

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVI. Macronutrientes, provincia de Magallanes, Continente¹

Gotardo Schenkel S.², Pedro Baherle V.³, Horacio Floody A.⁴
y Mauricio Gajardo M.⁵

INTRODUCCION

En Magallanes se da la coincidencia especial que las líneas de avance de los sistemas de morrenas terminales "no sólo coinciden con los tipos de suelos, sino con las características de clima, razón por la cual existen diferencias tan marcadas entre los grandes grupos de suelos" (Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60, p. 291). El clima de Magallanes es frío en toda la provincia y en todo el año (Almeyda y Sáenz, 1958), pero "existen marcadas diferencias entre las precipitaciones, las que guardan una estrecha relación con la situación geográfica y topográfica de las distintas regiones" (Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60, p. 292).

Según Rodríguez (1959-60), Chile se divide en ocho regiones naturales "cuando se toma en cuenta factores climáticos, topográficos, de vegetación y de suelos". Tres de ellas comprenden a la provincia de Magallanes y son las siguientes:

- a) región de alta cordillera andina. Se caracteriza por la fuerte incidencia del relieve y de la altitud;
- b) región insular, que corresponde a la continuación austral del Llano Central y de la Cordillera de la Costa. "La combinación de elevada precipitación, alta nubosidad y falta de calor hace de esta región un paraje inhóspito y despoblado" (Rodríguez, 1959-60, p. 382), y
- c) región de las planicies y mesetas de Aisén y Magallanes. Se extiende entre los paralelos 51 y 54° L. S. en el lado oriental de la Cordillera de los Andes, hacia el Atlántico. "La vegetación es de pradera asociada con

monte arbustivo y adquiere un aspecto estepario a medida que se avanza hacia la zona más árida del Atlántico.

La precipitación es de 700 mm al pie de la zona andina y desciende a 200 mm en las proximidades del Atlántico (Rodríguez, 1959-60, p. 318).

Las muestras de suelo incluidas en esta parte XVI proceden de la última de las regiones mencionadas, por lo que conviene referirse a ella con más detalle. Según Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60 (p. 294), "existe una verdadera interdependencia entre la vegetación y los suelos, los que están afectados por el clima. Se observa una coincidencia entre la distribución de los suelos castaños y la isoyeta de los 300 mm, que coincide con el límite sur de estos suelos, encontrándose distribuidos desde este límite hacia la frontera con la República Argentina, donde el clima es aún más árido. Las precipitaciones en estos suelos fluctúan entre los 200 y 300 mm. Entre las isoyetas de 300 y 500 mm se encuentran los suelos de pradera y pradera-planosol, y sobre la isoyeta de 500 mm se encuentran los suelos de Podsol".

Las manifestaciones de una actividad volcánica "en épocas no muy lejanas se pueden constatar prácticamente en todos los suelos de Magallanes, siguiendo la evolución zonal del sitio donde cayeron" (Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60, p. 292), observándose frecuentemente un rejuvenecimiento de los correspondientes perfiles.

"La distribución de la lluvia tiene un régimen favorable, ya que se reparte equitativamente en las cuatro estaciones del año" (Rodríguez, 1959-60, p. 383). A la falta de calor se agrega la fuerte ventosidad que "afecta el crecimiento de las plantas, porque la humedad superficial se ve disminuida con los fuertes vientos que resecan la superficie del suelo" (Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60, p. 239).

La gran importancia ganadera que tiene la provincia de Magallanes, justifica encarar algunos estudios de fertilidad en sus suelos. Debe mencionarse, a este respecto, la conclusión de Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60,

¹Recepción originales: 17 de julio de 1973.

²Ingeniero Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

³Ing. Agr., Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

⁴Laboratorista Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

⁵Ayudante de Laboratorio, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

Nuestro reconocimiento al señor Médico Veterinario, Donald Mackinnon, (SAG) por su cooperación en este trabajo. También, agradecemos sinceramente la participación de los señores Ingenieros Agrónomos Rodolfo Concha (INDAP), Héctor Doberti (SAG-INIA) y José Antonio Parilo (SAG), sin cuya valiosa ayuda no habría sido posible la toma de muestras.

p. 302, según la cual el empleo de abonos debería recibir una mayor atención "para mantener y aun mejorar las buenas explotaciones ovejeras, ya que una buena aplicación de abonos mejorará la calidad de los pastos y en esta forma podrá obtenerse una mejor calidad en el desarrollo animal y de su lana". Dichos autores complementan esta observación con la recomendación que "para los terrenos destinados al pastoreo serían indispensables las aplicaciones de cal y de abonos de fórmula completa NPK".

En ensayos de macetas se desea identificar los elementos nutritivos deficientes en 59

muestras de suelo de la parte continental de la provincia de Magallanes.

MATERIALES Y METODOS

La recolección de las muestras de suelo se hizo en la parte continental de la provincia de Magallanes, pues se excluyó Tierra del Fuego. Fundamentalmente influyó en esta decisión la gran superficie explorada y la mala condición climática durante el período que se visitó la zona.

Los lugares elegidos para la extracción de muestras se identifican en el Cuadro 1,

Cuadro 1 — Identificación de las muestras de suelo. Provincia Magallanes, parte Continental.

<i>Muestra laboratorio</i>	<i>Nº macetas</i>	<i>Profundidad cm</i>	<i>Color Munsell</i>	<i>Lugar</i>	<i>Observación</i>
8956	401	0-20	10YR2/1	Cabeza del Mar	Potrero Bahía, INIA
8957	402	0-20	10YR3/2	Cabeza del Mar	Potrero Molina, INIA
8958	403	0-20	10YR4/1	Morro Chico	
8959	404	0-15	2,5Y5/2	Monte Alto	
8960	405	0-20	10YR6/3	Cerro Negro	
8961	406	0-20	10YR4/1	Cordón Arauco	
8962	407	0-20	10YR5/1	Laguna Diana	Ganadera del Estado
8963	408	0-20	10YR5/1	Río Tranquilo	Vega Grande, Ganadera del Estado.
8964	409	0-20	10YR4/2	Casas Viejas	
8965	410	0-20	10YR4/1	Los Huertos	Puerto Natales
8966	411	0-20	10YR6/1	Cueva del Milodón	
8967	412	0-20	10YR4/1	Dos Lagunas	Ganadera del Estado
8968	413	0-20	10YR3/1	Cerro Castillo	Vega Laguna, Ganadera del Estado.
8969	414	0-20	10YR4/2	Cerro Castillo	El Chingue Nº 3, Ganadera del Estado.
8970	415	0-20	10YR4/1	Cerro Castillo	Rincón Negro, Ganadera del Estado.
8971	416	0-20	10YR4/1	Cerro Guido	Palique, Ganadera del Estado.
8972	417	0-20	10YR5/1	Cerro Guido	Barrancas, Laguna Amarga, Ganadera del Estado.
8973	418	0-20	10YR5/1	Cerro Guido	Campo Laguna Amarga, Ganadera del Estado.
8974	419	0-20	10YR4/1	Cerro Castillo	Campo Ballena Flat, Ganadera del Estado.
8975	420	0-20	10YR3/3	Cerro Castillo	Castillo Viejo Nº 1, Ganadera del Estado.
8976	421	0-20	10YR4/1	Dos Lagunas	San José, Ganadera del Estado.
8977	422	0-20	10YR4/2	Estancia Penitente	
8978	423	0-20	10YR6/2	Villa Tehuelches	Asentamiento Ovejero
8979	424	0-15	10YR4/1	Chorrillos	Asentamiento Ciake
8980	425	0-20	10YR3/1	Río Caleta	Estancia Río Canelo
8981	426	0-20	10YR2/2	Estancia Mina Rica	
8982	427	0-20	10YR3/1	Kon-Aiken	Asentamiento Estrecho de Magallanes.

Cuadro 1 — (Continuación) Identificación de las muestras de suelo. Provincia de Magallanes, parte Continental.

Muestra laboratorio	Nº macetas	Profundidad cm	Color Munsell	Lugar	Observación
8983	428	0-20	10YR3/1	Pecket-Harbour	Ganadera del Estado
8984	429	0-20	10YR3/2	Camino a Marisol	
8985	430	0-20	10YR4/2	Punta Arenas	Barrio Hortícola
8986	431	0-20	2,5Y5/2	Río Los Ciervos	Campo Experimental
8987	432	0-20	10YR6/3	Río San Juan	
8988	433	0-20	10YR6/1	Camino a Parrillar	
8989	434	0-20	10YR3/1	Estancia Olga Teresa	
8990	435	0-20	10YR5/2	Skying	Río Pérez
8991	436	0-20	10YR5/2	Cruce Fabres	
8992	437	0-20	10YR4/1	Isla Riesco	Estancia Invierno
8993	438	0-20	10YR4/1	Isla Riesco	Estancia El Trébol
8994	439	0-20	10YR4/1	Isla Riesco	Posomby
8995	440	0-10	10YR3/1	Oazy Harbour	
8996	441	0-10	10YR4/1	La Vega	Campo Deslinde
8997	442	0-20	10YR3/1	Gallego Chico	Campo Final
8998	443	0-20	10YR4/2	Retén de Carabineros	Teniente Merino
8999	444	0-20	10YR5/1	Carpa Manzano	
9000	445	0-20	10YR4/1	Monte Gallina	Laguna Blanca
9001	446	0-15	10YR2/1	Estancia	Fenton
9002	447	0-20	10YR3/1	Puerto Oazy	Ganadera del Estado
9003	448	0-15	10YR4/1	Estancia	Oazy Harbour-Skay, Ganadera del Estado.
9004	449	0-20	10YR3/1	Estancia	Oazy Harbour-La Pelecha Ganadera del Estado.
9005	450	0-15	10YR4/1	Estancia	Oazy Harbour-Dinamarquero. Ganadera del Estado.
9006	451	0-15	10YR4/1	Ciake	Vega
9007	452	0-20	10YR3/1	Campo Calle	Asentamiento Bernardo O'Higgins.
9008	453	0-15	10YR2/1	Estancia	Brazo Norte
9009	454	0-20	10YR3/1	Pampa Larga	Asentamiento Bernardo O'Higgins.
9010	455	0-20	10YR4/1	Daniel	Estancia Los Pozos
9011	456	0-15	10YR4/2	Cañadón Grande	
9012	457	0-20	10YR3/2	Monte Aymond	
9013	458	0-10	10YR4/1	Campo Trepilla	Asentamiento Bernardo O'Higgins.
9014	459	0-20	10YR3/1	Valle Prat	Ultima Esperanza

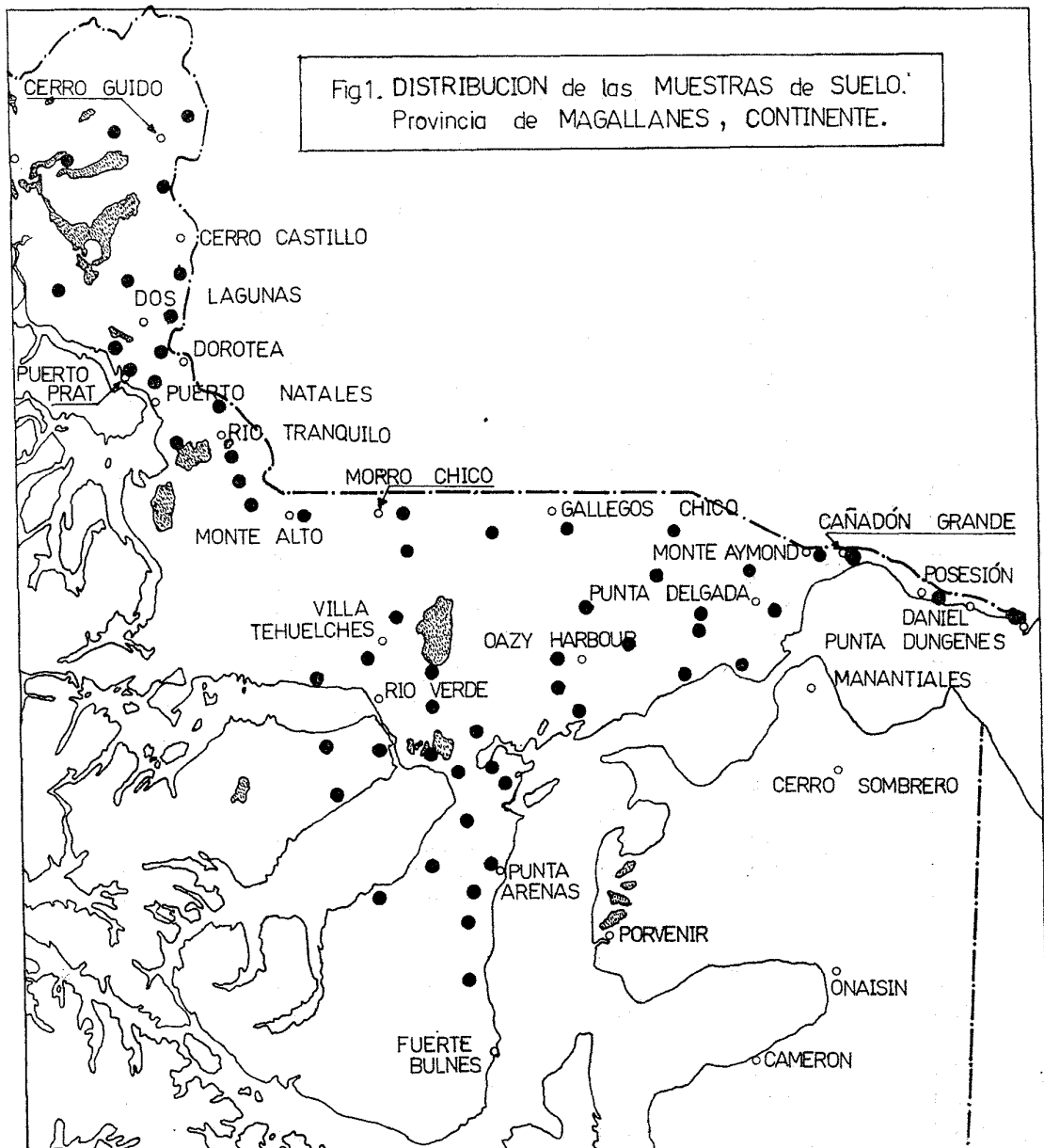
pudiendo observarse su distribución dentro de la provincia en la Figura 1. Los pocos medios disponibles impidieron una mayor penetración en la zona insular.

Las muestras extraídas se guardan en bolsas plásticas, llevándolas en seguida a Punta Arenas. Desde allí se transportan en barco hasta Puerto Montt. Finalmente se trasladan a Carillanca en camioneta.

El ensayo de macetas se realiza en la forma

descrita en la Parte II (Schenkel y Baherle, 1971). Los antecedentes de siembra y algunas características de las muestras se indican en el Cuadro 2.

La interpretación de los resultados se hace con ayuda del diagrama de fertilidad (Schenkel, 1971), calculando en forma gráfica (Schenkel, Pino y Floody, 1971) los coeficientes de las ecuaciones respectivas.



Cuadro 2 — Datos de siembra y algunas características de las muestras. Provincia de Magallanes.

Suelo Nº	Datos de siembra			pH KCl normal	Materia orgánica
	Suelo* g/maceta	Humedad %**	Fecha		
8956	1.400	17,7	18-v-71	4,1	8,3
8957	1.950	9,0	18-v-71	4,1	3,6
8958	2.000	9,6	26-vii-71	4,0	2,7
8959	1.700	25,3	26-vii-71	4,2	3,6
8960	1.750	25,1	26-vii-71	4,4	1,7
8961	1.500	29,4	26-vii-71	4,3	4,8
8962	1.500	29,7	26-vii-71	4,4	5,7
8963	1.450	34,8	26-vii-71	4,0	8,0
8964	1.300	68,4	26-vii-71	3,5	7,8
8965	1.500	29,1	26-vii-71	3,8	7,1
8966	1.500	41,5	18-v-71	3,9	6,1
8967	1.500	34,8	26-vii-71	3,6	6,3
8968	1.350	83,5	26-vii-71	4,1	12,2
8969	1.800	11,3	26-vii-71	4,3	3,7
8970	2.000	11,2	26-vii-71	4,4	3,8
8971	1.950	11,3	26-vii-71	4,5	3,6
8972	1.700	16,2	26-vii-71	5,2	4,7
8973	1.750	16,4	26-vii-71	5,0	2,0
8974	1.900	10,4	26-vii-71	4,5	4,8
8975	1.550	37,0	26-vii-71	3,8	4,6
8976	1.550	32,1	26-vii-71	3,8	4,1
8977	1.700	17,0	26-vii-71	3,9	2,7
8978	1.600	20,1	26-vii-71	4,2	4,6
8979	1.750	18,1	18-v-71	4,3	3,8
8980	1.200	63,9	18-v-71	4,2	11,8
8981	1.300	69,0	18-v-71	3,5	9,7
8982	1.500	18,3	18-v-71	4,0	7,4
8983	1.500	23,3	18-v-71	4,4	6,1
8984	1.350	44,6	26-vii-71	4,0	8,8
8985	1.600	42,0	26-vii-71	3,8	6,3
8986	2.000	26,7	18-v-71	4,4	2,7
8987	1.700	28,0	26-vii-71	3,6	4,1
8988	1.700	40,4	18-v-71	3,6	5,0
8989	1.500	20,4	18-v-71	4,0	8,3
8990	1.400	43,7	18-v-71	4,0	7,5
8991	1.500	26,5	18-v-71	3,9	8,0
8992	1.450	15,6	26-vii-71	4,4	8,0
8993	1.550	18,5	18-v-71	3,9	8,1
8994	1.700	13,0	18-v-71	4,4	1,9
8995	1.450	30,7	18-v-71	4,3	10,4
8996	1.700	20,2	18-v-71	4,3	3,6
8997	1.600	20,5	26-vii-71	4,2	3,3
8998	1.600	20,8	18-v-71	4,1	12,8

Cuadro 2 — Continuación. Provincia Magallanes.

Suelo Nº	Datos de siembra			pH KCl normal	Materia Orgánica
	Suelo* g/maceta	Humedad %**	Fecha		
8999	1.700	25,7	18-v-71	4,1	6,5
9000	1.550	25,4	19-v-71	4,1	5,0
9001	1.250	36,8	19-v-71	3,9	11,5
9002	1.750	20,3	19-v-71	3,9	2,6
9003	1.550	69,2	19-v-71	3,9	3,8
9004	1.600	21,7	19-v-71	3,9	6,5
9005	1.450	21,7	10-vi-71	4,6	8,7
9006	1.700	16,2	10-vi-71	4,2	3,6
9007	1.550	27,0	10-vi-71	3,6	6,1
9008	1.200	22,2	10-vi-71	3,8	13,4
9009	1.600	25,9	10-vi-71	4,0	10,8
9010	2.100	14,9	10-vi-71	4,1	3,6
9011	1.650	14,7	10-vi-71	4,2	2,6
9012	1.650	27,5	10-vi-71	4,4	2,7
9013	1.650	22,3	10-vi-71	4,4	3,8
9014	1.550	40,0	17-ii-72	4,8	13,3

*Incluye el peso de la maceta.

**La humedad se expresa en base seca.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se presentan los valores de los parámetros de las distintas líneas de fertilidad calculados para las 59 muestras de suelo de la provincia de Magallanes. Con el valor promedio de las respectivas líneas de fertilidad se construye el diagrama de fertilidad presentado en la Figura 2. Los elementos

fósforo, azufre y potasio constituyen las deficiencias nutritivas principales de dichos suelos, decreciendo su intensidad en el mismo orden.

El resultado anterior difiere del observado para los suelos de todas las demás provincias previamente exploradas. Es notable constatar cómo aquí se pospone la importancia previamente asignada al potasio en las muestras

Cuadro 3 — Valores de la ecuación $\log \gamma = \log A + mX$ correspondiente a las diferentes líneas de fertilidad. Provincia de Magallanes, Continente.

Suelo Nº	Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Micronutrientes	
	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*
8.956	20,5	-2.078	56,5	+ 295	71	+112	75	+ 86	40	- 753	57	+180
8.957	34,5	- 489	90	- 122	93	+ 34	92	- 10	110	- 974	86	-157
8.958	26,5	- 596	92	- 258	105	-141	95	-288	60,5	-1.101	78	+ 83
8.959	82	- 106	59	- 111	108	-167	79	- 41	72	- 709	81	+ 73
8.960	75	+ 64	50	- 236	130	- 68	84	+ 40	106	- 824	81	+ 92
8.961	13,6	+ 196	28	- 459	98	+ 75	83	- 36	54,5	- 763	73	+ 57
8.962	48	+ 94	71	- 293	100	- 18	90	- 10	59	-1.168	75	+ 84
8.963	28	- 59	81	- 428	86	+205	85	+ 64	84	- 917	92	+ 35
8.964	27	+ 388	25	- 663	92	+277	89	+108	52	-1.019	67	+341
8.965	20	- 365	54	0	98	+158	75,5	+ 58	68	- 932	82	-191
8.966	22	- 561	68	+ 118	98	-100	100	-107	54,5	- 574	60	-139
8.967	21	- 325	73	- 170	81	+199	73	+132	60	-1.179	74	+149
8.968	24	- 454	23	- 266	86	+312	91	-133	95	- 834	83,5	+ 4

Cuadro 3 — Continuación. Provincia de Magallanes.

Suelo Nº	Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Micronutrientes	
	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*
8.969	57	+ 137	69	0	67	+171	77	+ 61	45	-1.166	75	+ 19
8.970	67,5	- 75	98	- 261	102	- 85	97	- 72	66	-1.607	89	- 43
8.971	93	- 259	85	- 461	90	- 90	102	- 67	44	-1.129	101	- 72
8.972	29,5	- 723	85	- 38	92	+114	96	+ 13	49	- 873	83	+ 64
8.973	34	- 949	75	- 94	92	- 73	72,5	-404	85	- 930	83	+197
8.974	30,5	+ 282	93	- 26	81	+203	80	+ 85	81	-1.047	76	-289
8.975	24,5	- 599	25	- 56	81	+316	90	0	81	-1.360	80	-431
8.976	28	- 361	68	+ 47	84	+131	72	+190	63	- 997	90	- 45
8.977	35	- 614	59	- 109	71	-473	71	-550	36	- 491	76	-444
8.978	56	- 352	71,5	+ 19	116	-403	70	-396	82	- 415	83	- 27
8.979	17,5	- 56	86	+ 52	76	+129	83	+ 70	45,5	- 85	75	+117
8.980	21,5	- 604	57	- 248	37	+350	54	+ 65	43	- 511	44	- 15
8.981	27	+ 322	52	- 68	91	+ 16	59	+118	84	- 688	85	-233
8.982	90	- 370	74	- 577	94	-117	107	-312	66	-1.366	100	-186
8.983	37	- 514	74	- 160	62	-170	80	- 47	40	- 710	44	-489
8.984	55	- 103	61	- 67	85	+214	73	+140	57	- 715	75	-502
8.985	22,5	- 391	66	- 483	88	+ 28	65	+115	44	- 806	94	-325
8.986	36	+ 114	53	- 118	79	+679	89	+246	37,5	- 635	91	+310
8.987	19	- 489	80	- 153	97	- 82	91	- 57	62	- 906	95	-131
8.988	24	-1.118	30	- 489	66	+451	75	+187	68	- 304	73	+157
8.989	34	-1.074	73	-1.095	92	+165	23,5	+339	25	- 194	—	perdido
8.990	20,5	- 19	91	- 221	66	+112	38,5	+461	51	- 390	40	+335
8.991	18	+ 39	77	- 829	77	+ 85	71	+207	60	- 608	69	-120
8.992	93	- 187	94	- 103	92	+ 70	79	+125	76	- 257	90	+ 70
8.993	16,7	- 182	65	- 480	90	+ 88	90	0	64	- 847	80	- 22
8.994	36,5	0	92	- 143	99	- 36	85	+ 65	80	- 636	89	- 17
8.995	20	- 118	84	- 262	96	-237	85	-114	41,5	- 792	85	- 32
8.996	23,5	- 10	58,5	+ 78	65	-144	74	+ 48	61,5	-1.195	59,5	+150
8.997	31	-1.184	90	- 691	98	+ 22	80	+ 23	80	- 697	84	+ 48
8.998	15,8	- 178	83	- 109	76	+ 60	83	+ 36	65	-1.195	72	+ 35
8.999	30	- 844	77	- 42	81	+139	83	+114	35	- 608	80	-124
9.000	43,5	- 64	87	- 201	78	-131	68	+176	48	- 704	91	- 26
9.001	25,5	- 739	70	- 311	74	+133	105	-480	78	-1.512	103	-243
9.002	20,5	- 611	85	- 237	100	+ 17	56,5	-573	64	-1.390	104	-265
9.003	23,5	- 269	90,5	- 266	92	- 56	87	- 79	64	-1.152	101	-162
9.004	19	- 498	90	- 726	73	+137	59	+109	33	- 576	64	+121
9.005	48,5	- 215	81	- 77	79	+114	73,5	+ 66	36	- 304	81	- 77
9.006	47	- 724	59	- 109	78	+251	95	- 53	61,5	- 566	85	+ 56
9.007	47,5	-2.051	61,5	-1.924	82	-809	80	+ 9	120	- 172	64	-117
9.008	57	- 558	75	- 294	100	+141	64	-609	60	- 884	97	-607
9.009	34	-1.022	86	- 362	119	-496	104	-162	93	- 893	101	-202
9.010	67	- 296	75	- 77	105	+ 61	112	-379	111	- 722	97	- 34
9.011	58	- 698	110	- 517	94	- 63	112	-492	92	- 646	97	- 23
9.012	55,5	- 130	102	0	106	+ 26	82	+157	40	- 470	114	0
9.013	47,5	- 464	95	- 368	120	-162	97	-147	78	-1.019	96	-118
9.014	74	- 473	46	- 784	80	+380	55	-935	110	- 713	61	+421
Promedio												
59 suelos	38,2	- 399,7	71,7	- 271,7	88,3	+ 34,8	80,6	- 48,1	64,8	- 807,3	81,1	- 46,7

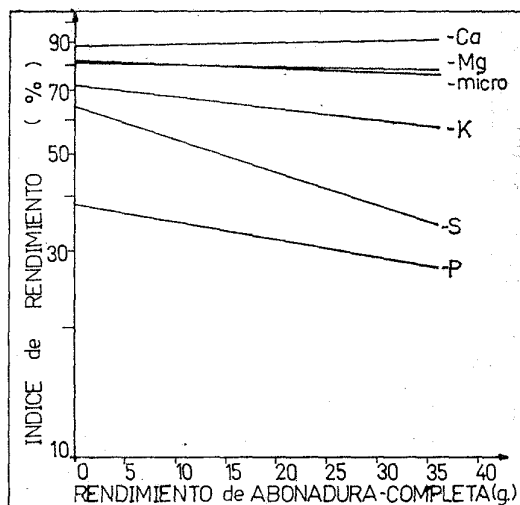


Fig. 2 Diagrama de fertilidad de la provincia de Magallanes. Continente (promedio 59 muestras de suelo).

de Chiloé (Parte xrv, Schenkel, Baherle, Flood y Gajardo, 1973). Por otra parte, asume el azufre una posición carencial antes no vista, cuya gravedad es inesperada, porque se trata de suelos en los cuales las pérdidas por lixiviación no deberían ser abundantes, en atención a la escasa pluviometría de la zona.

Las bajas temperaturas de la zona pueden influir para disminuir la velocidad de oxidación del azufre en formas aprovechables para las plantas (especialmente sulfato). Sin embargo, debe descartarse este factor ambiental como causa principal de la carencia observada, porque se trabajó con muestras de suelo en un ambiente diferente al del clima de Magallanes, por el hecho de experimentar con ellas en Cautín. Aunque se elimina la ventosidad característica de Magallanes y se eleva también su temperatura ambiente —hasta alcanzar la de Carillanca— se comprueba la grave deficiencia de azufre. Se colige, por tanto, que la carencia observada es atribuible a una falta de azufre en el suelo, por lo que sus reservas son escasas.

Para efectuar un análisis mejor de la situación imperante con este elemento, se dibuja la Figura 3. En el gráfico de la izquierda se representa un conjunto de suelos (por ej. 9001 y 8975), para los cuales se comprueba una gran velocidad de agotamiento del azufre inicial. Esta condición la impone la pendiente

negativa y de elevado valor absoluto, que posee su respectiva línea de fertilidad. En el gráfico de la derecha, de la misma Figura 3, se dibuja otro grupo de muestras (por ej. 9005), todas las cuales son inicialmente pobres en azufre, en razón del pequeño valor que tiene su coeficiente de posición.

Lo interesante de observar en la Figura 3, es que las apreciables diferencias iniciales entre ambos grupos tienden a disminuir considerablemente cuando aumenta la producción de la ballica para la abonadura completa. La mayor riqueza de azufre detectada al comienzo para algunas muestras, desaparece rápidamente cuando el suelo se usa en forma más intensiva. Su significado consiste en que la carencia de azufre involucra mayor gravedad de lo supuesto a partir del coeficiente de posición de sus líneas de fertilidad. A modo de comparación se incluye la muestra 9007, en la Figura 3, para representar al suelo más rico en azufre que procede de Magallanes.

Es preciso advertir que la deficiencia de azufre en la ballica presentó una sintomatología visual excepcionalmente nítida a partir del segundo corte, y en algunas pocas muestras, ya desde el primero. Este aspecto visual coincide con la descripción hecha por Woodhouse (1964). La peculiaridad anterior confiere mayor trascendencia a la carencia de azufre, por cuanto la calidad de los productos agropecuarios de Magallanes podría estar afectada severamente, aun antes que sus rendimientos en materia seca. Si se tiene el propósito de mejorar la productividad de los suelos de la Patagonia, será indispensable conceder al azufre, en el futuro, una atención mayor de la actual.

La posición carencial preponderante que ocupa el fósforo como limitante de la fertilidad de los suelos de Magallanes, se manifiesta claramente. En su ausencia no se sobrepasa el 40% de la fertilidad potencial (Figura 2). Es de interés este resultado, porque permite generalizar la deficiencia de fósforo para todos los suelos chilenos ubicados entre las provincias de Biobío y Magallanes, inclusive.

A semejante conclusión se llega cuando se atiende a los valores que asume el coeficiente de posición de la línea de fertilidad del fósforo, para cada una de las muestras. Sólo cuatro de ellas (8971, 8992, 8982 y 8959) pueden considerarse provistas con suficiente fósforo.

Generalmente predomina la intensidad de la carencia de fósforo por sobre todas las demás. Así ocurre para 46 de las 59 muestras investigadas. Esta circunstancia no se opone a la realidad que existen suelos de Magallanes para los cuales deficiencias de otros elementos nutritivos son más intensos. Particularmente cierto es este hecho con muestras que

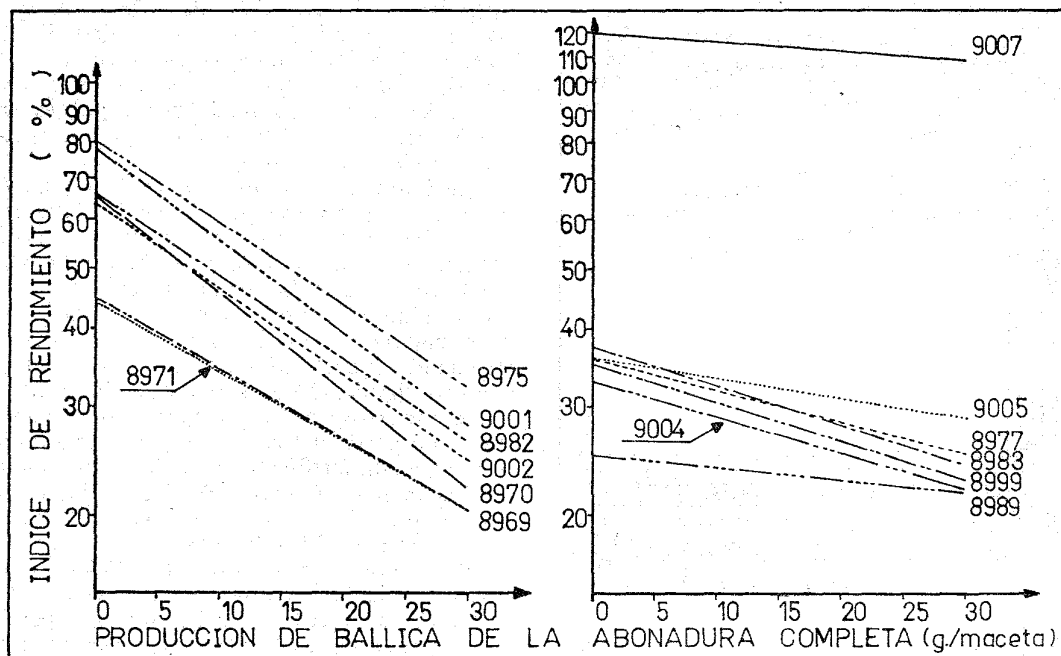


Fig. 3 Algunas líneas de fertilidad del azufre para diversas muestras de suelo de Magallanes.

poseen mayor riqueza en fósforo, pues aquí revisten gravedad las deficiencias de potasio y azufre, como se ve en la Figura 4. De modo que los suelos con suficiente fósforo, son excepcionalmente escasos en la zona sur y austral de nuestro país. Cuando éstos existen tampoco están libres de problemas de fertilidad, aunque los elementos nutritivos responsables de su baja productividad excluyan al fósforo. Es extraordinaria la importancia que adquiere el azufre en estos casos —especialmente para las muestras 8971 y 8982 de la Figura 4— y en menor proporción, el potasio.

Análogamente, muestras pobres en fósforo no siempre presentan a este elemento como el más deficiente. En la Figura 5 se observan cuatro muestras pobres en fósforo, para las cuales la jerarquía de carencias nutritivas es encabezada por otro elemento. Como ocurre con el potasio (8964 y 9014), magnesio (8989) y azufre (9012, 9005, 8969 y 8970).

La profundidad del suelo no se ha considerado en este trabajo, por las dificultades inherentes a la recolección y traslado de las muestras. Según Goicé (1962), hay poca variación en la disponibilidad de fósforo del perfil

medido con tres extractantes químicos diferentes.

De la Figura 2 se infiere que, en general, se ven mejoradas las reservas de potasio en relación a las existentes en suelos de otras provincias. La misma interpretación se da al Cuadro 3, donde 50 muestras tienen un valor absoluto de m inferior a 0,00500. Esta característica de la pendiente de la línea de fertilidad del potasio, le confiere a los suelos una propiedad agronómica interesante. En condiciones de uso más intensivas no se modificará sensiblemente su índice de rendimiento respectivo para la mayoría de los suelos de Magallanes. En otros términos, la línea de fertilidad del potasio (Figura 2) refleja la ausencia de un agotamiento rápido de este elemento; por el contrario, insinúa cierta capacidad para convertir las reservas de potasio en formas aprovechables para las plantas. Por esta razón se observa con frecuencia que muchos de los suelos considerados responden con igual o parecido índice de rendimiento frente a diferentes producciones de ballica consideradas para la fórmula completa, indistintamente a si estas últimas son altas o bajas, pero siempre

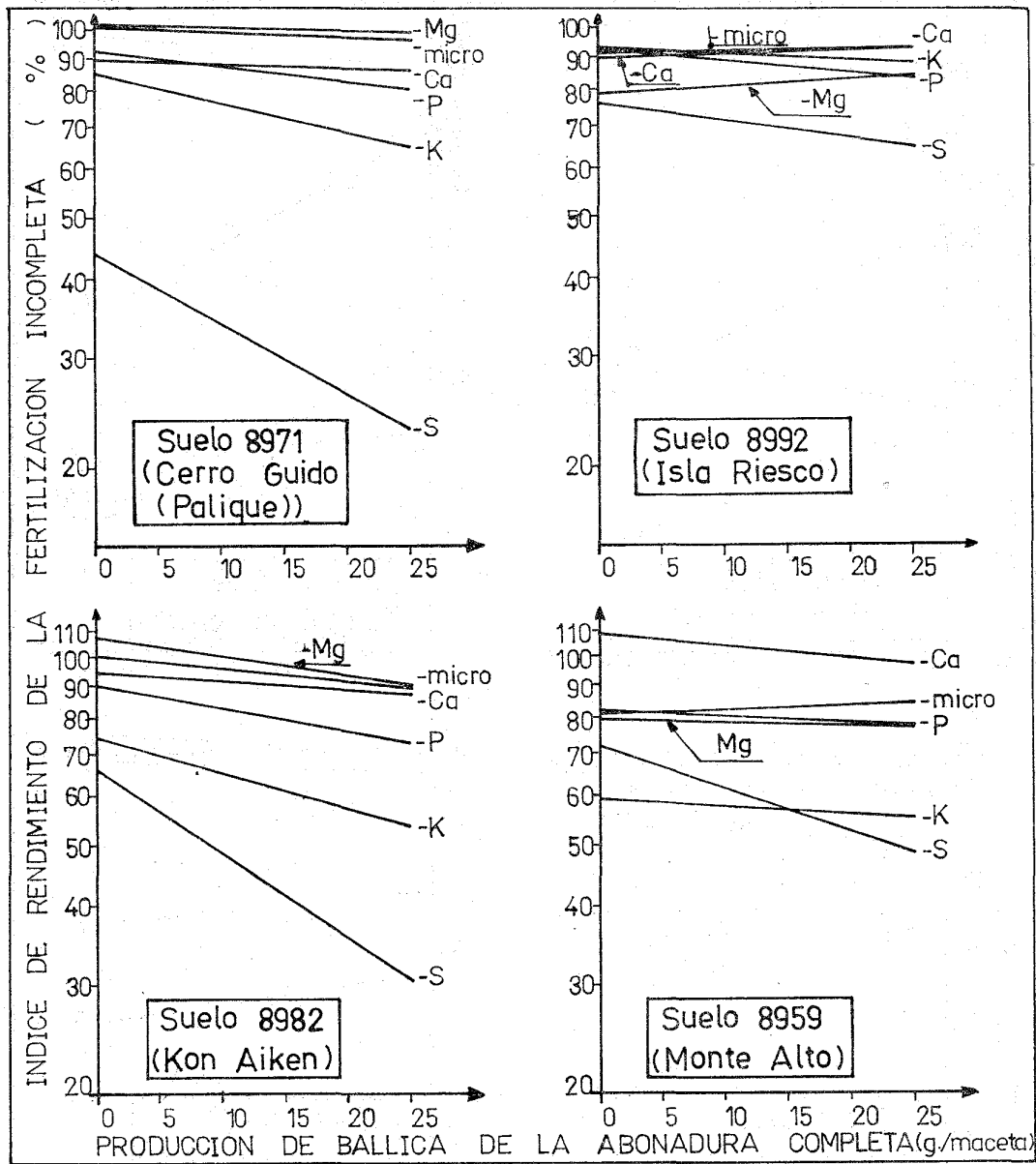


Fig.4 Diagramas de fertilidad de las cuatro muestras de suelo más ricas en fósforo, procedentes de Magallanes.

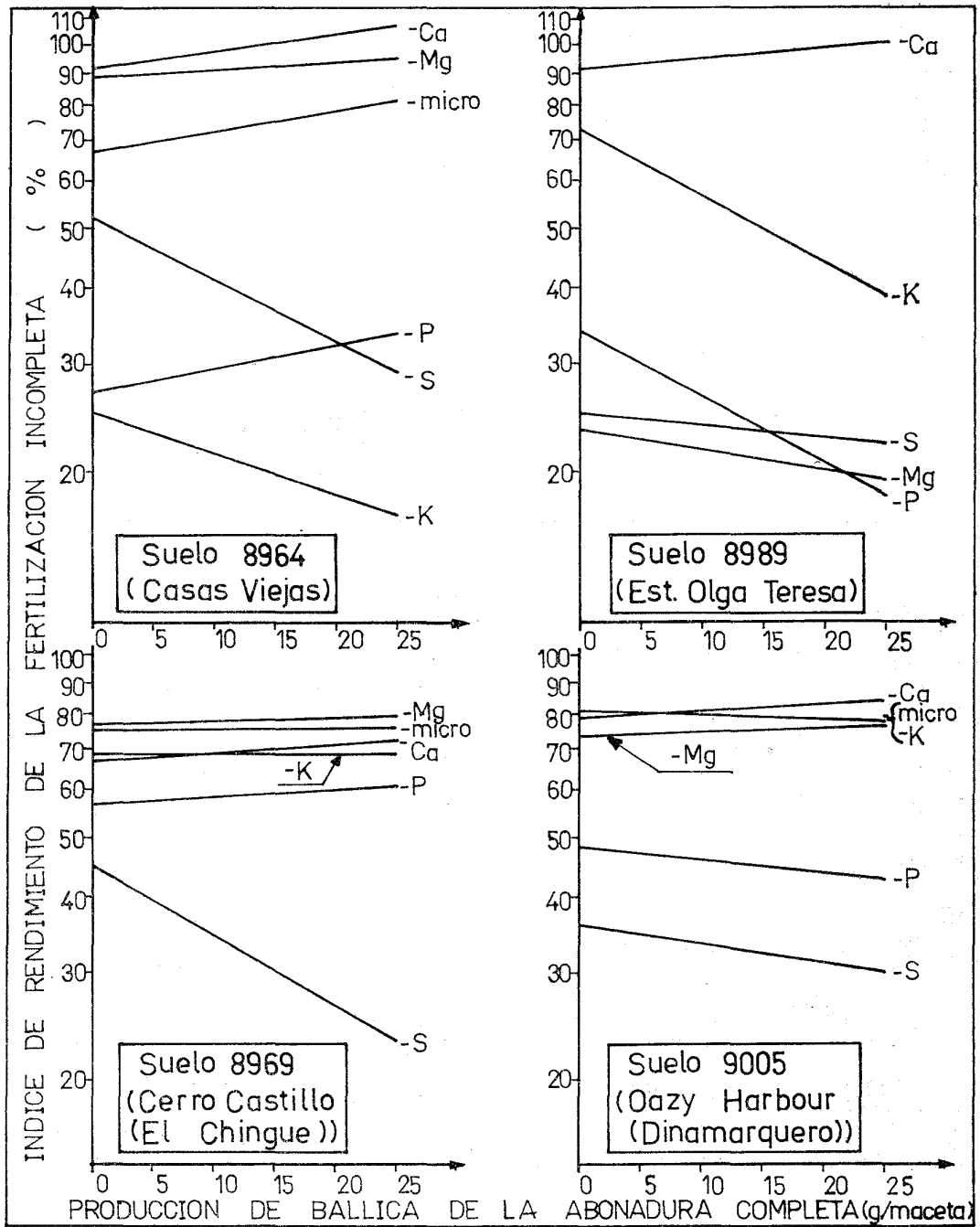


Fig.5 Suelos de Magallanes pobres en fósforo que presentan otra deficiencia nutritiva más intensa.

que no se trate de suelos manifiestamente pobres en potasio. En esta categoría se ubican las muestras 8956, 8959, 8960, 8961, 8964, 8965, 8968, 8975, 8977, 8980, 8981, 8986, 8988, 8996, 9006 y 9014, para todas las cuales se determina A inferior a 60 en la línea de fertilidad del potasio.

Las ideas antes expuestas se desean complementar con ayuda de la Figura 6. En primer lugar hay que referirse a las muestras 9012, 8969 y 8965, todas las cuales manifiestan una liberación constante de potasio. No obstante, existen diferencias entre las tres muestras en lo que a este elemento se refiere; mientras la muestra 9012 no es deficiente en potasio, lo son las otras dos, especialmente la 8965. Podría ocurrir que la cantidad total de potasio en la muestra 9012 sea abundante y más que suficiente para satisfacer los requerimientos de la ballica; de este modo la planta extrae la cantidad por ella necesitada y nada más. La misma explicación no es válida para las otras dos muestras. Aquí parece ocurrir una conversión de formas no aprovechables de potasio por la ballica, en otras utilizables, pero en una cantidad constante, suficiente y específica para cada suelo. Como esta capacidad de liberación de potasio del suelo es constante, es independiente de la producción deseada o con-

siderada para la abonadura completa. Siempre representa una proporción fija (54% para 8965 y 69% para 8969) de la requerida para la abonadura completa, sin interesar cuánto sea lo que con esta última se produzca.

En el gráfico izquierdo de la Figura 6 se distingue otro conjunto de muestras, constituyendo ellas las más ricas en potasio de toda la provincia. Se da la buena condición que su índice de rendimiento registre poca variación, cualquiera sea la producción de la abonadura completa considerada (por ej. 8974, 9013). Agronómicamente significa que las muestras inicialmente ricas en potasio se van a mantener ricas, aunque aumenten los rendimientos forrajeros que se obtengan en dichos suelos. Se explica esta situación, porque se trata de muestras con abundantes reservas de potasio total, capaz de convertirlas en formas asimilables para la ballica a medida requiera de este elemento.

A la derecha de la Figura 6 se agrupan las pocas muestras de Magallanes que agotan con mayor rapidez sus reservas de potasio. Es singular la muestra 9007. Todos los suelos dibujados se empobrecen severamente en potasio, cuando sobre ellos se intensifican los rendimientos de las plantas ahí cultivadas.

El valor de los coeficientes de posición de

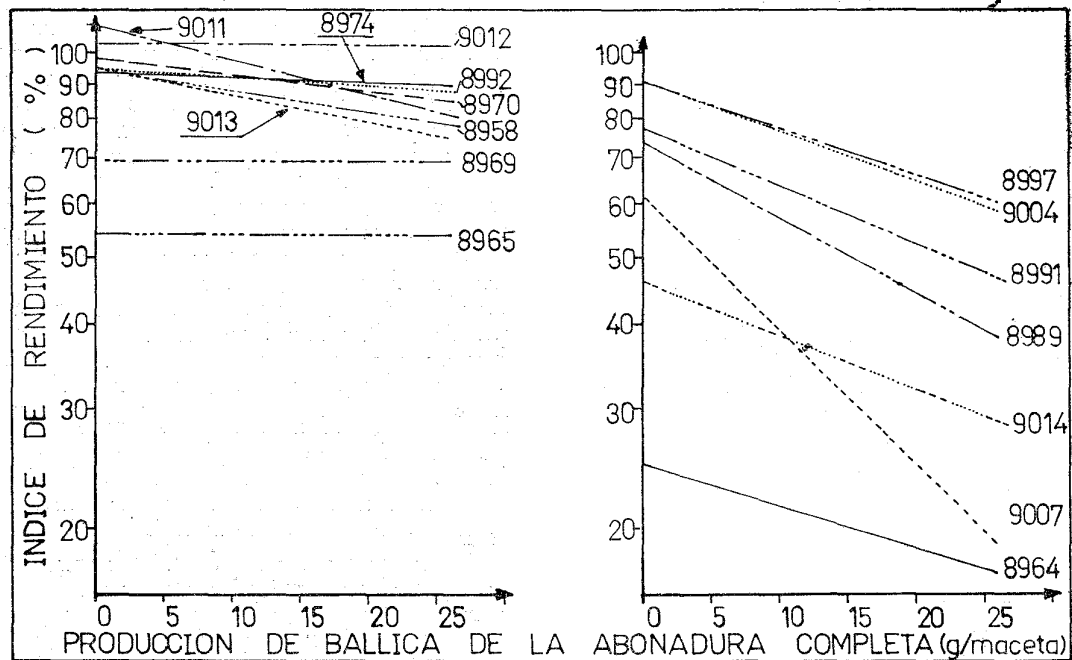


Fig.6 Líneas de fertilidad del potasio para algunos suelos de Magallanes.

las líneas de fertilidad del magnesio y de los micronutrientes (Figura 2) permite sostener que en algunos de los suelos incluidos en este trabajo deberían presentarse carencias graves en los respectivos elementos. En menor escala ocurrirá lo mismo con el calcio.

En diversas partes de esta serie de publicaciones se ha sustentado la idea que suelos carenciales en calcio, generalmente también lo son en micronutrientes. La existencia de un gran número de muestras deficientes en micronutrientes constituye una ocasión propicia para conocer el grado de asociación que podría existir entre la disponibilidad de micronutrientes y las de calcio y/o magnesio para los suelos de Magallanes.

Se concibe una representación cartesiana para estudiar la relación que pudiese haber entre estas carencias nutritivas. Sobre un gráfico se comparan los coeficientes de posición A de las líneas de fertilidad de los micronutrientes con los de la línea de fertilidad del calcio correspondiente. En la Figura 7 se distinguen nueve sectores designados con las letras A, B, C, D, E, F, G, H e I. Valores de

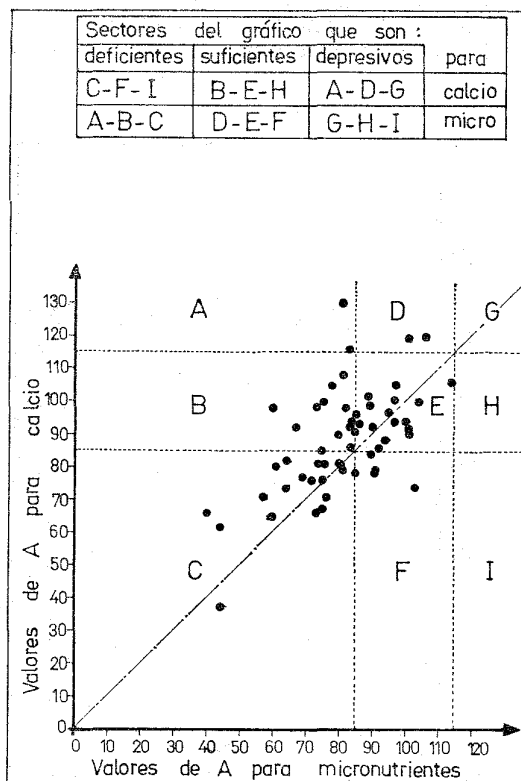


Fig.7 Comparación entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad de los micronutrientes (B+Mo+Zn+Cu+Mn) y del calcio en suelos de Magallanes.

A comprendidos entre 85 y 115 se interpretan como de disponibilidad suficientes, ya sea en calcio o en micronutrientes.

Las muestras de Magallanes se ubican exclusivamente en los seis primeros sectores. Por tanto, no existe efecto depresivo sobre la ballica causado por los micronutrientes agregados a las macetas en el tratamiento de fertilización completa. Además, se ven muchos suelos pobres en micronutrientes y unos pocos menos en calcio.

Cuando se atiende a las muestras deficientes en calcio (valor de A inferior a 85 —sectores C, F e I de la Figura 7— se observa que casi todas ellas también lo son en micronutrientes (sector C). La contraparte, que corrobora la misma idea, la constituyen las muestras del sector E; tales suelos contienen suficiente calcio y micronutrientes, por lo que no presentan carencia de uno ni de otro elemento.

La abundancia de muestras ubicadas en el sector B indica la existencia de suelos para los cuales la falta de micronutrientes no va acompañada necesariamente por una insuficiencia de calcio. Sólo excepcionalmente se observa lo inverso, es decir, muestras a las cuales falta calcio, pero disponen de suficiente micronutrientes. Esta circunstancia justifica que en el diagrama de fertilidad (Figura 2) sea más grave (intensa) la deficiencia de micronutrientes que la de calcio.

En el sector A de la Figura 7 se ubican solamente dos muestras, mientras en la zona D hay cuatro. En los últimos seis suelos es depresiva la adición de calcio, porque para el correspondiente tratamiento sin calcio se obtienen rendimientos de la ballica superiores a los de la respectiva abonadura completa. La disminución de rendimientos observado podría explicarse a través de antagonismos. Es posible que haya una diferencia entre los mecanismos imperantes para las muestras de los sectores A y D. En el sector A es probable que el antagonismo podría ser calcio: micronutrientes, mientras en los suelos del sector D pueden causar las adiciones de calcio una disminución de las disponibilidades de cualquiera de los demás elementos (por recordar algunos: potasio, fósforo, magnesio). En todo caso, debe reconocerse que los antecedentes de esta experiencia son insuficientes para pronunciarse definitivamente sobre la materia.

Del mismo modo se puede construir un gráfico que relacione los coeficientes de posición de los micronutrientes con los del magnesio, como se ve en la Figura 8. Gran cantidad de muestras son simultáneamente deficientes en magnesio y en micronutrientes. Un número menor de muestras está suficientemente bien provisto en los mismos elementos nutritivos.

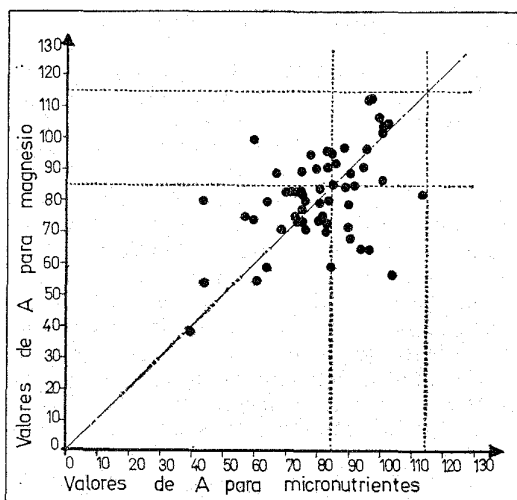


Fig.8 Comparación entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad de los micronutrientes (B+Mo+Zn+Cu+Mn) y del magnesio en suelos Magallanes.

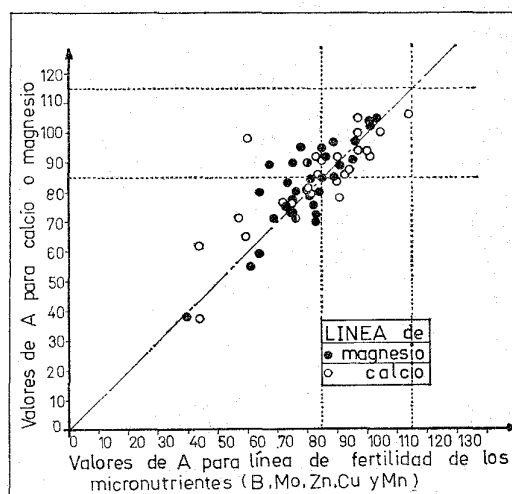


Fig.9 Relación entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad de los micronutrientes y del calcio o magnesio en suelos de Magallanes.

Solamente siete suelos son deficientes en magnesio y no en micronutrientes; lo inverso también ocurre con igual número de muestras.

Las dos figuras precedentes dejan traslucir la naturaleza lineal y directa de la asociación existente entre las reservas de magnesio y calcio y las de los micronutrientes estudiados (B, Mo, Zn, Cu y Mn). Este comportamiento permite suponer que debería encontrarse una asociación lineal mejor cuando los coeficientes A de los micronutrientes se comparan únicamente con uno de los otros dos y precisamente del valor A que más se aproxime a la condición lineal previamente establecida en las Figuras 7 y 8. Para conseguir este objetivo se ha trazado la bisectriz (con línea de eje en la Figura 9), eligiendo sólo uno de los dos valores de A, ya sea el de la línea de fertilidad del calcio o el magnesio. La elección del correspondiente valor del coeficiente de posición se hace con el criterio que éste satisfaga mejor la condición impuesta por la línea de regresión que nace del origen, cuando se le compara con el respectivo valor de A para la línea de fertilidad de los micronutrientes. Sobre la Figura 9 se identifica la línea de fertilidad cuyo valor de A se consideró (calcio o magnesio).

Se puede afirmar en forma inequívoca de la existencia de una relación lineal y directa entre las disponibilidades de micronutrientes y las de calcio y/o magnesio en los suelos de Magallanes, ambas determinadas con el ensayo de macetas. La falta de micronutrientes será más fácil de detectar en muestras con escasas reservas de calcio y magnesio. Esta propiedad

de los suelos de Patagonia constituye una novedad, e introduce una complicación apreciable en sus problemas de fertilidad. En mérito al análisis anterior deberá estudiarse la incidencia que tiene la adición de uno de los elementos mencionados (por ej. magnesio) sobre los demás (calcio, B, Mo, Zn, Cu y Mn) y viceversa.

A menudo se sostiene que la reacción del suelo es un índice de su fertilidad (Spurway, 1961; Scheffer y Schachtschabel, 1960). Schenkel (1969), no encontró utilidad en el conocimiento del pH para suelos chilenos que incluían muestras de Magallanes. Por esta razón se estima oportuno relacionar gráficamente los valores de A, de las líneas de fertilidad del calcio y del magnesio, con la reacción del suelo. En la Figura 10 se observa que no existe asociación entre las variables comparadas. De este hecho se desprende que las disponibilidades de calcio o de magnesio no se pueden pronosticar a partir del pH del suelo, cuando éste se mide en una suspensión de cloruro de potasio normal. En mérito al citado trabajo de Schenkel (1969) se colige que tampoco habrá asociación satisfactoria entre los pH determinados en otras suspensiones de suelo y las reservas de calcio o magnesio evaluadas con el ensayo de macetas.

En forma análoga se establece que las disponibilidades de micronutrientes son independientes de la reacción del suelo.

CONCLUSIONES

Los suelos procedentes de la provincia de Magallanes presentan graves deficiencias nu-

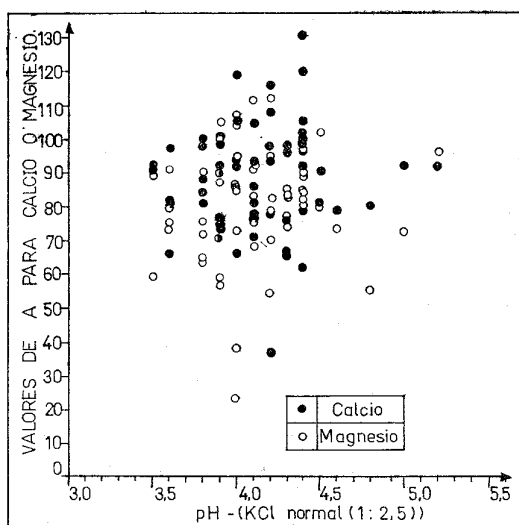


Fig.10 Comparación entre reacción del suelo y coeficientes de posición de las líneas de fertilidad del calcio y magnesio en suelos de la provincia de Magallanes.

tritivas, cuyas intensidades decrecen en el orden siguiente: fósforo, azufre, potasio, micronutrientes, magnesio y calcio. El número de muestras afectadas por la carencia respectiva es máxima para el fósforo y mínima para el calcio.

La falta de fósforo imposibilita alcanzar, en promedio, el 40% de la fertilidad potencial. Se convierte en la principal carencia nutritiva para 46 de las 59 muestras estudiadas. Abundancia de fósforo sólo se comprueba para cuatro suelos; en ellos se determina pobreza de otros elementos, en especial de azufre.

La falta de azufre compromete a mayor número de muestras que la carencia de potasio. Además reviste mayor gravedad no sólo por los pequeños valores del coeficiente de posición A, sino también por la fuerte pendiente negativa que caracteriza a la línea de fertilidad del azufre. Se trata, pues del elemento que más rápidamente agota sus reservas

en el suelo, por lo que hay poco azufre total presente.

En los suelos de Magallanes se produce un cambio importante para el potasio, respecto de lo observado con los suelos de Chiloé. Los primeros son generalmente mucho mejor provistos en este elemento de lo que se había comprobado para los de Chiloé insular. Además hay otra diferencia interesante: el agotamiento de las reservas de potasio es lento en las muestras de Magallanes, como se aprecia con el pequeño valor absoluto que poseen las pendientes de su línea de fertilidad. Este comportamiento se atribuye a la escasa pluviometría (200 a 700 mm/anales) distribuida en forma regular a través de todo el año (Díaz, Avilés y Roberts, 1959/60) en la Patagonia.

Hay deficiencias muy graves de magnesio, calcio y micronutrientes para varios suelos, sin que esta característica se pueda vincular con una región ecológica determinada (subregión de los bosques, matorrales o estepa, M. Rodríguez, 1959/60).

Este trabajo hace una contribución interesante en cuanto a las interrelaciones que existen entre las disponibilidades de micronutrientes y las de calcio y/o magnesio. Gráficamente se comprueba que las reservas de micronutrientes son directamente proporcionales a las de calcio y magnesio, sin que para nada inter venga la reacción del suelo.

A juicio de los autores sorprende que suelos afectados por deficiencias tan severas como las aquí detectadas, no hayan encontrado respuesta franca a la aplicación de fertilizantes en ensayos de campo realizados en Magallanes. Se desconoce si esta falta de respuesta a los abonos se debe:

1. A la escasa lluvia (200 a 700 mm/anales) (Almeyda, E. y Sáez, F., 1958) unido a la fuerte ventosidad de la zona, que hace insuficiente el agua disponible.
2. A la inadecuada fórmula de fertilización utilizada *in situ* en los ensayos de terreno.
3. A la inoportuna época de aplicación de fertilizantes.

RESUMEN

En ensayos de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* se estudia el estado nutricional del suelo por la técnica del elemento faltante. Se usan 59 muestras procedentes de la provincia de Magallanes. La interpretación de los resultados se hace con la ayuda del diagrama de fertilidad.

Se determinan severas carencias en todos los elementos nutritivos, pero no para todos los suelos. Predominan las faltas de fósforo, azufre y potasio, constituyendo el fósforo la principal deficiencia para 46 muestras.

Las reservas de azufre son escasas, por lo que se agotan rápidamente. Esta propiedad de las muestras no es atribuida a las pérdidas por lixiviación, por tener una pluviometría baja y regular.

Las líneas de fertilidad del potasio se caracterizan por poseer una pendiente pequeña. Suelos con un coeficiente de posición alto se mantendrán ricos en potasio, aunque sobre ellos se intensifiquen los cultivos.

Las disponibilidades de micronutrientes (B, Mo, Zn, Cu y Mn) en las muestras de Magallanes son una función directa y lineal de las establecidas para calcio y/o magnesio, ambas con el ensayo de macetas.

Los valores promedios determinados con las líneas de fertilidad del fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes son: 38,2; 71,7; 88,3; 80,6; 64,8 y 81,1 para A y —399,7, —271,7, —134,8, —48,1, —807,3 y —46,7 para m, respectivamente.

SUMMARY

The nutritional status of soils was studied on 59 soil samples of the province of Magallanes, using the technique of the lacking element, in pot experiments with *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*. The experimental results were interpreted with the aid of the fertility diagram.

Severe nutrient shortages were found in different soils. Predominantly deficient elements were phosphorus, sulfur and potassium. Phosphorus was the main deficient element in 46 samples.

Sulfur reserves were small, and are rapidly depleted. This situation should not be attributed to leaching losses, since the amount of rainfall is rather low, and well distributed.

The fertility lines for potassium showed a characteristic small slope. It is expected that soils with a high position coefficient will maintain a high level of potassium, even though a more intensive cropping is practiced.

The availabilities of the micronutrients (B, Mo, Zn, Cu and Mn) in the samples from Magallanes are a direct and lineal function of those established for calcium and/or magnesium, in the pot experiments.

The mean values for phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, and micronutrients, as determined through the fertility lines, were respectively: For A: 38.2; 71.7; 88.3; 80.6; 64.8 and 81.1 and for m: —399.7; —271.7; —134.8; —48.1; —807.3 and —46.7.

LITERATURA CITADA

- ALMEYDA, E. y SÁEZ, F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago. Ministerio de Agricultura y Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 195 p.
- DÍAZ, C., AVILÉS, C. y ROBERTS, R. 1959-60. Los grandes grupos de suelos de la provincia de Magallanes. *Agricultura Técnica (Chile)*. 19-20: 227-308.
- GOIC, P. 1962. Contenido y fracciones de fósforo en muestras de suelos de alfalfares chilenos. Chillán, Chile. Universidad de Concepción. 243 p. (Tesis Ing. Agr. mimeografiada).
- RODRÍGUEZ, M. 1959-60. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. *Agricultura Técnica (Chile)*. 19-20: 309-399.
- SCHAEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P. 1960. *Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde I. Teil Bodenkunde*. 5. Auflage. Stuttgart. Enke Verlag. 332 p.
- SCHENKEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II Diagrama de fertilidad. *Turrialba (Costa Rica)*, 21 (3): 263-271.
- . 1969. Problemas de la acidez en suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas. *In: IICA, Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina*, 6-13 julio 1969. Turrialba (Costa Rica). Centro de Enseñanza e Investigación del IICA. pp. B.9.1-B.9.11.
- y BAHERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado. *Agricultura Técnica (Chile)*. 31 (1): 9-24.
- , ———, FLOODY, H. y GAJARDO, M. 1973. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIV. Macronutrientes, provincia de Chiloé. *Agricultura Técnica (Chile)*. 33 (4): 214-224.
- , PINO, E. y FLOODY, T. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. III. Cálculo de las líneas de fertilidad sobre el diagrama de fertilidad. *Agricultura Técnica (Chile)*. 31 (2): 106-115.
- SPURWAY, CH. 1961. Soil fertility diagnosis and control. East Lansing, Michigan. Edwards Brothers. 176 p.
- WOODHOUSE, W. 1964. Nutrient deficiencies in forage grasses. *In: Barber et al. Hunger signs in crops. A symposium*. New York, David McKay, Co. pp. 181-218.