

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.

XII. Macronutrientes, provincia de Llanquihue¹

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

INTRODUCCION

En esta parte XII se estudian las carencias nutritivas que afectan a los suelos de la provincia de Llanquihue. Con tal objeto se han elegido 51 muestras, preferentemente superficiales.

El diagnóstico de deficiencias nutritivas se realiza con ayuda de ensayos de macetas que utilizan a la ballica de rotación corta H-1, como planta indicadora.

La interpretación de los rendimientos obtenidos en los diversos cortes y para cada suelo y nutriente, se efectúa mediante el dia-

grama de fertilidad (Schenkel, 1971). La intensidad de la limitación impuesta por un nutriente sobre la fertilidad actual del suelo, se estima por el valor del coeficiente de posición de la línea de fertilidad. En cambio, la velocidad de agotamiento de un nutriente cualquiera se mide con el valor de la pendiente de la correspondiente línea de fertilidad (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

En este trabajo se acoge la observación hecha por Rodríguez (1950 y 1960) en virtud de la cual la topografía y el drenaje de las provincias de Osorno y Llanquihue influyen notablemente para determinar las características del suelo. Algunos diagramas de fertilidad se asocian con las respectivas regiones fisiográficas.

MATERIALES Y METODOS

Las 51 muestras de suelo utilizadas en esta experiencia se identifican en el Cuadro 1; también se agrega su profundidad y el color del suelo seco al aire, medido con ayuda de la tabla de comparación de colores de Munsell (1954).

La distribución de las muestras de suelo en la provincia de Llanquihue se ve en la Figura 1.

¹Los autores expresan su reconocimiento al Programa Ganadero Sur (CORFO) por la ayuda material recibida durante la recolección de suelos en la provincia de Llanquihue.

También se agradece la cooperación de numerosas personas en la toma de muestras, debiendo mencionar especialmente al Técnico Agrícola Christian Richter (Lechera del Sur) y a los Ingenieros Agrónomos Luis Amthauer (CORFO), Ljubo Goic (INIA) y Alberto 2º Hechenleitner (CORFO).

Recepción originales: 4 de diciembre de 1972.

²Ing. 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.

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

Muestra Número		Profundidad	Color Munsell	Lugar	Observaciones
Laborat.	Ensayo				
2041	BR	0-20	10 YR3/2	Loncotoro	cruce Tres Marías
2208	1	0-15	10 YR4/3	Total	6 Km hacia Fresia, Eugenio Werner
2209	2	15-45	10 YR4/3	Total	6 Km hacia Fresia, Eugenio Werner
2210	3	0-15	10 YR4/2	Puelpún	Sucesión Dolindo Pérez
2211	4	15-30	10 YR4/3	Puelpún	Sucesión Dolindo Pérez
2212	5	30-45	10 YR4/4	Puelpún	Sucesión Dolindo Pérez
2213	6	0-15	10 YR4/2	Pargua	1,5 Km al NE
2214	7	15-30	10 YR4/3	Pargua	1,5 Km al NE
2215	8	30-45	10 YR4/3	Pargua	1,5 Km al NE
2216	9	0-15	10 YR3/2	Olmopulli	Nadi
2217	10	15-30	10 YR3/2	Olmopulli	Nadi
2218	11	0-15	10 YR4/3	Colegual	Leopoldo Moedinger
2219	12	15-40	10 YR4/4	Colegual	Leopoldo Moedinger
2220	13	40-60	10 YR4/3	Colegual	Leopoldo Moedinger
2221	14	60-80	10 YR4/3	Colegual	Leopoldo Moedinger
2230	23	0-15	10 YR3/2	Maullín	6 Km hacia Carelmapu
2231	24	0-20	10 YR3/2	Maullín	1 Km al Este
2232	25	20-40	10 YR4/4	Maullín	1 Km al Este
2236	29	0-15	10 YR4/3	Fresia	Sr. González
2237	30	15-40	10 YR4/4	Fresia	Sr. González
2238	31	0-15	10 YR4/3	Tegualda	Gregorio 2º Triviño
2239	32	0-15	10 YR4/3	Llanquihue	hacia Fresia, Heriberto Rehbein
2240	33	15-40	10 YR4/4	Llanquihue	hacia Fresia, Heriberto Rehbein
2249	42	0-20	10 YR4/2	Chamiza	2 Km hacia Quillaipe, O. Berndt
2250	43	20-50	2,5 Y4/4	Chamiza	2 Km hacia Quillaipe, O. Berndt
2251	44	0-15	10 YR3/3	Chamiza	16 Km al Norte, Lauca
2252	45	15-50	10 YR4/3	Chamiza	16 Km al Norte, Lauca
2253	46	0-20	10 YR3/3	Salto	17 Km al NE de Chamiza
2254	47	0-15	10 YR4/3	Seno Reloncaví	Quillaipe, Guillermo Welke
2255	48	15-40	10 YR5/4	Seno Reloncaví	Quillaipe, Guillermo Welke
2256	49	0-20	10 YR4/3	Lago Chapo	0,5 Km hacia el Oeste
2257	50	0-20	10 YR4/3	Pangal	18 Km al NE de Chamiza
2258	51	20-40	2,5 Y5/2	Pangal	18 Km al NE de Chamiza
2259	52	0-15	10 YR4/3	Pelluco	2 Km al Este
2260	53	15-50	10 YR4/3	Pelluco	2 Km al Este
2261	54	0-20	10 YR4/3	Polincay	próximo Seno Reloncaví
2262	55	0-20	10 YR3/3	Alerce	1 Km hacia el Este
2263	56	20-50	10 YR4/3	Alerce	1 Km hacia el Este
2289	82	0-20	10 YR4/3	Los Riscos	orilla camino hacia Petrohué
2291	84	0-20	10 YR4/3	Puerto Varas	3 Km hacia el Este
2292	85	0-20	10 YR4/3	La Fábrica	entre Puerto Varas y Ensenada
2349	142	0-20	10 YR4/3	Frutillar	1 Km al Oeste de fr. cc., Alberto 2º Hechenleitner
2353	146	0-20	10 YR4/4	Casma	Los Tilos, Sr. Lindeman
2354	147	0-20	10 YR4/2	Total	12 Km hacia Fresia, Colegual, Arturo 2º Gebauer
2356	149	0-20	10 YR4/3	Punta Larga	El Corte, Heinz Hornig
2357	150	0-25	10 YR4/4	Paraguay	Vega Hermosa, Ottmar Weil
2358	151	0-20	10 YR4/3	Frutillar	12 Km hacia el Oeste, Hacienda Colegual
2365	158	0-25	10 YR4/4	Macal	Buenos Aires, Bernardo Kuschel
2366	159	0-20	10 YR4/3	Tegualda	2 Km hacia el Norte, Luis Amthauer
2367	160	0-20	10 YR4/3	Tegualda	Maule, Guillermo Geisse
2368	161	0-20	10 YR4/2	Casma	Cancha Rayada, Trailén, Ottmar Wetzel

a) ENSAYO DE MACETAS.

En la extracción de las muestras de suelo y en la ejecución del ensayo de macetas se siguió la técnica descrita en la parte II (Schenkel y Baherle, 1971). La cantidad de suelo usada por maceta, su contenido de humedad en el momento de la siembra y la fecha de siembra de la ballica de rotación corta (*Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*) se proporcionan en el Cuadro 2.

b) MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Los análisis del contenido de materia orgánica y de la reacción del suelo se hacen por los procedimientos descritos en la parte I (Schenkel *et al.*, 1970). La materia orgánica se determina por oxidación húmeda con mezcla crómico-sulfúrica. El pH del suelo se mide en una suspensión (1:2.5) del suelo en una solución normal de KCl, con ayuda de un electrodo combinado.

c) DIAGRAMA DE FERTILIDAD Y SU INTERPRETACIÓN.

Con la materia seca de ballica cosechada en los diferentes cortes se construye el diagrama de fertilidad para cada suelo (Schenkel, 1971). En el uso del diagrama de fertilidad se denominan líneas de fertilidad a todas aquellas obtenidas por la técnica del elemento faltante.

El cálculo de la ecuación, esto es, de su coeficiente angular y de posición, que define a la línea de fertilidad de cada nutriente investigado se hace por el método gráfico entregado en la parte III (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3 se dan los valores calculados para los dos parámetros que caracterizan a la línea de fertilidad de cada suelo. A partir de los valores de las líneas de fertilidad se obtienen los respectivos valores promedio para las 51 muestras. Con ellos se dibuja el diagrama de fertilidad presentado en la Figura 2.

Los coeficientes de posición (A) de las ecuaciones correspondientes a las líneas de fertilidad del fósforo (38,1) y del potasio (45,7) son notoriamente inferiores a los de las demás líneas de fertilidad estudiadas. Esta propiedad de los elementos fósforo y potasio

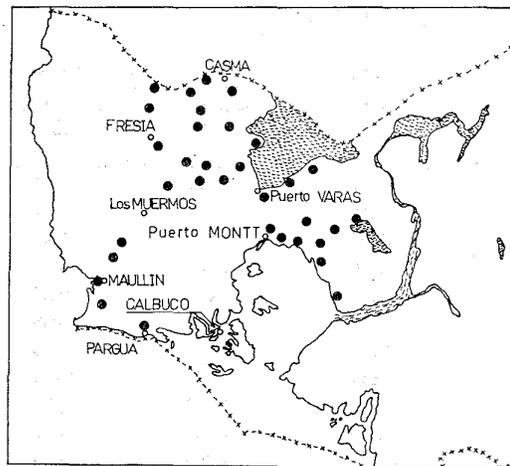


Figura 1 — Distribución muestras de suelo provincia Llanquihue.

les concede prioridad, sobre los otros nutrientes, en la producción agrícola de los suelos de esta provincia, por convertirse en los dos factores nutritivos dominantes como limitantes de su fertilidad.

Las menores reservas de fósforo y potasio de los suelos de la provincia de Llanquihue constituyen una importante diferencia con respecto a todos los demás suelos explorados anteriormente y ubicados entre las provincias de Osorno y Malleco inclusive. Así se desprende de los mayores índices de rendimiento de las líneas de fertilidad del P y K calculados para las muestras de suelo procedentes de las restantes provincias (Schenkel *et al.*, 1972b, parte x) ubicadas más al norte. Hurtado (1963) ya observa un aumento del agotamiento del potasio en el suelo a partir de su análisis químico y que se asocia con la pluvio-metría. También Volke (1963) clasifica a todas las muestras, superficiales y subsuperficiales de Llanquihue utilizadas en su trabajo, como suelos pobres en fósforo, cualquiera sea el método extractivo empleado.

La gran similitud que tienen las pendientes de las líneas de fertilidad del fósforo ($m = -0,01520$) y del potasio ($m = -0,01479$) permiten afirmar que sus velocidades de agotamiento son similares. Semejante deducción se puede hacer a partir de la Figura 2, donde se observa que ambas líneas son paralelas. Esta circunstancia confiere, en general, una mayor gravedad a la deficiencia de fósforo que a la de potasio, porque la primera será

Cuadro 2 — Datos de siembra y de algunas características de los suelos. Provincia de Llanquihue.

Suelo Número	Antecedentes de siembra			Propiedades de las muestras	
	Suelo ¹ g/maceta	Humedad ² %	Fecha	pH (KCl) (1:2,5)	Materia orgánica %
2041	1.140	33,3	12-II-68	4,6	13,1
2208	1.200	98,6	21-VIII-68	4,5	11,5
2209	1.200	106,4	21-VII-68	5,4	4,7
2210	1.200	99,1	21-VII-68	4,2	11,2
2211	1.200	94,6	21-VII-68	4,5	6,3
2212	1.200	98,8	21-VII-68	4,9	5,0
2213	1.200	101,0	21-VII-68	4,6	11,0
2214	1.200	102,4	21-VII-68	4,9	8,8
2215	1.200	112,7	21-VII-68	5,0	7,4
2216	1.200	111,0	27-VIII-68	4,3	15,9
2217	1.200	111,5	27-VIII-68	4,5	10,7
2218	1.200	96,8	27-VIII-68	4,7	9,3
2219	1.200	94,0	27-VIII-68	5,2	8,0
2220	1.200	111,0	27-VIII-68	5,3	5,3
2221	1.200	122,0	27-VIII-68	5,4	6,5
2230	1.200	112,6	3-IX-68	3,9	18,5
2231	1.300	99,5	3-IX-68	4,1	14,1
2232	1.400	65,8	3-IX-68	4,4	4,6
2236	1.200	91,4	3-IX-68	4,0	13,2
2237	1.200	90,1	3-IX-68	4,5	7,7
2238	1.400	49,4	13-IX-68	3,9	6,5
2239	1.200	89,8	13-IX-68	3,9	14,8
2240	1.200	108,5	13-IX-68	4,7	13,5
2249	1.400	69,6	24-IX-68	4,3	10,5
2250	1.600	25,7	24-IX-68	5,9	0,7
2251	1.200	16,2	24-IX-68	3,8	12,7
2252	1.200	23,8	24-IX-68	4,6	11,4
2253	1.400	76,2	24-IX-68	4,2	7,7
2254	1.200	105,4	24-IX-68	3,8	11,2
2255	1.200	127,9	24-IX-68	4,5	2,4
2256	1.400	39,6	24-IX-68	4,2	4,1
2257	1.200	115,7	25-IX-68	3,9	10,2
2258	1.400	39,5	25-IX-68	4,7	11,0
2259	1.200	95,8	25-IX-68	4,7	7,3
2260	1.200	55,1	25-IX-68	4,3	8,0
2261	1.200	84,4	26-IX-68	4,4	12,0
2262	1.200	86,8	26-IX-68	4,4	14,7
2263	1.200	79,8	26-IX-68	4,5	7,7
2289	1.200	63,7	4-III-69	4,7	7,5
2291	1.150	85,3	4-III-69	4,4	13,1
2292	1.150	78,1	4-III-69	4,7	8,3
2349	1.150	74,5	12-IV-69	4,2	13,8
2353	1.350	33,5	12-IV-69	4,6	8,5
2354	1.150	88,2	12-IV-69	4,4	16,7
2356	1.300	49,3	12-IV-69	4,9	9,1
2357	1.350	43,7	12-IV-69	4,7	7,3
2358	1.150	102,1	12-IV-69	4,5	12,0
2365	1.150	82,7	17-IV-69	4,7	10,5
2366	1.450	26,3	17-IV-69	4,1	6,0
2367	1.400	40,2	17-IV-69	4,1	9,0
2368	1.300	74,4	17-IV-69	4,5	12,2

¹Incluye el peso de la maceta vacía (promedio 140 gramos).²La humedad, en el momento de la siembra, se expresa por 100 gramos de suelo seco.

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

Suelo Nº	FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE		MICRONU- TRIENTES	
	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*
2041	54	-2268	89	-1410	81	+ 458	96	- 285	96	- 686	100	- 294
2208	46,5	- 476	73,5	-1904	124	+ 82	119	- 444	125	-1256	123	- 438
2209	27,5	-1464	45	-1420	78	+ 674	100	- 674	83	+ 76	79	- 101
2210	35	-1395	93	- 815	125	- 269	115	- 787	105	-1133	103	- 217
2211	38,5	-1774	74	- 877	96	+ 150	97	- 447	94	+ 207	113	- 354
2212	31	-1666	50,5	- 307	84	- 62	83	- 961	71	+ 413	85,5	0
2213	29,5	- 160	58	-1101	109	- 46	96	- 247	82	- 945	103	- 232
2214	48	-1892	53	-1834	96	0	100	-1105	103,5	- 466	97	- 339
2215	33	-1571	30	-1767	98	- 375	86	-1258	95	- 417	100	- 535
2216	27	-1198	32,5	-1163	109	-1201	60	-2394	86	-1600	70	- 75
2217	36,5	-1520	31	- 830	98	- 581	69	-1314	98	-1115	90	+ 887
2218	42,5	-1028	47	-1181	106	+ 23	96	- 82	102	- 885	96	- 78
2219	36	-1357	32,5	-1248	101	+ 157	92	- 677	83	0	80	- 33
2220	38	-1611	31	-1666	96	+ 262	88	- 148	90	+ 166	90	+ 96
2221	36,5	-1520	31	-1965	102	+ 91	106	- 732	81	+ 163	89	- 212
2230	50,5	- 519	38,5	-1195	108	- 854	106	-1033	69	- 999	103	-1362
2231	38	-1094	51	-1016	106	- 451	100	- 506	94	-1598	91	- 259
2232	47	-1867	47	-1015	98	+ 71	112	-1103	96	- 108	102	- 406
2236	30	-1735	55	-1046	84	+ 505	76	+ 596	76	- 453	88	+ 179
2237	25,5	-1730	36	-1340	79	+ 512	100	-1264	96	+ 197	101	+ 27
2238	26	- 456	69	- 437	105	+ 55	91	- 350	95	-1119	105	- 145
2239	28	- 455	29	- 645	120	- 468	97	- 927	87	+ 42	113	- 379
2240	25	-1531	24,5	-1342	94	0	96	-1175	88	+ 36	112	- 352
2249	28	- 70	51	-1608	116	0	99	- 265	86	-1231	108	- 134
2250	14,3	- 597	11,2	- 259	82	- 202	95	-1446	69	-1921	96,5	0
2251	25	-1326	38	- 774	100	- 374	86	- 268	105	- 989	104	- 189
2252	28,5	-1011	21	- 658	79	0	93	-1179	97	- 113	94	- 630
2253	46,5	+ 202	21,5	- 434	98	+ 248	81	+ 143	87	-1101	91	+ 158
2254	26	-1566	36	-1236	75	+ 278	73	- 284	86	- 898	84	+ 49
2255	26	-1566	18,3	- 596	50,5	+ 674	88	-1140	76	+ 426	66	+ 88
2256	43	-1280	44,5	-1128	113	- 86	94	- 34	88	-1477	91	- 118
2257	33	-1192	25,5	- 903	97	+ 211	100	- 520	81	- 616	100	- 43
2258	25,5	-1291	24,5	-1086	93	+ 158	99	- 848	80	-1092	94	+ 168
2259	51	-1043	35,5	-1079	104	+ 61	93	- 187	94	- 306	89	+ 41
2260	31,5	-1384	24,5	-1222	95	+ 124	99	- 482	82	- 138	83	- 87
2261	35	-1280	32	- 729	102	+ 28	105	- 287	82	- 399	107	- 172
2262	28	- 311	27,5	-1098	99	0	56	- 408	106	- 298	98	+ 77
2263	26	-1186	18	- 880	98	+ 91	97	- 778	94	- 132	93	- 163
2289	58,5	-2645	52	-2557	97	- 169	93	- 297	104	- 47	98	- 415
2291	48	-1183	36	-2928	87	0	105	-1257	105	-1397	113	- 908
2292	56	-2580	50	-2496	115	- 506	97	- 464	97	-1439	98	- 343
2349	46,5	-3814	72	-2858	88	-1558	90	-3408	67,5	-2297	90	-1258
2353	47	-1920	93	-1698	76	+ 397	75	- 103	79	0	83	- 486
2354	67	-4465	57,5	-3798	105	- 800	107	-3900	104	-1585	79	0
2356	44	- 860	39	-3284	110	- 414	105	-1755	94	-1015	91	- 724
2357	38,5	-2091	86	-2396	72	+ 44	96	-1118	96	- 806	87	- 609
2358	62,5	-4824	87	-4474	70	+ 968	97	-1565	88	+ 925	80	+ 843
2365	47	-2489	21,5	-1662	101	- 660	87	-1203	41	- 326	63	+ 270
2366	37	- 253	55,5	-1489	150	-1006	105	-2206	90	- 99	78	+ 899
2367	51,5	-3095	92	-1572	79	0	107	-3375	83	- 906	75	- 990
2368	41	-2113	37	-2991	86	- 748	105	-3095	94	-1545	79	- 864
Promedio												
51 suelos	38,1	-1520	45,7	-1478,8	96,3	- 88,4	94,3	- 961,7	89,2	- 633,4	93,1	- 199,3

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

de mayor intensidad que la segunda (Wright, 1965). Dicha jerarquía de deficiencias nutritivas no excluye la existencia de suelos con una conducta diferente, donde sea más grave la deficiencia de potasio que la de fósforo (por ej.: muestras 2215, 2221, 2253, 2368, etc.).

El diagrama de fertilidad de las muestras de la provincia de Llanquihue suministra otra diferencia importante con respecto a los suelos de provincias situadas más al norte. La deficiencia de magnesio es mayor que la de azufre y mucho más intensa que la de la observada con los suelos de Osorno (Schenkel *et al.*, 1972b, parte X). Para comprender la severidad de la carencia de magnesio es oportuno remitirse al suelo 2293 mostrado en la parte X (Schenkel *et al.*, 1972b), donde con un índice de rendimiento del 80% en el tratamiento sin magnesio ya se registraban claros síntomas de deficiencia de magnesio en la ballica. La conducta promedio de los suelos de Llanquihue es muy similar a la del suelo 2293. Esta coincidencia permite inferir, *a priori*, que en muchos de los suelos incluidos en este trabajo deberían manifestarse síntomas visuales inequívocos de deficiencia de magnesio después del primer corte. Experimentalmente se confirmó esta suposición.

En la Figura 2 se ve que la mayor severidad la reviste la deficiencia de fósforo, siguiéndole la de potasio en los suelos de la provincia de Llanquihue. Con un efecto menos depresivo sobre los rendimientos se manifiestan el magnesio y el azufre, dominando la primera carencia. Notoriamente menor es la incidencia que tiene sobre la producción de ballica en las muestras ensayadas una falta de calcio o de micronutrientes en la fórmula de fertilización, indicando con ello que el suelo todavía dispone de reservas suficientes para no afectar severamente los rendimientos de materia seca.

La última observación contrasta con la idea frecuentemente escuchada que los suelos de la zona necesitan ser encalados para mejorar su producción agrícola, particularmente cuando se toma en cuenta su reacción fuertemente ácida (Cuadro 2). Tampoco se registró en la ballica procedente del tratamiento sin calcio de las diversas muestras, una sintomatología de deficiencia de calcio, como fue observada en algunos suelos de Chiloé y que coincide con la indicada por Wallace (1961, plate 10). La sola excepción la puede constituir la muestra 2255 y en menor grado algunas muestras de suelo ñadi.

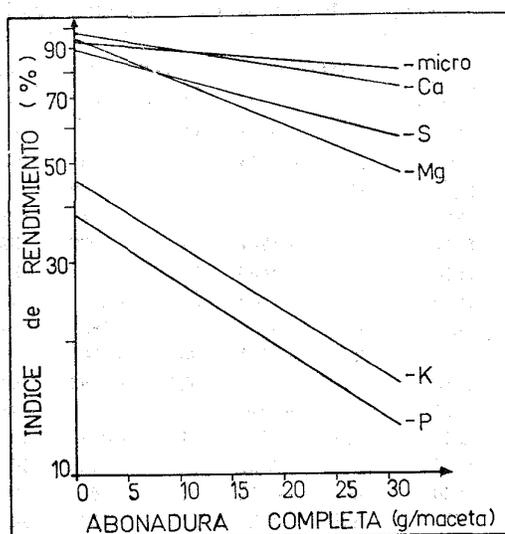


Figura 2 — Diagrama de fertilidad. Promedio de 51 muestras de la provincia de Llanquihue.

Ya se advirtió (parte X) que la ausencia de cantidades adecuadas de magnesio alteran visiblemente la calidad del producto vegetal cosechado, toda vez que el índice de rendimiento alcanzado con la fertilización completa sin magnesio es inferior al 80%. Análoga consideración se puede hacer para el azufre, lo que se corrobora con la clorosis general que provoca su ausencia en las hojas y tallos cosechados (Eaton, 1966).

Con la Figura 3 se efectúa una discusión más detallada de las líneas de fertilidad del fósforo y potasio. En primer lugar se eligen las muestras 2210 y 2217, para las cuales las ecuaciones de sus líneas de fertilidad del fósforo son casi coincidentes entre sí y concuerdan satisfactoriamente con el promedio general ($A = 38,1$ y $m = -0,01520$) calculado para las 51 muestras de la provincia de Llanquihue (Cuadro 3 y Figura 2). La semejanza de las dos muestras mencionadas en cuanto a la disponibilidad del fósforo y a su velocidad de agotamiento, no se relaciona con el comportamiento del potasio. Bien se aprecia en la Figura 3 que existe una marcada diferencia entre las dos muestras, manifestándose sólo una carencia leve de potasio en la muestra 2210, mientras ella debe calificarse como muy grave en el suelo 2217.

Cuando se parte de dos suelos (muestras 2230 y 2217) con líneas de fertilidad del potasio semejante, también se comprueba que el comportamiento de las respectivas líneas de

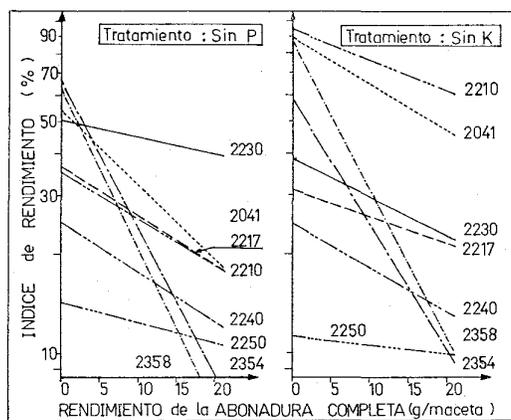


Figura 3 — Influencia del suelo sobre las líneas de fertilidad del fósforo y del potasio en muestras de la provincia de Llanquihue.

fertilidad del fósforo son diferentes. En el ejemplo mencionado de la Figura 3, la muestra 2230 está afectada por una deficiencia severa de fósforo, la que reviste una gravedad mayor para el suelo 2217.

Los suelos más ricos en potasio, incluidos en la Figura 3, corresponden a las muestras 2210 y 2041, caracterizándose esta última por una mayor reserva de fósforo.

La situación descrita confiere una dificultad importante a la predicción del comportamiento en los distintos suelos. Esta se complica aún más cuando se ve que hay suelos extremadamente pobres en ambos nutrientes —fósforo y potasio— como ocurre con la muestra 2240 y particularmente 2250.

Una conducta muy notable es la que ofrecen las muestras 2354 y 2358. La mayor fertilidad inicial detectada en ellas para el fósforo no tiene significación agronómica clara, porque las velocidades de agotamiento de este nutriente son extremadamente rápidas. Esta propiedad convierte a ambos suelos en los más deficientes en fósforo, cuando se considera una producción de materia seca igual o superior a 18 g/maceta en la fórmula completa. Parecido alcance puede hacerse para el potasio con los mismos suelos.

Por consiguiente, aunque uno de los suelos se ubica entre las muestras más ricas en potasio (2354) y ambos (2354 y 2358) son los mejor provistos de fósforo del conjunto de 51 muestras de suelo sometidas al ensayo de macetas, a juzgar por su valor de A, los dos suelos deben considerarse extremadamente pobres en fósforo y en potasio para alcanzar

elevadas producciones merced al severo agotamiento que en ellos se produce.

En la Figura 4 se ve que son menores las disponibilidades de K, Ca y Mg en las muestras subsuperficiales. Aunque las muestras de suelo procedentes de todas las profundidades están afectadas por una deficiencia muy grave de fósforo, se determina una mayor reserva de este nutriente entre los 0 y 15 cm (muestra 2218). Las menores cantidades de azufre se determinan en la muestra superficial del suelo Colegual. Este resultado es semejante al obtenido en suelos similares derivados de cenizas volcánicas recientes, profundos y de buena permeabilidad explorados en otras provincias (Schenkel *et al.*, 1972a y 1972b). Un parecido efecto de la profundidad sobre las reservas nutritivas se determina cuando se analiza el suelo Puelpún (muestras 2211, 2212 y 2213). Este caso se analizó anteriormente (Schenkel, 1972).

Cuando se acoge el criterio de Rodríguez (1950) de distinguir "5 grupos de suelos, considerando la topografía y el drenaje, que en la región influye notablemente para determinar las características de los suelos", se introduce una simplificación notable en la interpretación de los diagramas de fertilidad. Así se comprobó con los suelos de la provincia de Osorno (Schenkel *et al.*, 1972b, parte X)

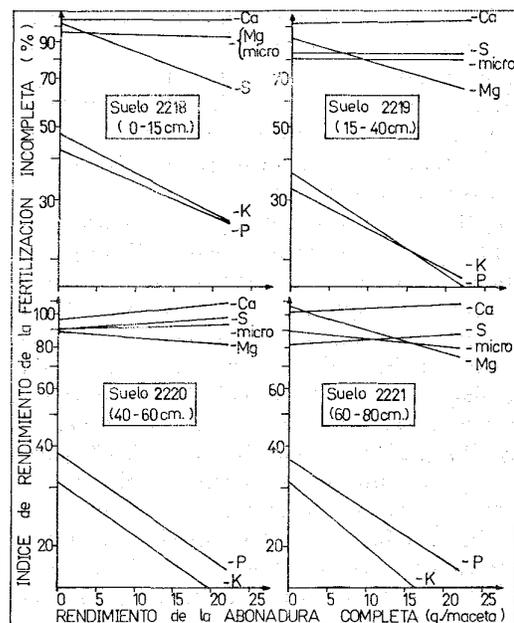


Figura 4 — Variación del diagrama de fertilidad con la profundidad de la muestra (Colegual).

y se observa ahora con los suelos de la provincia de Llanquihue.

La elección de los diagramas de fertilidad de algunas muestras representadas en la Figura 5 permiten indicar que la jerarquía de las carencias nutritivas dominantes varía de acuerdo a la ubicación fisiográfica de los respectivos suelos. Puede sostenerse que, en general, son limitantes de la producción vegetal las siguientes carencias nutritivas, que decrecen en el orden indicado:

a) Potasio-fósforo y magnesio, en "suelos de topografía de colina irregular e inclinados, que corresponden a las últimas morrenas de la época glacial" (Rodríguez, 1950), situados sobre la precordillera de los Andes. En la muestra 2356 de la Figura 5 se distingue la extrema gravedad que reviste la deficiencia de potasio, situación que también se produce para las muestras 2289, 2259, 2260 y 2253 (Cuadro 3).

b) Fósforo, y con menos drasticidad potasio y azufre, en "suelos de topografía ligeramente ondulada con pendiente suave de 2 a 8% y de perfil permeable" (Rodríguez, 1950) ubicados en el llano central. La dominancia clara de la deficiencia de fósforo se distingue en los diagramas de fertilidad de las muestras 2210 en la Figura 5, 2211 y 2212 (Schenkel, 1972), 2218 (Figura 4) y 2353 (Cuadro 3), indicando así la escasa disponibilidad de fósforo que caracteriza a estos suelos. De un modo similar se expresan Wright (1965), IANSA (1964) y Díaz *et al.* (1960) quienes reconocen en los fertilizantes fosfatados un factor fundamental para mejorar la fertilidad de los suelos de la zona.

c) Todos los nutrientes, pero fundamentalmente potasio y generalmente fósforo, en "suelos de topografía muy plana o que se encuentran en depresiones" (Rodríguez, 1950). La gran complejidad que tienen los problemas de fertilidad de estos suelos se ilustra con los diagramas de fertilidad de las muestras 2217 en la Figura 5, 2216 (Schenkel y Gajardo, 1971), 2368 (Schenkel, 1972) y 2262 (Cuadro 3). Resalta la escasa disponibilidad de numerosos elementos químicos esenciales a la nutrición mineral de las especies vegetales, pero siempre recayendo sobre el potasio y fósforo las limitaciones más drásticas (Schenkel *et al.* 1972b).

d) Fósforo, azufre y potasio en "suelos de tipo ondulado, con perfiles densos, pero per-

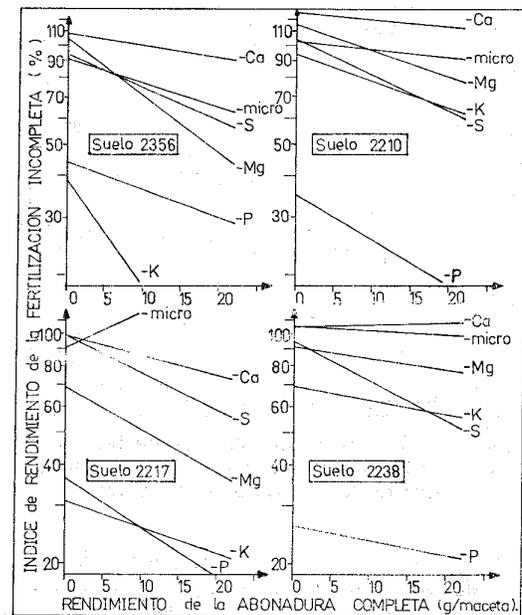


Figura 5 — Algunos diagramas de fertilidad de la provincia de Llanquihue que se asocian con características fisiográficas de sus suelos.

meables y bien drenados que se encuentran en los llanos antepuestos a la Cordillera de la Costa" (Rodríguez, 1950).

Los diagramas de fertilidad de la muestra 2238 (Figura 5) y 2367 (Schenkel, 1972) confieren al azufre una importancia similar o mayor que a la del potasio, pero en todo caso inferior a la del fósforo.

Una comparación del comportamiento de los suelos de las provincias de Llanquihue y Osorno que ocupan igual posición fisiográfica, arroja buena concordancia en el diagnóstico precedente. La discrepancia mayor podría encontrarse en los suelos de los llanos antepuestos a la Cordillera de la Costa, donde para la provincia de Osorno se detecta la deficiencia de azufre en forma más intensa, pero la de fósforo con menos severidad que en la provincia de Llanquihue. Esta diferencia podría indicar que las muestras procedentes de los correspondientes suelos de la provincia de Llanquihue estarían contaminados con cenizas volcánicas recientes (trumaos). Tal interpretación no es del todo imposible, sobre todo si se atiende a la presencia de ellas en suelos situados a mayor distancia de los centros de eyección volcánica que las referidas muestras recolectadas (por ej.: Maullín).

CONCLUSIONES

Los suelos de la provincia de Llanquihue presentan al fósforo, potasio y azufre como los principales elementos nutritivos carenciales que afectan a los rendimientos de las plantas que ahí se cultivan. También se determina una deficiencia grave de magnesio, la que se constriñe esencialmente a los suelos que se ubican en la precordillera de los Andes o que proceden de lugares de topografía muy plana.

Factores de topografía, manejo del suelo, geomorfología, clima, drenaje y uso del suelo concurren para que entre muestras se observe variación individual para los dos coeficientes de la ecuación que caracteriza a las líneas de fertilidad. Además se comprueba una alteración del orden decreciente de la intensidad de las deficiencias nutritivas principales.

La interpretación de los diagramas de fertilidad se simplifica cuando se relacionan con la fisiografía de la zona, en la forma planteada por Rodríguez (1950 y 1960) para los suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. El presente trabajo permite sostener que la jerarquía de las deficiencias nutritivas se deja asociar con las características de los suelos, según la posición fisiográfica que ellos ocupen.

La jerarquía de las deficiencias nutritivas limitantes de la producción vegetal puede

predecirse según cual sea el lugar de la provincia de Llanquihue del cual proceda la muestra de suelo. Las deficiencias nutritivas dominantes decrecen en el orden siguiente:

- a) Potasio, fósforo y magnesio, en suelos situados sobre la precordillera de los Andes.
- b) Fósforo, potasio y azufre, dominando nítidamente la primera de ellas, en suelos de topografía ondulada con perfil permeable, ubicados en el llano central.
- c) Todos los nutrientes, pero fundamentalmente potasio y fósforo, en suelos de topografía muy plana o que se encuentran en depresiones.
- d) Fósforo, azufre y potasio en suelos ondulados, con perfiles densos que se ubican en los llanos antepuestos a la Cordillera de la Costa.

El comportamiento de los suelos de la provincia de Llanquihue antes indicado, corrobora los resultados obtenidos con suelos de la provincia de Osorno (Schenkel *et al.*, 1972b). Una comparación de los diagramas de fertilidad de los suelos de similar posición topográfica y fisiográfica de ambas provincias lleva a la conclusión que en el cuarto grupo —suelos de la precordillera de la costa— de la provincia de Llanquihue se agrava la deficiencia de fósforo y se vuelve menos drástica la deficiencia de azufre que en los correspondientes suelos de la provincia de Osorno.

RESUMEN

Las carencias nutritivas de 51 muestras de suelo de la provincia de Llanquihue se identifican en ensayos de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*. Las muestras de suelo proceden preferentemente de la capa arable.

Los resultados se interpretan mediante el diagrama de fertilidad. La intensidad de las deficiencias minerales se miden por las líneas de fertilidad. Ellas obedecen a una ecuación de la forma $\log Y = mX + \log A$, donde X es el rendimiento acumulado de la abonadura completa (gramos/maceta) e Y el índice de rendimiento acumulado de la fertilización incompleta.

El fósforo y el potasio constituyen las deficiencias predominantes, debiendo calificarse, además, como graves las de magnesio y azufre. No se estudia el nitrógeno.

Los factores topográficos y de permeabilidad del suelo influyen sobre los diagramas de fertilidad. La deficiencia de azufre tiende a acentuarse en suelos de la cordillera de la Costa. Cuando se avanza hacia la Cordillera de los Andes, pasan a ocupar gradualmente esta importancia el potasio y el magnesio. Hacen excepción los suelos ñadis donde todos los elementos nutritivos, incluso micronutrientes y calcio, son carenciales, aunque ninguno con la gravedad del potasio.

Suelos comparables fisiográficamente de las provincias de Osorno y Llanquihue se comportan en forma similar.

El valor promedio de los 51 suelos obtenidos para la provincia de Llanquihue es para A: 38,1; 45,7; 96,8; 94,3; 89,2 y 93,1; para m es: -0,015200; -0,014788; -0,000884; -0,009617; -0,006334 y -0,001993, con las líneas de fertilidad del fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes, respectivamente.

SUMMARY

The nutritional deficiencies of 51 soil samples, from the province of Llanquihue, are identified in pot experiments with *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*. Most of these soil samples come from the plow-depth level.

The interpretation of the results is made through a fertility diagram. The intensity of these mineral deficiencies is measured through lines of fertility. They follow a semilogarithmic equation of the form: $\log Y = \log A + mX$, where X is the accumulated yield (g/pot) of the complete fertilization treatment, and Y the percentage of yield of the incomplete fertilization treatment.

The main deficiencies detected are phosphorus and potassium but a severe scarcity of magnesium and sulphur is also observed. Nitrogen is not studied in these experiments.

Topographic and permeability factors influence the fertility diagram. Sulphur deficiency tends to increase in those soils located in the coastal range. Towards the Andes Mountain range, potassium and magnesium becomes more important. One exception is presented by "ñadi" soils where all the nutrients, including micro-nutrients and calcium, are scarce with potassium being the predominant deficiency.

Soils located on the same fysiographic position of both provinces, Osorno and Llanquihue, behave in the same way.

The average values of coefficient A, calculated for Llanquihue samples, are 38.1; 45.7; 96.8; 94.3; 89.2 and 93.1 and for coefficient m: -0.015200; -0.014788; -0.000884; -0.009617; -0.006334 and -0.001993 of the fertility line for phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur and the micronutrients (B, Mo, Cu, Zn and Mn) respectively.

LITERATURA CITADA

- CHILE, IANSA. 1964. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera; temporada 1963/1964. Industria Azucarera Nacional, S. A. Departamento Agrícola, Sección Estudios Agronómicos. Santiago, Chile. pp. 1-173.
- DÍAZ, C., ASTUDILLO, J. y ARANDA, G. 1959/1960. Reconocimiento de suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. Agricultura Técnica (Chile). 19/20: 125-205.
- EATON, F. 1966. Sulfur. In Chapman, H. ed. Diagnostic Criteria for plants and soils. University of California, Division of Agricultural Sciences. pp. 444-475.
- HURTADO, R. 1963. Potasio, nitrógeno y materia orgánica en suelos dedicados al cultivo de la alfalfa. Chillán (Chile). Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. 296 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).
- MUNSELL. 1954. Soil Color Charts. Baltimore, Munsell Color Company, s/p.
- RODRÍGUEZ, M. 1959/1960. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. Agricultura Técnica (Chile). 19/20: 309-399.
- . 1950. Reconocimiento de suelos en las provincias de Osorno y Llanquihue. In. Chile, Depto. de Investigaciones Agrícolas, Dirección General de Agricultura, Santiago, Chile. Siete años de investigación Agrícola, 1940-1947. Ministerio de Agricultura. pp. 271-286.
- SCHENKEL, G. 1972. Algunas aplicaciones del diagrama de fertilidad a suelos y plantas en Chile. Trabajo presentado en II Panel Latinoamericano sobre suelos derivados de cenizas volcánicas, 18-24 junio, 1972, Nariño, Colombia (sin publicar).
- . 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.
- 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. 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. I. Experiencia preliminar. Agricultura Técnica (Chile). 30 (4): 179-193.
- , ———, ——— y ———. 1972a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VIII. Macronutrientes, provincia de Valdivia. Agricultura Técnica (Chile). 32 (1): 37-48.
- , ———, ——— y ———. 1972b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. X. Macronutrientes, provincia de Osorno. Agricultura Técnica (Chile). 32 (2): 99-111.
- , 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 (Costa Rica). 21 (3): 272-279.

- , 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.
- VOLKE, V. 1963. Comparación de métodos extractivos de fósforo en suelos representativos de las provincias de Llanquihue y Osorno. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. 135 p. (Tesis Ing. Agr. mimeografiada).
- WALLACE, T. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 2nd. ed. Chemical Publishing Co., New York. 125 p.
- WRIGHT, CH. 1965. Report to the government of Chile on the volcanic ash soils of Chile. Report Nº 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 201 p.