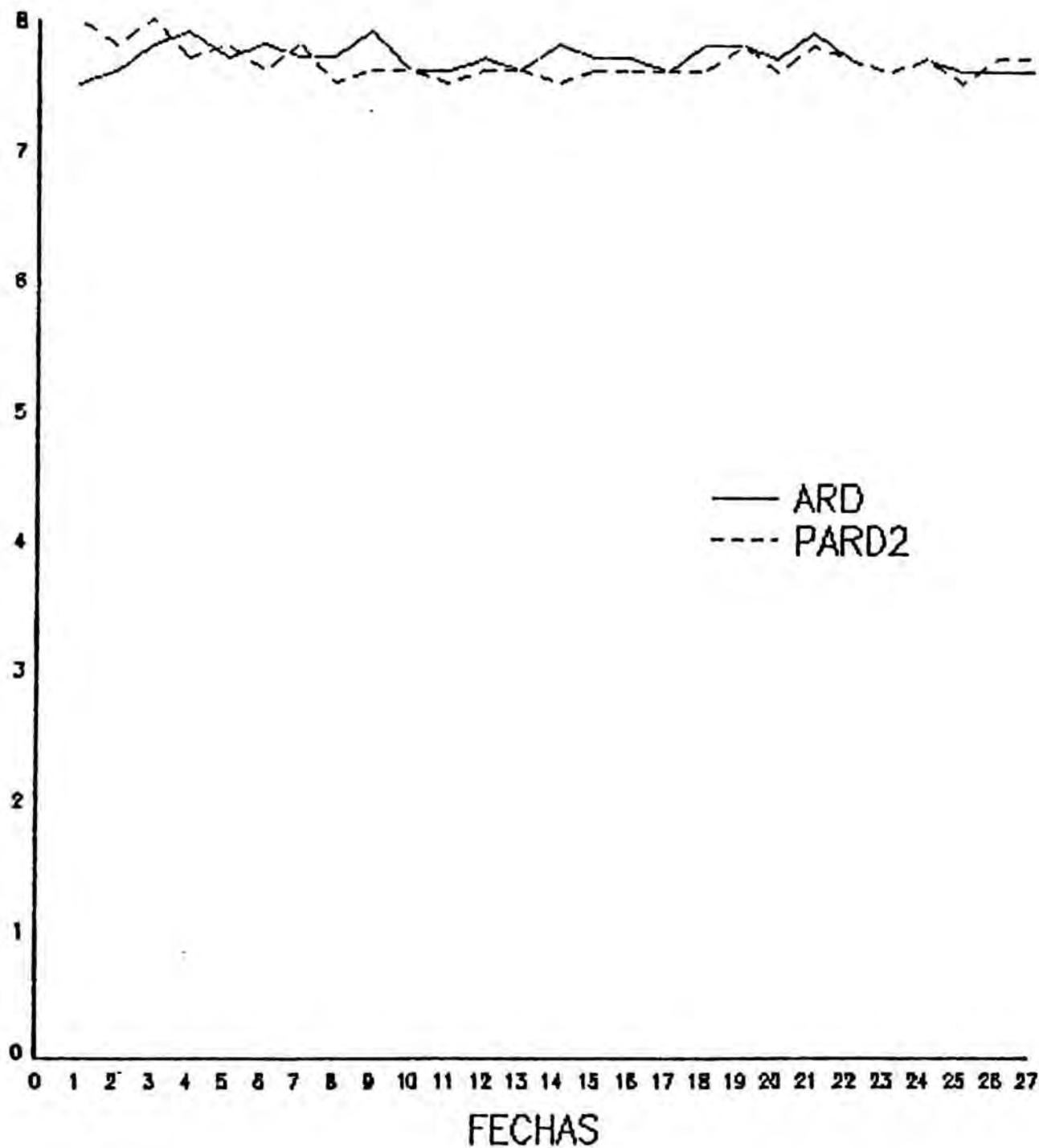
Periodos	ARD	PARD2
a	7,71	7,81
b	7,70	7,55
c	7,68	7,58
d	7,80	7,70
e	7,64	7,64
año	7,70	7,67

A la vista de los pH obtenidos en el ARD y en los percolados PARD2 (gráfica siguiente), resulta difícil diferenciar periodos de tiempo distintos dentro del ciclo anual, tal como si pudimos hacer en los demás *microcosmos*, ya que, salvo al principio de la experiencia, los pH del ARD y los de los percolados son similares, alternándose unos valores y otros.

GRAFICA 94

pH EN ARD Y PARD2

Unidades de pH



4.12) D.Q.O.

Las medias de D.Q.O. por periodos de ARD y PARD2 se resumen a continuación, tal como se hizo en casos anteriores.

CUADRO 119: D.Q.O. en ARD y PARD2 (medias por periodos) en mg/l de O₂

Periodos	ARD	PARD2
a	99,87	41,03
b	101,33	48,88
c	78,72	49,35
d	105,28	58,55
e	137,22	69,80
año	104,32	54,53

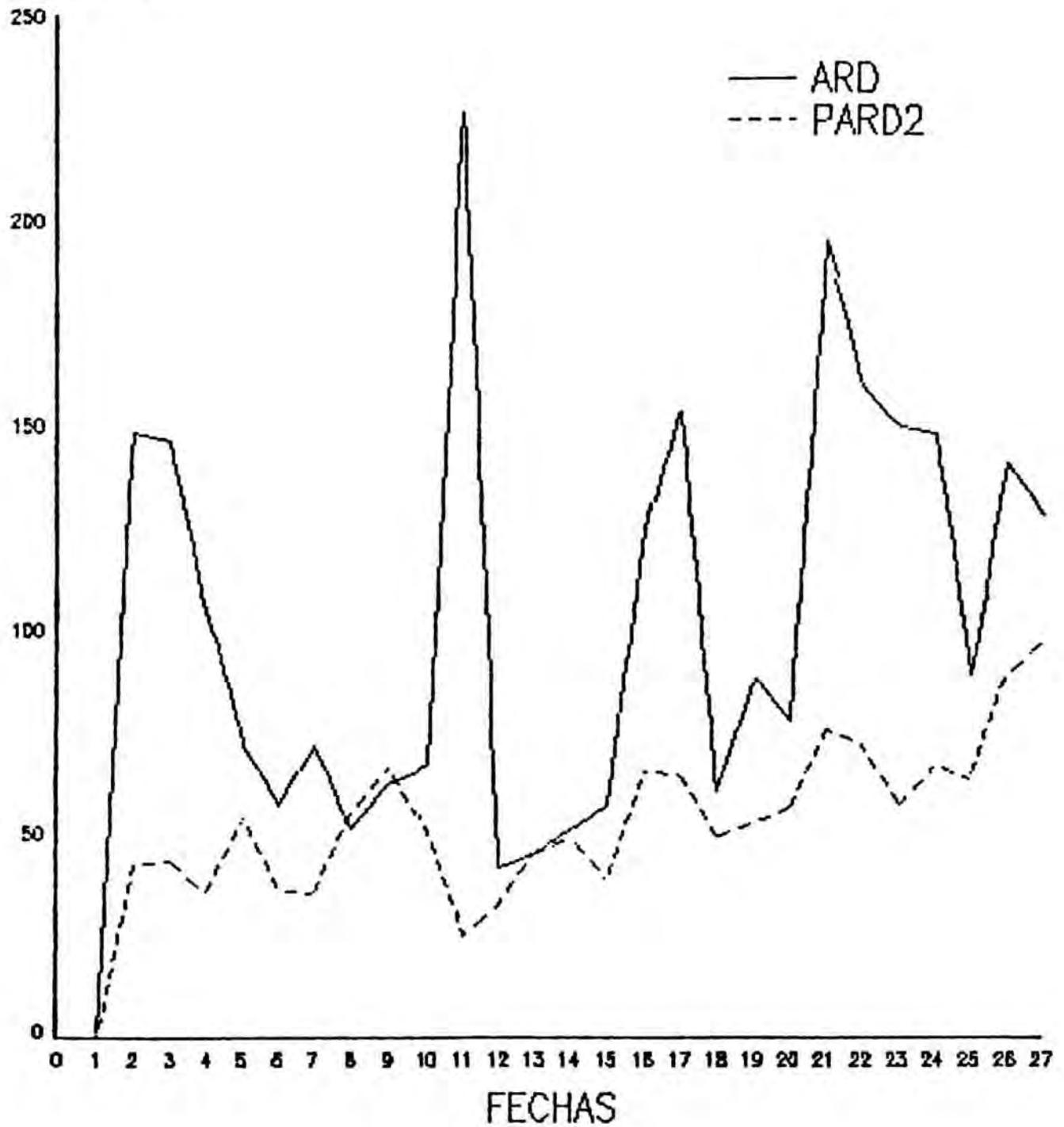
Vemos que las D.Q.O. del ARD superan a la de los percolados. Ello, con excepción de tres muestras, se confirma en la gráfica donde vienen representados los valores de D.Q.O. de las muestras analizadas.

Se produce, por tanto, una retención de materia orgánica por parte del suelo, siendo un importante factor fertilizante para éste.

GRAFICA 95

D.Q.O. EN ARD Y PARD2

Mg/l de O2



4.13) MICROELEMENTOS

Seguidamente indicaremos contenidos de los microelementos Cd, Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn en las matrices Agua de Riego ARD y Agua de Percolación PARD1 y en la matriz Planta TARD2.

Cuadro 120: Contenido en Cadmio de ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 121: Contenido en Cobalto de ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2
Trazas (02/05/85)	Trazas en (02/05/84) ¹ (06/02/85) ¹	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección 1: en una repetición

Cuadro 122: Contenido en Cromo de ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2
Trazas (26/03/85)	Trazas (26/03/85) ¹	<ld.

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 123: Contenido en Niquel de ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2
Trazas en 10/07/84 31/10/84 22/01/85 06/02/85 26/03/85	Trazas en (26/06/84) ⁴	Trazas en (15/06/84) ⁴ (15/08/84) ⁴ (07/01/85) ² (13/03/85) ²

2: en dos repetición 4: en cuatro repeticiones

Cuadro 124: Contenido en Plomo de ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2
<ld.	<ld.	<ld.

<ld.: Inferior al límite de detección

Para aquellos elementos que entran a formar parte de la constitución de la planta de forma significativa, se indican las cantidades halladas en cada corte del tejido vegetal por ser perfectamente ponderables.

Cuadro 125: Contenido en Cobre en ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2	
<ld.	<ld.	Corte	(mg)
		a	0.270
		b	0.151
		c	0.082
		d	0.053
		e	0.140

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 126: Contenido en Hierro en ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2	
Trazas en	Trazas en	Corte	(mg)
22/01/85	(11/12/84) ¹	a	2.368
06/02/85	(08/01/85) ¹	b	0.448
19/02/85	(22/01/85) ¹	c	0.898
	(06/02/85) ²	d	0.739
	(19/02/85) ²	e	1.047
	(05/03/85) ¹		

<ld.: inferior al límite de detección 1: en una repetición 2: en dos repeticiones

Cuadro 127: Contenido en Manganeso en ARD, PARD2 y TARD2

ARD	PARD2	TARD2	
<ld.	<ld.	Corte	(mg)
		a	1.983
		b	1.686
		c	0.673
		d	0.570
		e	0.786

<ld.: inferior al límite de detección

Cuadro 128: Contenido en Zinc en ARD, PARD1 y TARD1

ARD	PARD1	TARD1	
(mg/l)	(mg/l)	Corte	(mg)
<ld. - 0.21	Trazas - 0.09 (21/03/84) ²	a	0.501
		b	0.325
		c	0.204
		d	0.201
		e	0.209

<ld.: inferior al límite de detección

2: en dos repeticiones