

# Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VIII. Macronutrientes, provincia de Valdivia<sup>1</sup>

Gotardo Schenkel S.<sup>2</sup>, Pedro Baherle V.<sup>3</sup>, Tatiana Floody A.<sup>4</sup>  
y Mauricio Gajardo M.<sup>5</sup>

## INTRODUCCION

La exploración sistemática de deficiencias nutritivas realizada en Carillanca se continúa con la exposición de los resultados obtenidos

con las muestras de suelo de la provincia de Valdivia. Estos se encuentran expuestos a lluvias más intensas y abundantes que los correspondientes suelos de las provincias de Malleco y Cautín (Almeyda y Sáez, 1958).

<sup>1</sup>Las oficinas de Osorno y Valdivia del Programa Ganadero Sur, CORFO, concedieron valiosa ayuda material en la etapa de toma de muestras de este trabajo.

Generosa entrega de sus conocimientos sobre la zona explorada se recibió de los profesionales que colaboraron en la recolección de muestras. En especial se desea mencionar a los Ingenieros Agrónomos Sres. Francisco Aguirre (CORFO), Mauricio Clarke (SAG), Fernando Maira (CORFO) y Horacio Mujica (CORFO), todos los cuales participaron con gran sacrificio y entusiasmo.

Recepción manuscrito: 4 de febrero de 1972.

<sup>2</sup>Ing. Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

<sup>3</sup>Ing. Agr., Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

<sup>4</sup>Laboratorista Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

<sup>5</sup>Ayudante de Laboratorio e Invernadero, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

La pluviometría se ha asociado en Chile con un aumento del contenido de materia orgánica (Hurtado, 1963) (Urbina, 1964, 1965) y una disminución del grado de saturación de cationes en el complejo coloidal (Petersen, 1962) (Zambrano, 1964). Por esta razón y por la utilidad práctica que representa, es de gran interés conocer el diagrama de fertilidad de un número apreciable de suelos de la provincia de Valdivia.

Esta información se obtiene con 56 muestras superficiales y 18 subsuperficiales, y sólo pretende dar una orientación de los problemas de fertilidad dominantes en la provincia.

También se estudia la variación de la fertilidad en función de la profundidad, lo que se realiza en tres perfiles.

Entre las muestras recolectadas se cuentan algunas pertenecientes a suelo ñadi, que no se había considerado en trabajos anteriores. Su característica hidromorfa (Schaefer, Urbina y San Martín, 1969) (Valdés, 1969) permite sospechar que la configuración de sus deficiencias será diferente de la de los demás suelos y, probablemente, de naturaleza más compleja.

## MATERIALES Y METODOS

La distribución de los lugares de procedencia de las muestras de suelo recolectadas en la provincia de Valdivia se indica en la Figura 1. El Cuadro 1 señala la identificación de las muestras y las profundidades de las cuales fueron extraídas.

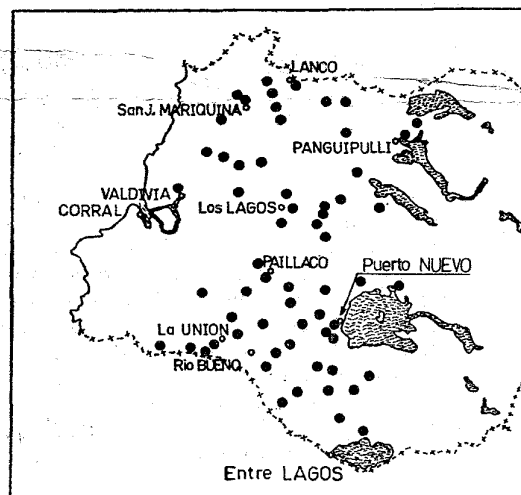


Figura 1 — Distribución muestras de suelo. Provincia de Valdivia.

Cuadro 1 — Identificación de las muestras de suelo. Provincia de Valdivia.

MUESTRA NUMERO	LABORA- TORIO	ENSAYO	PROFUN- DIDAD	COLOR MUNSELL	LUGAR	OBSERVACION
2030	TR		0-20	10YR3/2	Rucatayo	CORA, asentamiento El Arrayán
2031	BAV		0-20	10YR4/3	Vivanco	1 Km. al S.
2040	AA		0-20	10YR4/4	Los Lagos	3 Km. al N., Carlos Anwandter
2280	73		0-20	10YR4/3	Río Bueno	Lumaco, Walter Meyer
2281	74		20-45	10YR4/4	Río Bueno	Lumaco, Walter Meyer
2282	75		45-75	10YR4/4	Río Bueno	Lumaco, Walter Meyer
2295	88		0-20	10YR3/3	Pelchuquín	4 Km. al O.
2296	89		0-20	10YR4/3	Cayumapu	2 Km. hacia Máfíl
2297	90		0-20	10YR5/3	Antilhue	4 Km. hacia Valdivia
2298	91		0-20	10YR4/4	Valdivia	Vista Alegre, Universidad Austral
2299	92		20-60	7,5YR5/6	Valdivia	Vista Alegre, Universidad Austral
2300	93		60-90	10YR5/4	Valdivia	Vista Alegre, Universidad Austral
2301	94		0-20	10YR4/2	Folilco	Alejandro Bizarri
2302	95		20-50	7,5YR4/4	Folilco	Alejandro Bizarri
2303	96		0-20	10YR4/3	Folilco	Lomas, Alejandro Bizarri
2304	97		0-25	10YR4/2	Las Huellas	Santa Ana
2305	98		25-60	10YR4/4	Las Huellas	Santa Ana
2306	99		60-100	10YR4/4	Las Huellas	Santa Ana
2307	100		0-20	5Y5/1	Los Lagos	San Pedro, Santiago Gaete
2308	101		20-50	10YR5/3	Los Lagos	San Pedro, Santiago Gaete
2309	102		0-20	10YR4/3	Malihue	Conrado Brandt
2310	103		0-20	10YR4/3	Malihue	Lomas, Roberto Castro
2311	104		0-20	10YR3/2	Panguipulli	Liucura, René Pérez

Cuadro I — (Continuación) Identificación de las muestras de suelo. Provincia de Valdivia.

MUESTRA NÚMERO					
LÁBORA- TORIO	ENSAYO	PROFUN- DIDAD	COLOR MUNSELL	LUGAR	OBSERVACION
2312	105	0-20	10YR4/3	Calafquén	Rolando Kunstman (hacia Coñaripe)
2313	106	20-60	10YR4/4	Calafquén	Rolando Kunstman (hacia Coñaripe)
2314	107	0-20	10YR4/3	Malalhue	2 Km. al O.
2315	108	0-20	10YR4/2	Lanco	3 Km. al E.
2316	109	20-50	10YR4/4	Lanco	3 Km. al E.
2317	110	0-20	7,5YR4/4	Máfil	Jorge Fontanás
2318	111	0-25	10YR4/3	Pichirropulli	Juan Hoppe
2319	112	25-50	10YR3/2	Pichirropulli	Juan Hoppe
2320	113	0-25	10YR4/3	Rapaco	Carlos Iribarne
2321	114	0-15	10YR5/4	La Unión	3 Km. al S., Enrique Carrasco
2322	115	0-20	10YR5/2	La Unión	Cocule, Vega, Enrique Carrasco
2323	116	0-20	10YR4/3	La Unión	6 Km. al NE., San Javier, Julio Hevia
2324	117	20-50	10YR4/4	La Unión	6 Km. al NE., San Javier, Julio Hevia
2325	118	0-20	10YR5/3	Paillaco	próximo Retén de Carabineros, Carlos Rademacher
2326	119	0-20	10YR4/3	Itropulli	Cotrilla, Guillermo Rademacher
2327	120	0-20	10YR4/3	Los Chilcos	Cotrilla, E. Larre
2328	121	0-25	7,5YR4/2	Loncotrilla	17 Km. al O. del lago Ranco, René Camino
2329	122	25-60	10YR4/2	Loncotrilla	17 Km. al O. del lago Ranco, René Camino
2330	123	0-25	10YR4/2	Los Lagos	6 Km. al S., Sagilue, S. Ramírez
2331	124	0-20	10YR4/3	Máfil	Chile Chico, Elena Herrera
2332	125	0-20	7,5YR4/3	Máfil	Iñaque, José Rosso
2333	126	20-50	7,5YR5/6	Máfil	Iñaque, José Rosso
2334	127	0-20	10YR3/3	Loncopán	próximo al Retén de Carabineros
2335	128	20-50	7,5YR4/4	Loncopán	próximo al Retén de Carabineros
2336	129	0-20	10YR4/3	Paillaco	El Lolle
2337	130	0-20	10YR4/3	Futrón	La Estrella, Reinaldo Schoebitz
2338	131	0-20	10YR4/3	Puerto Nuevo	Los Chilcos, R. Eluchans
2339	132	0-20	10YR4/3	Río Bueno	23 Km. al E., La Aguada, Duhalde
2340	133	0-20	10YR3/3	Río Bueno	Chischahue, Jorge Schencke
2341	134	0-25	10YR4/3	Melefquén	Correltue, F. Susaeta
2342	135	25-60	10YR4/3	Melefquén	Correltue, F. Susaeta
2343	136	0-20	10YR4/3	Puerto Nuevo	1 Km. al O.
2344	137	0-20	10YR3/3	Ignao	Germán Larraín
2345	138	0-25	10YR4/3	Malalhue	Tallus, Hans Sinning
2346	139	0-20	10YR4/3	Puerto Nuevo	4 Km. desde la balsa hacia Ranco, Quillín, Teófilo Grob.
2347	140	0-20	10YR4/3	Paillaco	4 Km. al S., Los Ulmos, Oscar Stange
2348	141	0-20	10YR4/3	Río Bueno	próximo Retén de Traiguén, Santa María, Sr. Glaver
2352	145	0-20	10YR4/3	Trafún	Curralhue, J. Martí
2355	148	0-25	10YR3/3	Río Bueno	35 Km. hacia Champulli, Colico, Reinaldo Yung
2381	174	0-25	10YR3/2	Champulli	Rucañancu, Vlade Covacevič
2382	175	0-20	10YR4/2	Champulli	Quimahue, fundo Los Arces, E. Grob
2383	176	0-20	10YR3/2	Champulli	Futahiente, Werner Grob
2391	184	0-20	10YR4/2	Puyehue	Mantilhue, al N. del lago
2398	191	0-20	10YR4/4	San J. Mariquina	1,5 Km. al NO.
2399	192	0-20	10YR4/4	San J. Mariquina	5 Km. al NO., Arturo Arrau
2400	193	0-20	7,5YR4/4	Ciruelos	12 Km. al O.
2401	194	0-20	7,5YR4/4	Ciruelos	8 Km. al O.
2402	195	0-20	10YR4/4	Ciruelos	4 Km. al E.
2403	196	0-20	10YR4/4	Ciruelos	11 Km. al E.
2404	197	0-20	7,5YR3/2	La Unión	5 Km. al S., Olga Boetcher
2405	198	0-20	7,5YR4/4	La Unión	21 Km. al SO., Juan Fischer
2406	199	0-20	7,5YR4/4	La Unión	20 Km. al N., Catamutún

La siembra de los suelos con ballica de rotación corta (*Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*) se hace por la técnica del ensayo de macetas descrita por Schenkel y Baherle (1971). Las fechas de siembra y las cantidades de suelo empleadas en cada muestra se indican en Cuadro 2.

En este trabajo se denominan muestras superficiales a las que proceden de la primera profundidad. Generalmente corresponden a la estrata 0-20 cm. Con ello se desea distinguir-

las de las muestras subsuperficiales que se encuentran a mayor profundidad en el perfil respectivo elegido para la toma de muestra.

La interpretación de los resultados se basa en el diagrama de fertilidad y su representación gráfica descrita por Schenkel (1971). El cálculo de las ecuaciones que representan a las líneas de fertilidad se hace por el método gráfico expuesto en la Parte III (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

Cuadro 2 — Antecedentes de siembra y de algunas propiedades de las muestras de suelo. Provincia de Valdivia.

SUELO NUMERO	ANTECEDENTES DE SIEMBRA			PROPIEDADES DE LAS MUESTRAS	
	SUELO G/MACETA*	HUMEDAD %**	FECHA	pH (Kcl) (1:2,5)	MATERIA ORGANICA %
2030	1180	83,6	31-I-68	4,5	14,1
2031	1170	52,4	1º-II-68	4,9	12,2
2040	1240	31,0	9-II-68	4,9	12,7
2280	1250	108,5	20-X-68	4,3	9,0
2281	1150	115,8	20-XI-68	5,3	5,1
2282	1250	139,1	20-XI-68	5,5	4,0
2295	1150	62,1	4-III-69	4,3	11,2
2296	1150	58,5	4-III-69	4,4	11,1
2297	1400	38,0	4-III-69	4,1	4,7
2298	1150	57,6	4-III-69	4,6	8,1
2299	1150	63,4	4-III-69	5,2	3,0
2300	1150	48,3	4-III-69	5,3	2,1
2301	1250	84,7	17-III-69	4,6	12,5
2302	1200	77,4	17-III-69	5,2	6,5
2303	1200	72,5	17-III-69	5,0	7,0
2304	1200	71,2	17-III-69	4,6	8,3
2305	1200	63,5	17-III-69	5,2	4,4
2306	1200	63,6	17-III-69	5,3	4,1
2307	1700	11,3	18-III-69	4,3	0,7
2308	1400	48,4	18-III-69	4,2	6,5
2309	1200	87,9	18-III-69	4,9	9,3
2310	1200	79,7	18-III-69	4,8	9,7
2311	1250	67,6	18-III-69	4,2	10,2
2312	1200	70,3	18-III-69	4,9	7,8
2313	1150	65,2	18-III-69	5,1	5,6
2314	1250	62,6	18-III-69	4,8	9,3
2315	1250	85,8	18-III-69	4,5	9,3
2316	1200	67,4	18-III-69	4,9	4,0
2317	1250	68,1	18-III-69	4,7	8,1
2318	1250	76,0	18-III-69	4,6	10,4
2319	1250	79,2	1º-IV-69	4,2	12,5
2320	1350	64,1	1º-IV-69	4,6	8,7
2321	1650	36,3	1º-IV-69	4,4	4,6
2322	1650	25,8	1º-IV-69	4,5	3,8
2323	1250	68,3	1º-IV-69	4,3	9,8
2324	1200	75,8	1º-IV-69	4,7	3,8
2325	1250	43,9	1º-IV-69	4,4	5,3
2326	1300	73,8	1º-IV-69	4,6	11,2
2327	1250	66,4	1º-IV-69	4,5	9,3
2328	1250	70,5	1º-IV-69	4,6	11,1
2329	1200	77,2	1º-IV-69	4,8	11,7

Cuadro 2 — (Continuación).

SUELO NUMERO	ANTECEDENTES DE SIEMBRA			PROPIEDADES DE LAS MUESTRAS	
	SUELO G/MACETA*	HUMEDAD %**	FECHA	pH (KCl) (1:2,5)	MATERIA ORGANICA %
2330	1250	60,6	19-iv-69	4,4	16,8
2331	1250	66,7	19-iv-69	4,4	11,8
2332	1300	68,4	19-iv-69	4,5	14,1
2333	1250	59,7	19-iv-69	5,0	9,3
2334	1250	78,4	19-iv-69	4,3	13,7
2335	1250	63,5	19-iv-69	5,1	6,7
2336	1250	72,9	19-iv-69	4,6	15,4
2337	1300	63,4	19-iv-69	4,7	10,0
2338	1250	73,6	19-iv-69	4,5	12,0
2339	1250	55,6	11-iv-69	4,5	11,0
2340	1200	74,7	11-iv-69	4,6	12,8
2341	1200	62,9	11-iv-69	4,5	14,7
2342	1200	60,8	11-iv-69	5,2	8,5
2343	1300	57,9	11-iv-69	4,9	7,4
2344	1250	61,8	11-iv-69	4,4	13,0
2345	1250	65,8	11-iv-69	4,7	15,7
2346	1300	59,4	11-iv-69	4,7	10,0
2347	1400	77,1	11-iv-69	5,0	6,8
2348	1250	73,7	11-iv-69	4,5	11,8
2352	1250	75,6	12-iv-69	4,5	11,7
2355	1250	73,2	12-iv-69	4,2	12,5
2381	1250	80,3	9-v-69	4,1	13,9
2382	1350	82,8	13-v-69	5,0	6,1
2383	1300	93,7	13-v-69	4,9	7,5
2391	1450	60,4	4-vii-69	4,8	9,8
2398	1350	71,8	12-viii-69	4,7	11,4
2399	1350	72,6	12-viii-69	4,6	9,4
2400	1600	30,7	12-viii-69	4,0	6,1
2401	1350	67,3	12-viii-69	4,7	8,1
2402	1350	74,5	12-viii-69	4,5	10,7
2403	1350	71,8	12-viii-69	4,5	7,0
2404	1600	28,2	12-viii-69	4,0	2,8
2405	1600	26,8	12-viii-69	4,0	2,7
2406	1350	40,3	12-viii-69	4,1	5,6

\*Incluye el peso de la maceta vacía (promedio: 140 gr.).

\*\*La humedad se expresa en base seca.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de los coeficientes de posición (A) y angular (m) que caracterizan a la ecuación de las líneas de fertilidad, calculadas para todas las muestras de Valdivia, se proporcionan en el Cuadro 3. Sobresalen los bajos valores obtenidos para los coeficientes de posición A correspondientes a las líneas de fertilidad del fósforo y del potasio. Esta característica se refleja en el promedio general del Cuadro 3, donde se determina 47,0 y 56,9 respectivamente. También se infiere del diagrama de fertilidad (Figura 2) que las principales deficiencias son fósforo y potasio. La mayor pendiente negativa calculada para la línea del

potasio origina un desplazamiento de la urgencia relativa que tiene la corrección de una deficiencia en relación a la otra. Se observa que a bajas producciones de la abonadura completa (inferiores a 18 g/maceta en Figura 2) tiene siempre mayor urgencia subsanar la deficiencia de fósforo. Así lo indican los menores índices de rendimiento encontrados para el fósforo que los correspondientes al potasio, con una misma producción de la abonadura completa. Lo inverso ocurre cuando se sobrepasa la producción mencionada, o sea, con un uso muy intensivo del suelo, y siempre que se considere el total de 72 muestras.

Los valores promedio del coeficiente de posición de las ecuaciones que definen a las líneas de fertilidad del fósforo y del potasio de las provincias de Valdivia, Cautín (Schenkel *et al*, 1971a) y Malleco (Schenkel *et al*, 1971b), reflejan una apreciable intensificación de la deficiencia de potasio que va de norte a sur, a medida que aumenta la pluviosidad (Almeyda y Sáez, 1958). Parece oportuno asociar esta menor reserva de potasio en los suelos con una mayor lixiviación de este elemento, hecho que fuera planteado por Hurtado (1963).

También puede inferirse del promedio general indicado en el Cuadro 3 o de la Figura 2, que los elementos azufre, magnesio y uno o más micronutrientes (B, Mo, Zn, Cu o Mn) constituyen serias limitantes nutricionales para alcanzar la fertilidad óptima. Especialmente llaman la atención el magnesio y los micronutrientes, por cuanto no se observó un comportamiento semejante con los suelos de Malleco y Cautín (Schenkel *et al*, 1971a, 1971b). Por el contrario, en las tres provincias se obtuvo la misma limitante grave causada por la falta de azufre.

Un primer análisis de la influencia que tiene la profundidad de las muestras sobre las

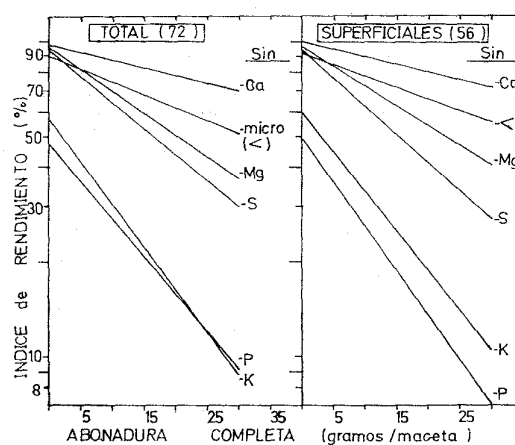


Figura 2 — Diagrama de fertilidad. Promedio de muestras de la provincia de Valdivia.

líneas de fertilidad del fósforo y del potasio, se puede hacer a partir de la Figura 2. Esencialmente se observa un aumento del valor A para la línea de fertilidad del potasio en las muestras superficiales, señalando de este modo que las mayores reservas de este nutriente se encuentran en la superficie. Semejante conclusión se obtuvo con las muestras de Cautín (Schenkel *et al*, 1971a).

Cuadro 3 — Valores de la ecuación  $\log Y = \log A + mX$  correspondiente a las diferentes líneas de fertilidad. Provincia de Valdivia.

SUELO Nº	FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE		MICRONUTRIENTES	
	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*
2030	35	-1727	35	-1335	94	+ 128	109	- 340	115	-1358	97	0
2031	42	-2187	101	-1361	104	- 106	106	- 384	105	- 465	112	- 379
2040	47	-1427	60,5	-1935	90	+ 323	110	- 595	105	- 585	115	- 612
2280	44	-1370	76	-1091	107	- 54	85,5	0	118	-1461	95	- 202
2281	34	- 795	40	- 253	83	0	69	0	75	+ 19	85	- 314
2282	38	-1731	60	-1325	71	+ 343	105	- 585	88	- 100	92	- 276
2295	57	-2348	55	-2391	100	- 461	89	- 613	97	- 835	97	- 559
2296	60	-3084	48	-3244	100	-1039	93	-1037	102	-1087	98	- 913
2297	42	-2353	63	-2422	85	+ 221	96	- 596	106	-1772	114	- 948
2298	65	-2427	61	-3570	110	- 591	111	-1040	117	-1311	116	-1289
2299	52	-2604	43	-4525	102	-1032	105	-1755	96	-1052	91	-1093
2300	57	-2806	49	-4930	95	0	125	-1576	112	-1182	91	-1093
2301	53	-2683	37,5	-2251	110	- 414	110	-1764	106	-1123	114	-1138
2302	46	-2128	26	-2813	93	- 467	107	-3338	116	-1612	72	-1595
2303	46	-1699	37	-2525	100	- 294	97	-1074	93	-1086	85	- 530
2304	43	-2184	51,5	-2224	98	- 229	86	- 782	98	- 991	85	- 324
2305	29	-2802	62	-2941	98	- 645	113	-2468	100	-2312	89	-1612
2306	29	-2983	56	-2484	92	- 698	85	- 945	85	-1080	74	- 946
2307	23,5	+ 642	63	-1233	100	- 176	94	- 336	72	-1740	87	- 588
2308	31	-2233	36	-2419	75	+1388	80	- 65	68	-1195	84	- 860
2309	29	-1927	39	-1970	98	- 551	93	-1360	88	- 663	87	- 944
2310	23	-1573	34	-2531	87	+ 378	88	- 817	64	-1201	82	- 277

\*El coeficiente angular m debe multiplicarse por  $10^{-5}$ .

Cuadro 3 — (Continuación) Valores de la ecuación  $\log Y = \log A + mX$  correspondiente a las diferentes líneas de fertilidad. Provincia de Valdivia.

SUELO	FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE		MICRONUTRIENTES	
	Nº	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A
2311	28,5	— 839	53	— 592	90	— 165	80	— 1168	73	— 946	68	— 223
2312	31,5	— 3114	41	— 2148	84	+ 187	87	— 949	69	— 130	82	— 531
2313	36	— 3477	33	— 2469	92	— 246	97	— 1043	84	— 731	79	— 471
2314	28	— 3440	42	— 3040	91	— 681	97	— 2020	100	— 2653	87	— 1241
2315	29	— 3557	64	— 2082	96	— 536	96	— 1491	85	— 1536	86	— 823
2316	25,5	— 2198	52	— 2983	100	— 1073	105	— 1945	90	— 1337	90	— 1595
2317	43	— 3017	86	— 1621	80	0	96	— 832	96	— 881	80	— 305
2318	35	— 3023	36	— 1344	97	— 441	105	— 1895	100	— 1984	92	— 943
2319	37,5	— 4100	41	— 4714	100	— 892	105	— 2148	102	— 1788	74,5	— 1368
2320	50	— 3039	98	— 3627	97	— 523	110	— 1833	93	— 2031	97	— 657
2321	56	— 475	95	— 531	106	— 858	110	— 1033	81	— 1656	118	— 1295
2322	88	— 3277	55	— 1853	96	— 187	100	— 1180	85	— 1440	87	— 535
2323	30	— 3099	66	— 2011	79	0	84	— 1534	81	— 1164	75	— 674
2324	30,5	— 3725	81	— 3922	100	— 1442	80	— 2316	91	— 814	89	— 718
2325	41,5	— 4120	50	— 4112	150	— 1606	92	— 1006	89	— 803	84	— 655
2326	26	— 3772	75	— 1895	113	— 1223	96	— 1613	105	— 3377	93	— 800
2327	39	— 600	42	— 3463	115	— 830	104	— 1674	97	— 2565	79	— 62
2328	44	— 3424	57	— 3865	100	+ 151	101	— 1257	96	— 2300	91	— 734
2329	43	— 4525	41	— 3404	111	— 202	85	— 2488	80	— 1041	64	— 1265
2330	70	— 3717	90	— 6362	93	— 1197	106	— 3527	120	— 2776	88	— 1021
2331	32	— 3886	53	— 2040	88	— 1012	110	— 2746	96	— 1936	96	— 1094
2332	52	— 4339	56	— 4401	160	— 2268	93	— 1577	135	— 2037	50	— 5086
2333	51	— 4162	45	— 5938	95	— 284	104	— 2599	97	— 1620	84	— 440
2334	51	— 3931	53	— 2970	116	— 1219	116	— 2890	50	— 3883	85	0
2335	59	— 4283	48	— 5240	65	— 2399	102	— 2259	89	— 930	68	— 2173
2336	28,5	— 2843	40,5	— 2531	103	— 257	97	— 1599	98	— 705	81	— 998
2337	45	— 1839	94	— 975	112	— 380	94	— 350	90	— 1881	112	— 259
2338	48	— 3682	53	— 3915	105	— 235	104	— 1220	120	— 2651	123	— 977
2339	36	— 2225	56	— 851	98	— 852	80	— 1115	109	— 2964	78	— 543
2340	41	— 3064	68	— 2507	92	— 181	71	0	92	— 3208	80	— 322
2341	39	— 2815	31,5	— 822	89	0	115	— 2136	78	— 1375	86	— 823
2342	57	— 4446	40	— 3345	112	— 1390	88	— 2484	94	— 1882	96	— 1371
2343	55	— 3612	57	— 2907	109	— 332	78	— 377	88	— 2337	83	+ 136
2344	58	— 4771	46	— 3682	82	+ 392	98	— 1752	80	— 2822	81	+ 339
2345	59	— 4057	52,5	— 3429	102	— 621	114	— 3032	88	— 982	86	— 553
2346	40	— 3345	65	— 3011	110	— 1556	62	— 1552	105	— 3768	90	— 1367
2347	47	— 2860	55	— 2903	110	— 1203	75	+ 85	80	— 2737	95	— 1324
2348	45	— 2613	50	— 3679	89	+ 253	88	— 1427	97	— 2702	82	— 245
2352	47	— 3734	74,5	— 3354	103	— 2092	114	— 4724	103	— 5476	102	— 2033
2355	43	— 4030	38	— 3624	94	— 975	100	— 5150	96	— 2578	100	— 1990
2381				Ensayo perdido								
2382				Ensayo perdido								
2383	43	— 2754	11,5	0	113	— 1804	84	— 1673	61	— 1384	75	0
2391				Ensayo perdido								
2398	75	— 4070	66	— 4821	92	— 1078	97	— 580	93	— 793	81	— 566
2399	72	— 2717	76	— 2888	106	+ 101	104	— 388	90	0	100	— 243
2400	67	— 3372	71	— 3405	84	+ 244	77	+ 109	66	— 3563	102	— 1097
2401	63	— 2961	68	— 2250	97	+ 195	86	— 329	100	— 469	93	— 311
2402	73,5	— 2707	67	— 3755	97	+ 66	113	— 1062	99	— 925	97	— 774
2403	75	— 3500	95	— 2754	92	— 1535	105	— 810	100	— 1926	93	— 656
2404	75	— 1839	86	— 3338	78	+ 308	78	— 162	91	— 2004	100	— 484
2405	98	— 3540	76	— 250	94	+ 39	102	— 203	110	— 3254	84	0
2406	68	— 2871	70	— 1863	72	+ 492	80	— 167	78	— 368	111	— 940
Promedio	47	— 2856,8	56,9	— 2711,9	97,8	— 490,6	96,1	— 1369,3	93,3	— 1657	89,7	— 813,9

\*El coeficiente angular m debe multiplicarse por  $10^{-5}$ .

Para confirmar el resultado anterior, que es de gran interés, se eligieron 13 perfiles de suelo con igual número de muestras superficiales y subsuperficiales de la segunda profundidad. Los resultados se observan en la Figura 3 y ratifican que las mayores reservas de potasio se encuentran en las muestras superficiales. En cambio, se ve poca variación con el fósforo, aunque dichas reservas son mayores en las muestras superficiales.

Una sorpresa la constituye la limitación impuesta por la carencia de uno o más micronutrientes. Ya el valor 89,7 calculado para esta línea de fertilidad permite colegir que la ausencia de el o de los micronutrientes deficientes (B, Mo, Zn, Cu o Mn) impide elevar la fertilidad del suelo a un valor próximo al de la fertilidad potencial. Por otra parte, esta limitante nutricional está actuando desde el momento mismo del establecimiento de la balluca, especie indicadora usada. Si la falta de micronutrientes no se destaca más es porque el valor absoluto del coeficiente angular de su línea de fertilidad es menor que el de las respectivas pendientes determinadas para las líneas de fertilidad del azufre y del magnesio. Esto hace que se produzca una intensificación acelerada de las deficiencias de azufre y de magnesio a medida que aumenta la producción de la abonadura completa considerada. En efecto, hasta 2 g/maceta la deficiencia de micronutrientes es la más severa en la Figura 2, cuando se omite el fósforo y potasio. A partir de los 2 g/maceta se impone la deficiencia de azufre como la más drástica, manteniéndose en el segundo lugar la de micronutrientes, pero sólo hasta una producción de 5 gramos de la fertilización completa, donde es desplazado por la carencia de magnesio.

Las mayores reservas de magnesio y micronutrientes se encuentran en las muestras superficiales, como se desprende de la Figura 2. Lo opuesto ocurre con el azufre, confirmándose de este modo el resultado obtenido con los suelos de Cautín (Schenkel *et al*, 1971a). También la Figura 3 muestra que la deficiencia de azufre se presenta antes que la de magnesio y de micronutrientes en la muestra superficial, a diferencia de lo que ocurre con las respectivas muestras subsuperficiales de la segunda profundidad, donde el orden decreciente de deficiencias es magnesio, micronutrientes y sólo entonces azufre.

La alteración que sufre el diagrama de fertilidad con la profundidad de la muestra es de enorme importancia práctica, especialmente cuando se considera la gran profundidad de arraigamiento de algunas de las especies cultivadas en estos suelos. Mayor énfasis desease a este aspecto con el estudio de algu-

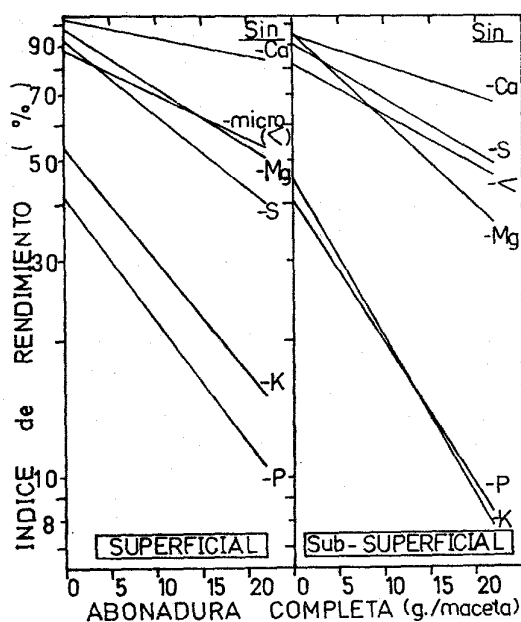


Figura 3 — Diagrama de fertilidad de 13 perfiles. Provincia de Valdivia.

nos perfiles presentados en las Figuras 4 y 5. El suelo Lumaco, de Río Bueno (Figura 4), es un buen ejemplo de la variación producida en el diagrama de fertilidad con la profundidad del suelo de una muestra superficial fundamentalmente deficiente en fósforo. En las dos profundidades 0 — 20 y 45 — 75 cm domina nítidamente la carencia de fósforo. Sin embargo, en la segunda profundidad (20 — 45 cm) ya no puede desestimarse la deficiencia de potasio, que es sólo muy poco menos grave que la de fósforo.

El suelo Vista Alegre (Figura 4), tipifica a un suelo dominado en forma simultánea por dos deficiencias muy graves, la de fósforo y la de potasio, en todo el perfil. En este suelo es peculiar que la limitación de fertilidad impuesta por la falta de potasio sea más severa que por la ausencia de fósforo hasta la profundidad de 90 cm ensayada. Todavía puede agregarse que las tres carencias siguientes —la de azufre, micronutrientes y magnesio— de intensidad muy semejante en la muestra superficial, se modifican con la profundidad. En la estrata 20 — 60 cm se intensifica la deficiencia de magnesio, mientras que en la profundidad 60 — 90 cm domina la de micronutrientes sobre las otras dos. En consecuencia, puede calificarse con criterio muy diferente la intensidad de las tres deficiencias complementarias, de las dos principales (P y K), del suelo Vista Alegre, según sea el número de submuestras contempladas en el diagnóstico.



La deficiencia complementaria más urgente de corregir sería azufre, magnesio o micronutrientes según se considere la primera, la primera y la segunda o las tres profundidades, respectivamente.

Otro ejemplo interesante se presenta en la Figura 5 con el suelo de Las Huellas-Riñihue. La deficiencia más drástica en las tres profundidades es la de fósforo, siguiéndole la de potasio. Ahora bien, en la segunda profundidad interfiere en la jerarquía anterior de deficiencias la carencia de magnesio. A partir de una producción de 16 g/maceta de la abonadura completa ya adquiere mayor gravedad la deficiencia de magnesio que la de potasio. Semjante desplazamiento de las líneas de fertilidad sobre el respectivo diagrama no puede desestimarse cuando se evalúa la fertilidad de un suelo. La diferencia de fertilidad observada a las diversas profundidades del perfil se asocia con el problema de la localización de fertilizantes. En este sentido son muy interesantes las observaciones hechas por IANSA (1962) en virtud de las cuales se comprueba una eficiencia de los abonos, variable según la distancia de la semilla de remolacha sacarina a la cual se localice el fertilizante.

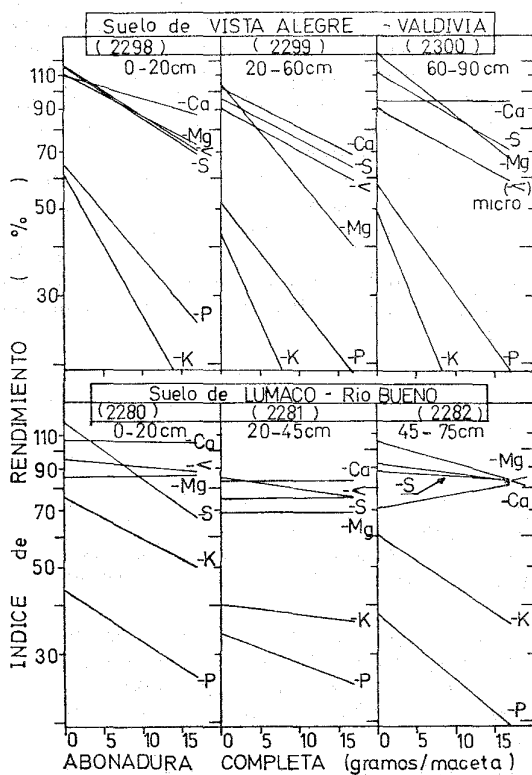


Figura 4 — Influencia de la profundidad sobre el diagrama de fertilidad, Valdivia.

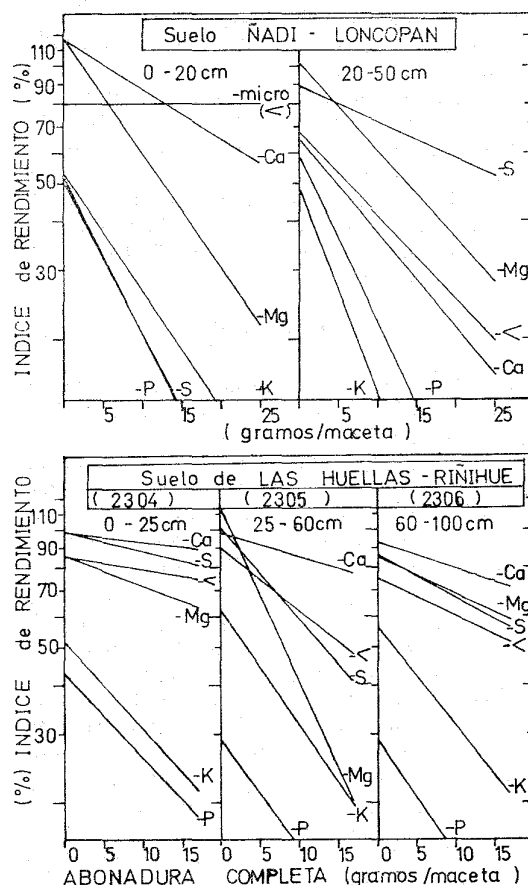


Figura 5 — Influencia de la profundidad en el diagrama de fertilidad, Valdivia.

Rodríguez (1950) atribuyó a los suelos ñadis propiedades diferentes de las existentes en otros suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. Su característica hidromorfa (Schaefer *et al*, 1969) (Valdés, 1969) les confiere propiedades químicas que deberían repercutir sobre el diagrama de fertilidad, cuando se les compara con los pertenecientes a otros suelos derivados de cenizas volcánicas de la misma área geográfica. El diagrama de fertilidad del suelo ñadi de Loncopán, que se ve en la Figura 5, asombra por la complejidad de los problemas nutricionales presentados en cualquiera de las dos profundidades estudiadas, experimentando gran variación con la profundidad. Hay una intensificación muy severa de las deficiencias de calcio y de micronutrientes en la estrata 20 — 50 cm, adquiriendo ambas una gravedad solo comparable con la de fósforo y la de potasio; por el contrario, la deficiencia de azufre observada en la muestra superficial tiende a disminuir. Se-

mejante comportamiento de los suelos ñadis se asocia con serios problemas de fertilidad, por lo que la elevación de ella será bastante más difícil que lo comúnmente aceptado. Debe mencionarse que en estos suelos están en deficiencia todos los elementos, incluyendo el calcio. La conducta tan especial de estos suelos ñadis aconseja incluirlos en los futuros trabajos para establecer si su diagrama de fertilidad tiene alguna característica general común a todos ellos.

### CONCLUSIONES

Los diagramas de fertilidad de las muestras de suelo procedentes de la provincia de Valdivia se caracterizan por presentar graves deficiencias conjuntas de fósforo y de potasio. Aunque generalmente es más intensa la deficiencia de fósforo, hay un número considerable de suelos para los cuales la carencia de potasio es más severa que la de fósforo.

Por la interpretación de los valores que tienen los parámetros de las líneas de fertilidad correspondientes al promedio general de la provincia —y de algunas muestras individuales— se advierte que la fertilidad potencial de estos suelos sólo puede alcanzarse si también se agregan los restantes nutrientes. Particular énfasis, como nutrientes carenciales complementarios de la fertilización NPKS debe darse al azufre, magnesio y a uno o más micronutrientes. Para el azufre se determinó igual prioridad que en las provincias ya estudiadas de Malleco (Schenkel *et al*, 1971b) y Cautín (Schenkel *et al*, 1971a), por lo que se confirma su deficiencia general en todos los suelos en referencia. Distinta es la situación para el magnesio; aquí se observa una gradual intensificación a medida que se va de Malleco a Valdivia. Las primeras deficiencias se regis-

tran en Cautín (Schenkel *et al*, 1971a) y en la provincia de Valdivia son evidentes. Muy significativa resulta la posición asumida por el magnesio, especialmente al tomar en cuenta que la sintomatología de deficiencia aparece primero por un cambio de coloración de las hojas y, sólo entonces, por una disminución de la producción de materia seca. Este cambio de color se asociará irremediamente con un deterioro de la calidad del forraje o del cultivo afectado.

Al igual que en trabajos anteriores (Schenkel *et al*, 1971a, 1971b), se vuelve a comprobar que las reservas de todos los nutrientes —excepto el azufre— son mayores en las muestras superficiales que en las subsuperficiales.

Con las muestras empleadas se determina que existe mayor urgencia en subsanar la deficiencia de uno o más micronutrientes que en efectuar un encalado, hecho que se aprecia con mucha claridad en las Figuras 2 y 3. Puede esto constituir un antecedente para explicar la escasa respuesta al encalado en suelos chilenos similares, por no suministrar el o los micronutrientes carenciales y limitantes de la fertilidad del suelo.

El orden decreciente de las deficiencias nutritivas y de sus intensidades, varía apreciablemente con la profundidad de la muestra dentro del perfil de suelo antes de su extracción para el ensayo. Podría suponerse que especies vegetales con distinta profundidad de arraigamiento tienen diferente sensibilidad a estos cambios de fertilidad.

Del conjunto de todos los suelos utilizados se destaca el ñadi por poseer problemas de fertilidad de la máxima complejidad. Su diagrama de fertilidad permite caracterizarlo como un suelo absolutamente diferente de los restantes suelos chilenos hasta ahora considerados.

### RESUMEN

En ensayos de macetas con *Lolium perenne* x *Lolium multiflorum* se estudian 72 muestras de suelo de la provincia de Valdivia. Solamente 16 de ellas no proceden de la capa arable (0-20 cm). Con los resultados experimentales se efectúa el cálculo de las líneas de fertilidad para todos los suelos. Posteriormente se construye el diagrama de fertilidad para cada uno.

El fósforo y el potasio se presentan como las dos deficiencias más graves y que corrientemente coexisten para cualquiera de las profundidades consideradas. Únicamente para azufre se determina una menor reserva en las muestras superficiales.

La carencia de azufre, magnesio y uno o más micronutrientes se aprecia en forma clara en varios suelos de esta provincia.

Por primera vez se incluyen muestras de suelo ñadi. Para ellos se establecen diagramas de fertilidad de naturaleza muy diferente de los hasta ahora observados con otros suelos chilenos.

Para cada nutriente se hace el cálculo promedio de los parámetros que caracterizan a la línea de fertilidad. Para el coeficiente de posición A es: 47,0; 56,9; 97,8; 96,1; 93,3 y 89,7, y para la pendiente m es: -2.858,8; -2.711,9; -490,6; -1.369,3; -1.657,0 y  $-813,9 \times 10^{-5}$ , con los correspondientes nutrientes: fósforo; potasio; calcio; magnesio; azufre y micronutrientes.

#### SUMMARY

Seventy two soil samples from the province of Valdivia on potted trials with *Lolium perenne*  $\times$  *Lolium multiflorum* were studied. Sixteen of them were taken below the arable depth (0-20 cm). With the results, the lines for fertility of all these soils were calculated. Also the fertility diagram for each soil was drawn.

Both phosphorus and potassium are shown to be the most severe deficiencies in these soils. Frequently both coexist for any of the depths considered. Only sulphur shows a clear lower level in the topsoil.

Scarcity of sulphur, magnesium and one or more micronutrients is shown clearly in several soils.

For the first time, some samples from "ñadi" soils are considered. The nature of the fertility diagram for these soils differs greatly from those made before with other Chilean soils.

The mean parameters that define the fertility lines for each nutrient was calculated. The value for the position coefficient A, was: 47.0; 56.9; 97.8; 96.1; 93.3 and 89.7 and for the slope, m, was: -2,858.8; -2,711.9; -490.6; -1,369.3; -1,657.0 and  $-813.9 \times 10^{-5}$  for phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur and micronutrients.

#### LITERATURA CITADA

- ALMEYDA, E. y SÁEZ, F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 195 p.
- CHILE, INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL, S.A. 1962. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera; temporada 1961-1962. Departamento Agrícola, Sección Estudios Agronómicos. pp. 43-55.
- HURTADO, R. 1963. Potasio, nitrógeno y materia orgánica en suelos dedicados al cultivo de la alfalfa. Chillán, Chile. Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. 295 p. (Tesis mimeografiada).
- PETERSEN, J. 1962. Contenido de elementos secundarios (Ca, Mg, S) en muestras de suelos procedentes de alfalfares chilenos. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. 235 p. (Tesis mimeografiada).
- RODRÍGUEZ Z., MANUEL. 1950. Conservación de suelo. In Siete años de Investigación Agrícola. Dirección General de Agricultura. Santiago, Chile. pp. 271-282.
- SCHAEFER, R., URBINA, A. y SAN MARTÍN, E. 1969. Actividades microbianas como un sistema de regulación del ecosistema en suelos hidromorfos derivados de cenizas volcánicas del sur de Chile. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6-13 julio 1969. Turrialba, Costa Rica, Centro de Enseñanza e Investigaciones del IICA. pp. B 6.1.-B 6.2.
- SCHENKEL S., G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II. Diagrama de fertilidad. Turrialba. 21 (3): 263-271.
- y BAHERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método Usado. Agricultura Técnica (Chile). 31 (1): 9-24.
- , —, FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1971a). Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VI. Macronutrientes, provincia de Cautín. Agricultura Técnica (Chile). 31 (4): 169-181.
- , —, — y —. 1971b). Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IV. Macronutrientes, provincia de Malleco. Agricultura Técnica (Chile). 31 (3): 129-135.
- y GAJARDO, M. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo, mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. III. Fórmula de fertilización del abonamiento de corrección. Turrialba 21 (3): 272-279.
- , PINO, E. y FLOODY, T. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con ensayos en macetas. III. Cálculo de las líneas de fertilidad. Agricultura Técnica (Chile). 31 (2): 106-115.
- URBINA, A. 1964. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. In Mesa Redonda de Suelos Volcánicos, Valdivia. Sociedad Agronómica de Chile. Publ. Espec. N° 1, patroc. por Inst. de Inv. Agrop. (INIA). pp. 47-66.

- . 1965. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*. 25 (1): 9-17.
- VALDÉS, A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. *In* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina 6-13 julio 1969. Turrialba, Costa Rica, Centros de Enseñanza e Investigación del IICA. pp. A 1.1-A 1.15.
- ZAMBRANO, L. 1964. Intercambio catiónico de algunos grandes grupos de suelos chilenos. *In* Mesa Redonda de Suelos Volcánicos, Valdivia. Sociedad Agronómica de Chile. Publ. Espec. Nº 1, patrocinado por Inst. de Inv. Agrop. (INIA). pp. 85-94.