

# Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas

## VII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Cautín<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

Las deficiencias nutritivas más importantes que existen en los suelos de Cautín son fósforo, potasio y azufre (20), sin contar al nitrógeno.

Hay mucha semejanza entre el diagnóstico de fertilidad formulado para los suelos de las provincias de Malleco (22) y de Cautín

(20). Por esta razón es interesante conocer el comportamiento de las mismas fórmulas de fertilización probadas con las muestras de Malleco (21). Las fertilizaciones nitrogenadas y fosfatadas representan prácticas comunes en la zona, no así la abonadura anterior más sulfato de potasio (NPKS). La inclusión de esta última fórmula se justifica en el presente trabajo, porque permite conocer oportunamente las limitaciones que su aplicación pudiera tener en los suelos del área más próxima a la Estación Experimental Carillanca, ya que se asocia con una agricultura más intensiva.

También se pretende conocer el grado de eficiencia de las fórmulas de fertilización mencionadas para corregir las deficiencias nutritivas de las muestras que proceden de distintas profundidades del perfil del suelo.

<sup>1</sup>Recepción manuscrito: 10 de noviembre de 1971.

<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.

## MATERIAL Y METODO

La identificación de las muestras de suelo empleadas y su distribución en la provincia de Cautín se puede consultar en la Parte vi (20). Ahí también se especifican los distintos tratamientos de fertilización.

La técnica del ensayo de macetas se ha descrito en la Parte ii (19). El cálculo de las ecuaciones correspondientes a las distintas líneas de producción se hace en la forma indicada en la Parte iii (24).

## RESULTADO Y DISCUSION

Los coeficientes A y m que caracterizan a las líneas de producción de las tres fórmulas de fertilización se han calculado para las 102 muestras de Cautín. El resultado se entrega en Cuadro I. Con el valor promedio de todos los suelos, independientemente de su profundidad, se construyó la Figura 1. Por razones de claridad se agregan las líneas de fertilidad, determinadas en la Parte vi (20). Se observa que la fertilización nitrogenada sola (+N) conduce a un uso inadecuado del suelo, por la severa limitación que impone la falta de fósforo.

Además, son notorios los menores índices de rendimiento obtenidos con la línea de producción del nitrógeno (+N) que con la línea de fertilidad del fósforo (-P), cualquiera sea la producción de ballica considerada para la abonadura completa. Las muestras de Cautín confirman este comportamiento, ya observado anteriormente en los suelos de Malleco (21).

Se hace necesario conceder mayor atención a las causas de esta diferencia experimental observada entre ambas líneas. En la Parte v (21) se expresaba que la adición de los elementos potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes (cobre, zinc, boro, molibdeno y manganeso) aumentan la fertilidad actual del suelo, aunque no se agregue fósforo, y no obstante ser el principal elemento nutritivo deficiente. Parece oportuno asociar este hecho con las experiencias de López (9), quien en suelos colombianos derivados de cenizas volcánicas comprueba una fuerte pérdida de potasio como consecuencia de la lixiviación producida por la incorporación de sales amoniacales al suelo. Podría estimarse que las aplicaciones semanales de nitrato de amonio a la maceta con libre drenaje externo produce un efecto similar en el suelo ahí contenido con el tratamiento +N. Hay un rápido agotamiento de las reservas de potasio, como se comprobó en la Parte i (23).

Esta lixiviación del potasio no causa el mis-

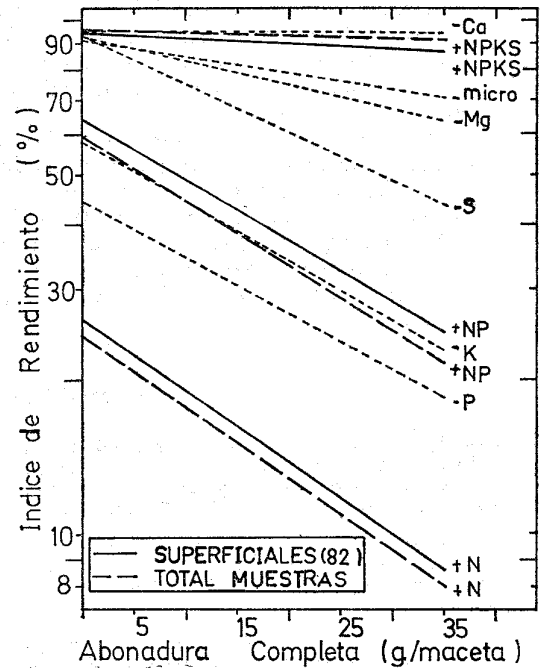


Figura 1. Diagrama de fertilidad. Promedio 102 muestras, provincia de Cautín

mo efecto en los tratamientos sin fósforo y +N, porque en el primer caso recibe una elevada dosis de potasio en el momento de la siembra, asegurándose de esta manera una adecuada disponibilidad de potasio.

Además, parece intervenir otro factor importante para ponderar los diferentes índices de rendimiento determinados por las líneas -P y +N en Figura 1. Este se asocia con la velocidad de crecimiento de las plantas. En efecto, en ninguno de los dos tratamientos siguientes: fertilización +N y +NP se incorpora potasio al suelo. En ambos casos debería haber una misma incidencia de las aplicaciones de nitrato de amonio. Si la limitante es el potasio, éste afectaría por igual a los tres tratamientos: -P; +NP y -K, como en el hecho ocurre. Pero, también compromete al tratamiento +N, y es precisamente aquí donde se produce la gran baja de rendimientos. La explicación podría encontrarse en que la ballica se desarrolla al comienzo —primer corte— con extraordinaria lentitud cuando sólo se aplica nitrógeno (+N) y con mucha rapidez en los otros tres tratamientos mencionados. Esta mayor velocidad de crecimiento denominada "Wachstumtempo" por Sokolov (25) permite una rápida absorción del potasio disponible durante el primer estado de desarrollo de la ballica (3) (18), sin que las aplicaciones semanales de nitrato de amonio

**Cuadro 1 — Valores de las líneas de producción ( $\log Y = mX + \log A$ ) para fertilizaciones N, NP y NPKS en suelos de Cautín.**

MUESTRA N <sup>o</sup>	FORMULA DE FERTILIZACION AGREGADA AL SUELO					
	NITROGENO		NITROGENO + FOSFORO		N + P + K + S	
	A	$mx10^{+5}$	A	$mx10^{+5}$	A	$mx10^{+5}$
LABORAT.						
1967	48,5	-1144	116	- 979	103	0
1968	20	-1144	98	-1095	110	-362
1969	58	-1492	93	-541	98	- 30
1970	17,5	- 546	101	- 961	103	0
1973	23	-1202	98	-994	116	-276
1974	41	-1408	99	- 837	97	+ 47
1975	30	- 880	100	- 602	116	- 64
1976	25	-1003	84	-1051	105	+ 23
1977	32,5	-1237	104	-1089	117,5	-412
1978	40,5	-1104	96	- 31	107	-161
1979	40	-1291	86	- 785	98	+ 35
1980	24,5	-1112	90	-1101	96	0
1981	30	- 766	114	- 820	107,5	- 48
1982	41	-1299	119	-1102	107	- 209
1983	21	- 976	96	- 704	120	- 550
1984	49	-1095	93	-1123	111	- 113
1985	50	-1479	109	-1281	111	- 304
2222	16,5	- 436	43	- 351	83	+ 340
2223	11	- 752	36	-1358	97	+ 44
2224	16,8	-1584	36	-1987	105	- 79
2225	17	-1677	31	-1820	95	+ 117
2226	22	-1317	56	- 836	117	0
2227	24	-1521	46	-1590	120	-172
2228	19	-1391	41	-1858	125	- 49
2229	21,5	-1625	20	- 777	105	+ 82
2241	18	-2296	46	-1507	95	+ 97
2242	16,5	-2016	32	-1146	85	+161
2243	13,5	- 465	56	-1443	104	0
2244	23,5	-1691	52	-1752	118	-314
2264	14,5	0	43	- 46	93	+113
2265	8,9	- 316	39	- 920	104	0
2266	12	-1183	35	-1491	103	+184
2267	15,5	- 577	55	-1348	116	- 25
2268	21	-1942	63	-2140	124	-137
2269	19,5	-1706	62	-2101	115	- 55
2270	16	-1752	52	-2238	106	+ 95
2271	17	- 556	43	-1095	104	+183
2272	16	-1134	35	-1700	95	+332
2273	14,5	-1445	39	-1167	100	+215
2274	17,5	-1703	32	-1279	135	-449
2275	14,5	- 556	47	- 857	90	+191
2276	16,5	-1399	44	-1562	97	+144
2285	32	-3212	83	-1786	106	-1126
2286	26,5	-2744	53	-2116	88	-349
2290	22	-2396	65	- 843	85	- 694
2369	42	-3194	54	-2294	66	-1225
2370	8,7	-2250	52	-5181	110	-3108
2371	43	-3223	76	-2013	93	-1976
2372	29	-2720	37	-3039	65	+ 707
2373	47	-3757	60	-3329	93	-1631
2374	35	-3680	40	-1855	90	0
2375	36	-4636	50	-4239	105	-1788
2376	38	-3129	55	-3138	94	- 360

Cuadro 1 — Continuación

MUESTRA		FORMULA DE FERTILIZACION AGREGADA AL SUELO					
Nº	NITROGENO		NITROGENO + FOSFORO		N + P + K + S		
LABORAT.	A	mx10 <sup>+5</sup>	A	mx10 <sup>+5</sup>	A	mx10 <sup>+5</sup>	
2385	ensayo perdido						
2386	31	-4914	46	-4305	88	-2427	
2387	5,6	-5721	74	-5237	76	-1677	
2388	38	-5798	41,5	-4018	96	-1129	
2389	48	-3005	65	-205	64	-92	
2417	37	-2773	69	-1575	101	+84	
8798	25	-303	82	-709	89	+202	
8799	25	-1284	57	-1193	93	+208	
8800	27	-1417	52	-1186	105	+205	
8801	23	-1447	43	-517	88	+514	
8802	20	-1536	40	-1086	74	+677	
8803	14	-1195	43	-198	83	+650	
8804	25,5	-1694	26,5	-41	90	+158	
8805	18,5	-594	42,5	-591	100	+300	
8806	16	-866	40	-700	85	+471	
8807	13,5	-334	40	-622	88	+314	
8808	11,5	-719	59	-945	102,5	+262	
8809	4,9	-395	23,5	-549	66	+622	
8810	11	-416	31,5	-400	94	+34	
8811	8,5	-1296	41	-1113	93	+404	
8812	6,3	0	23,5	-3512	81	+398	
8813	3,2	-346	21,5	-875	82	+233	
8814	8,8	-1587	27	-794	88	+397	
8815	6,2	+593	17	-3057	71	+465	
8816	25	-829	45	-718	65	+693	
8817	17,5	-2025	27,5	-999	73	+570	
8818	12	-720	46	-1075	98	+275	
8819	18	-1627	48	-1355	92	+191	
8820	33	-1265	73	-224	95	0	
8821	15	-155	44	-856	88	+214	
8822	34	-334	63	-144	79	+47	
8823	30,5	-637	68	-759	88	+308	
8824	33	-1017	90	-295	92	+151	
8825	15	-880	39	-570	96	+148	
8826	20,5	-693	72	-567	110	-27	
8827	19	-1327	67	-1028	97	0	
8829	47	-1272	86	-601	104	0	
8830	27	-1198	55	-560	91	+114	
8831	17	-631	63	-786	88	+154	
8832	24	-552	78	-434	87	+242	
8833	27	-521	65	-861	73	+621	
8834	35	-1295	71	-583	83	+450	
8835	25	-995	49	-365	104	+128	
8836	1,7	+1537	53	-797	73	+506	
8837	21,5	-411	72	-135	85	+142	
8838	24	-537	89	-1158	100,5	-155	
8839	16	-244	61	-907	78	+348	
8840	63	-1187	90	-515	77	+355	
8841	70	-1472	92	-429	102	-116	
8853	25,5	-830	67	-214	76	+341	
Promedio (102 muestras)							
	24,48	-1405,1	59,65	-1271,2	95,5	-58,7	

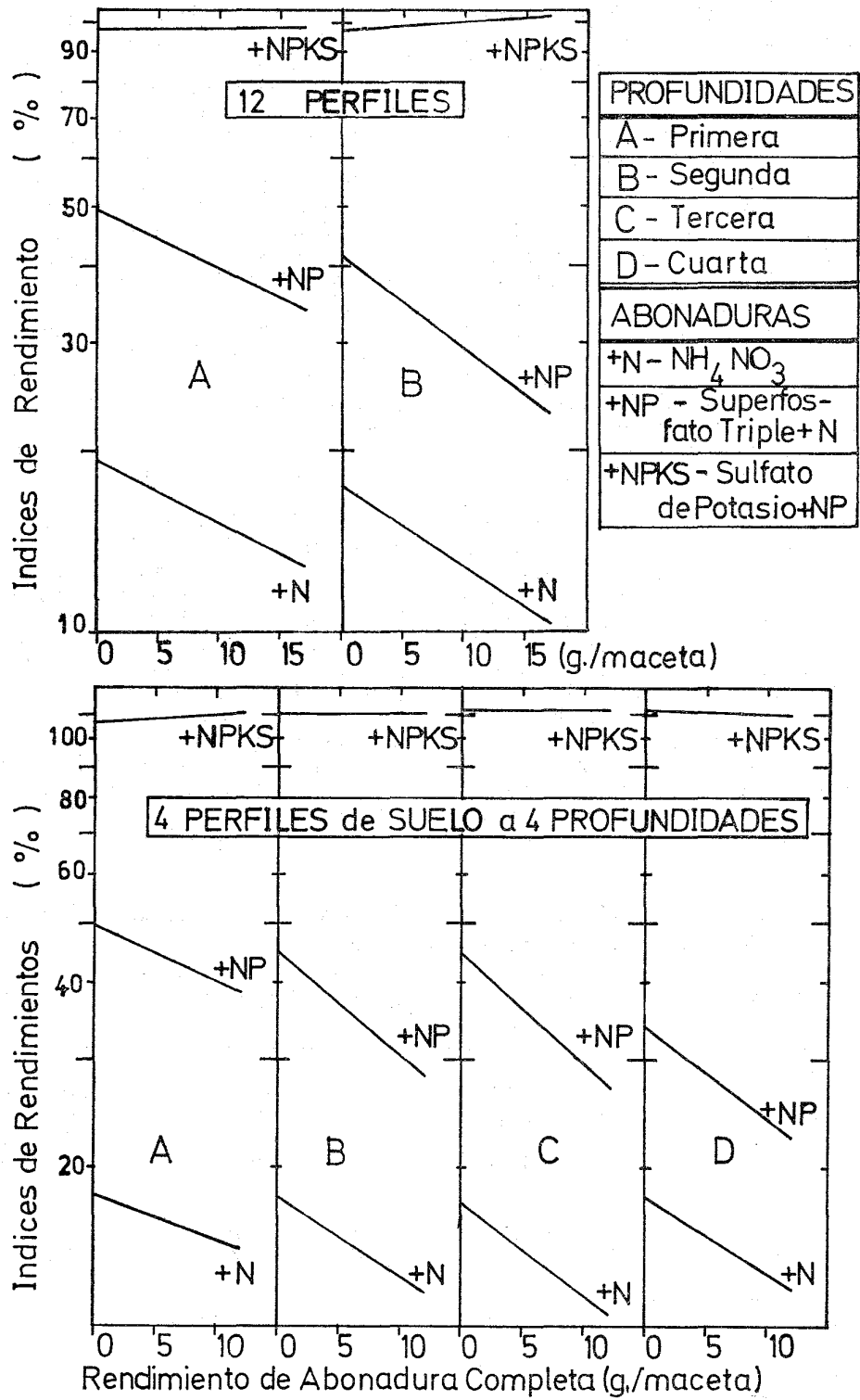


Figura 2. Influencia de la profundidad. Provincia de Cautín

alcancen a producir pérdidas importantes de potasio. Lo opuesto ocurriría en el tratamiento +N, donde hay una disminución fuerte de las disponibilidades de potasio. Si este hecho es real, y susceptible de generalizarse a otros suelos chilenos, reviste mucha importancia conocer la dinámica del potasio en el suelo, particularmente en función de dosis y tipos de abonos nitrogenados.

La abonadura superfosfato triple + nitrato de amonio da rendimientos muy semejantes al tratamiento sin potasio, como se infiere de la Figura 1. Los mismos resultados ya obtenidos con los suelos de Malleco (21) permiten generalizar e indicar que las aplicaciones NP determinan producciones equivalentes a los rendimientos de la línea de fertilidad del potasio. En otros términos, el éxito de la abonadura NP es inseparable de la intensidad con la cual se presenta la deficiencia de potasio. Cuanto mejor provisto de potasio estén los distintos suelos, tanto más elevadas serán las producciones que se obtengan con las fertilizaciones NP, siempre que no exista otra limitante nutricional. Pero, como el agotamiento de sus reservas de potasio es función de la intensidad de uso del suelo, la carencia de potasio de un suelo inicialmente bien provisto de él, será cada vez más nítida, a consecuencia de las repetidas abonaduras NP. La proyección de este fenómeno hacia el futuro será que los suelos de Cautín —en este caso— tendrán cada vez mayores requerimientos de potasio, y tanto más cuanto mejor dotados de fósforo y nitrógeno se encuentren

debido a la fertilización. Este argumento puede aplicarse a todo nutriente que siga al fósforo y nitrógeno, cuando la intensidad de las deficiencias se ordena en forma decreciente. Igual situación se produce para el elemento carencial siguiente al potasio, si éste y los anteriores han sido llevados a un nivel óptimo: Por ejemplo, la Figura 1 permite señalar al azufre en esta ubicación, por cuanto será el elemento siguiente como limitante de la fertilidad de los suelos de Cautín. Le siguen con restricciones menos severas, el magnesio y los micronutrientes.

En las condiciones antes definidas es fácil pronosticar que la abonadura NPKS debe ser exitosa, ya que su línea de producción deberá coincidir o superar a la línea de fertilidad del magnesio. La Figura 1 muestra que se superan todas las expectativas, alcanzándose al nivel de fertilidad definido por el tratamiento sin calcio.

Poca influencia tiene la profundidad del suelo sobre la eficiencia de la abonadura nitrogenada como se ve en Cuadro 2 y Figura 2. Hay algunas variaciones en la pendiente de la línea de producción del nitrógeno que no modifican sustancialmente la ineficacia de esta práctica de fertilización. Este resultado sorprende, ya que la respuesta a la abonadura nitrogenada es independiente del contenido de materia orgánica y sus fluctuaciones dentro del perfil de suelo. Diferente es la situación que se plantea en la línea NP. Los índices de rendimiento son cada vez menores a medida que se profundiza en el perfil. Esta res-

**Cuadro 2 — Influencia de la profundidad sobre los valores promedios de las ecuaciones de producción. Provincia de Cautín.**

PROFUNDIDAD	NITROGENO		NITROGENO + FOSFORO		N + P + K + S	
	A	m*	A	m*	A	m*
<i>4 Perfiles</i>						
Primera	17,8	- 721,5	49,3	- 907,5	105	+124,5
Segunda	18	-1337,3	45	-1697	109	+ 16,8
Tercera	17,5	-1531,5	44,5	-1778,3	111,3	+ 8
Cuarta	18	-1689,3	33,8	-1528,5	110,3	- 38,8
<i>12 Perfiles</i>						
Primera	18,2	- 910,6	49,1	- 962,1	97,3	+ 17,9
Segunda	17,4	-1324,6	41,3	-1559,2	97,2	+131,8
<i>82 muestras superficiales</i>						
Primera	26,2	-1396,9	64,4	-1191,8	93,8	- 90,8
<i>Promedio muestras Cautín (total 102 muestras)</i>						
	24,5	-1405,1	59,7	-1271,1	95,5	- 58,7

\*Todos los valores de m deben multiplicarse por  $10^{-6}$ .

puesta se asocia con las menores disponibilidades de potasio observadas en las mismas muestras (20). Se confirma con doce perfiles de suelos recolectados a dos profundidades y con cuatro perfiles recogidos a cuatro profundidades, como se observa en Figura 2 y Cuadro 2. También se destaca en la Figura 1 que la línea de producción NP determina mayores índices de rendimiento en las 82 muestras superficiales que en el total.

La menor fertilidad alcanzada en todos los casos considerados con las muestras subsuperficiales, frente a la abonadura NP explica la observación hecha por algunos agricultores que se oponen a una inversión profunda del suelo durante las labores de aradura. A la luz de los resultados obtenidos en este trabajo, tiene validez esta reticencia, pero sólo cuando se fertiliza con NP. Sin embargo, parecen infundados tales temores cuando se incorpora una abonadura NPKS al suelo. En efecto, la Figura 2 muestra que en todos los casos se obtienen excelentes rendimientos de ballica con esta abonadura, alcanzándose una fertilidad óptima. Aún más, hay una ligera diferencia en la eficiencia de esta abonadura NPKS, comportándose mejor con las muestras subsuperficiales que con las superficiales. Análoga conclusión puede obtenerse a partir de la comparación que se hace con el total de muestras y las superficiales, como se observa en la Figura 1. Esta diferencia se menosprecia en la presente discusión, porque se estima incierto que sea significativa. Se prefiere obtener una mayor evidencia experimental.

La línea de producción NPKS supera ligeramente al 100%, elegido como equivalente a la fertilidad óptima. Diversas razones se aducen para explicar este resultado en la Parte v (21). La investigación realizada por Polle y Russi (12) en un suelo Santa Bárbara de la zona de Vilcún, permite enfatizar la importancia concedida a la granulación del abono fosfatado. Su ensayo de macetas demuestra en forma inequívoca la enorme influencia que incumbe al tamaño medio del gránulo de superfosfato triple en la eficiencia con la cual el trigo usa al fosfato. Por consiguiente, un índice de rendimiento superior a 100% de la fórmula de fertilización NPKS podría atribuirse a la adecuada granulometría de la fuente de fósforo usada en el abono comercial y que no se dio en el reactivo para análisis monofosfato de calcio suministrado con la abonadura completa.

No es propósito revisar la investigación hecha con fósforo en los suelos de esta provincia. Numerosos trabajos (2) (6) (7) (8) (10) (11) (13) (14) (15) (31) aportan antecedentes de campo que justifican el énfasis

dado aquí a la fertilización NP como una etapa necesaria e indispensable para elevar la fertilidad de los suelos de esta provincia. Esta abonadura también se aplica a los ensayos con praderas (1) (4) (5), porque se reconoce su beneficio en el establecimiento y mantención de las mismas. Letelier (7) ha destacado la función importante del fósforo en los suelos volcánicos chilenos. Volke (29) calcula las superficies de respuesta a la fertilización NP en trigo con suelos de Cautín, después de establecer previamente (30) su decisiva influencia sobre los rendimientos de grano. En forma más reciente (31) determina que nitrógeno y fósforo son dos de los factores de producción más importantes para trigo.

Por consiguiente, lejos de desconocer la importancia de la abonadura NP, los autores creen necesario advertir que ésta no será suficiente para alcanzar y mantener elevadas producciones con los cultivos de la zona. Algunas investigaciones realizadas en estos suelos pueden aducirse para respaldar este juicio. Ya se había mencionado (21) que Volke (31) determina "que el bajo contenido de potasio asimilable en el suelo se convierte en un factor limitante importante de la producción de trigo en suelos trumaos de esta provincia". Semejantes resultados obtienen Olliger y Greve (11) con praderas, observando fuertes aumentos de rendimiento por la adición NPKS, donde con un suelo ubicado al sur de Galvarino (CORA, ex Sucesión Manríquez) se alcanzó 50,72 ton. M. Verde/há. con NPKS frente a 29,7 con NP y sólo 14,85 con el testigo en una pradera establecida de trébol subterráneo y festuca. También en una pradera permanente de trébol blanco y ballica inglesa en Pillanlelbún (fundo Sta. Rosa, de don Julio Fernández) comprobaron que la adición de NPKS elevó los rendimientos en forma considerable, 41,45 ton. M. Verde/há. en relación a 27,02 con NP y 17,40 con testigo.

En raps de primavera obtiene von Baer (2) una respuesta favorable al azufre aplicado en forma de yeso y de azufre elemental. El rendimiento de la fertilización superfosfato triple (150 Kg  $P_2O_5$ ) + salitre (75 Kg N/ha) + sulfato de potasio (100 Kg/ha) logra elevarse en un 29% cuando en la fórmula anterior se reemplaza el  $K_2SO_4$  por 200 Kg de azufre, en un 32% cuando se usa yeso (200 Kg/ha) y en un 40% cuando se usa yeso + 20 Kg/ha de bórax. El mismo comportamiento favorable se determina para esta última fórmula (N, P, S, B) sobre raps de invierno, pero con un incremento de producción algo menor (25%).

Schalscha *et al* (17) afirman que para suelos ubicados entre las provincias de Bío-Bío

y Llanquihue, donde se incluyen muestras de Cautín, "no presentan deficiencias de cobre, zinc y hierro, pero sí tienen problemas en cuanto a su manganeso disponible". En un posterior trabajo (16) en que se aplica un método microbiológico en su determinación, estos autores vuelven a corroborar el diagnóstico de deficiencia de manganeso.

También los datos de Cubillos *et al* (4) corroboran esta deficiencia de manganeso en el suelo de Carillanca. Parecería además que esta deficiencia se manifiesta mediante la existencia de bajo contenido de manganeso en la planta, antes que en un efecto depresivo sobre los rendimientos, observándose los valores más bajos principalmente en el verano.

Para Weinberger (32) es improbable que existan deficiencias de cobre y de manganeso, en los suelos chilenos derivados de cenizas volcánicas en virtud de sus bajos valores de pH. Los contenidos de cobre en las gramíneas por él analizadas, deben estimarse más bien elevadas. En cambio, según Schwabe (26) es frecuente encontrar entre estos suelos deficiencias de zinc. Binsack, citado por Weinberger (32), comprueba la existencia de una grave deficiencia de molibdeno en algunos suelos trumaos. Weinberger<sup>1</sup> confirma este resultado en cuatro suelos de Cautín. Los datos presentados en el trabajo de Cubillos *et al* (4) deja en claro que para el buen desarrollo de la ballica hay una severa limitante impuesta por la falta de potasio, toda vez que su tenor fluctúa entre 1,8 y 1,5%. Análoga interpretación se da al tenor de magnesio y azufre, aunque ambos contenidos sean suficientes para satisfacer los requisitos mínimos de los rumiantes (27). Por tanto, no debe sorprender que el diagrama de fertilidad de la muestra Nº 1984 (20) permita anticipar estas características de la pradera usada por Cubillos (4), ya que ambos sitios están muy próximos uno de otro.

Según Letelier (6), el azufre tiene cierta importancia sobre el desarrollo de las praderas en algunos trumaos, al igual que en remolacha y raps, pero no así en papas. Para este último hay un efecto relativamente más importante del potasio que en los demás cultivos. También expresa Letelier (6) que se ha observado efecto del potasio en la composición botánica de la pradera, pero no en el rendimiento. Además, afirma que la existencia de las deficiencias de azufre y boro, aunque indudables, no constituyen un problema serio.

<sup>1</sup>Weinberger, P. Director Instituto de Botánica, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Ensayo con molibdeno en cuatro suelos. (Resultados preliminares; comunicación personal).

Valenzuela (28) con raps, variedad Norin 16, determina sustanciales aumentos de rendimientos con NPS en relación a NP y al testigo (25,81; 17,85 y 0,00 qq/ha) en el fundo Quintrilpe (Vilcún). La suplementación con otros nutrientes, particularmente boro, condujo a los rendimientos máximos, alcanzando 30,78 qq/ha para el tratamiento NPKSMgB.

## CONCLUSIONES

Las tres fórmulas de fertilización N, NP y NPKS probadas determinan diferentes respuestas en los rendimientos de ballica en los suelos de Cautín.

Sobresalen las bajas producciones alcanzadas con la abonadura nitrogenada. Esta conducta de las 102 muestras de Cautín es similar a la observada anteriormente con los suelos de Malleco (21) y permite concluir que la sola adición de N es inadecuada. Por su intermedio se alcanza una fertilidad muy inferior a la potencial, con lo que se hace un uso ineficiente del suelo. Tal situación queda bien representada por la ecuación  $\log Y = \log 24,5 - 1405,1 \times 10^{-5} \times X$ , calculada para la abonadura nitrogenada con el promedio de todas las muestras.

En cambio, se destaca la eficiencia de la fórmula NPKS, pues los rendimientos alcanzados con ella son similares a los de la abonadura completa. Así se desprende de la ecuación correspondiente a la línea de producción promedio NPKS, para la cual  $\log Y = \log 95,5 - 58,7 \times 10^{-5} \times X$ . La respuesta favorable a los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y azufre presentes en la fórmula NPKS permite circunscribir los problemas nutricionales dominantes de estos suelos a los cuatro nutrientes mencionados. Por tanto puede afirmarse que la fórmula NPKS causará un impacto importante en la zona en estudio, pues constituye una abonadura indispensable para elevar la fertilidad de estos suelos. Preciso es mencionar la existencia de algunos antecedentes de campo que advierten la incidencia cada vez mayor de otras carencias sobre el desarrollo vegetativo o la calidad de los productos agrícolas. Un estudio sistemático de estos micronutrientes deberá iniciarse a la brevedad posible. Paralelamente deberán buscarse los fertilizantes respectivos, en lo posible de procedencia nacional, capaces de suministrarlos en forma eficiente a los cultivos de la zona.

Los coeficientes angulares y de posición calculados para los distintos suelos de la provincia con la abonadura NP presentan bastante variación. Esta se atribuye a la intensidad también variable de la carencia siguiente a



la del fósforo, cuando éstas se ordenan en forma decreciente. El diagrama de fertilidad construido con el promedio de las muestras de Cautín muestra que la línea NP coincide generalmente con la línea —K, con lo que se demuestra que es el potasio el elemento carencial siguiente al fósforo.

Aunque la abonadura NP causa un incremento de producción importante en relación a la fertilización nitrogenada sola, debe considerarse modesto este aumento en comparación a los rendimientos susceptibles de obtenerse con la fórmula NPKS. En consecuencia, se reconoce en la abonadura NP a dos componentes nutricionales necesarios, pero no suficientes para corregir completamente las deficiencias nutritivas presentes en estos suelos. Análoga conclusión puede hacerse a partir de la ecuación correspondiente a la línea NP, donde  $\log Y = \log 59,7 - 1271,1 \times 10^{-5}$

× X. En este caso los índices de rendimiento de la línea NP son intermedios entre los determinados para las correspondientes líneas NPKS y N consideradas.

Poca influencia tiene la profundidad de la cual procede la muestra de suelo sobre los índices de rendimiento obtenidos con las fórmulas N y NPKS. Diferente es la situación con la abonadura NP. Aquí se comprueba una disminución de los índices de rendimiento determinados para igual producción de la abonadura completa, a medida que aumenta la profundidad en la cual se encuentra la muestra de suelo extraída. Este comportamiento de los suelos de Cautín confirma las mayores reservas de potasio encontradas en las muestras superficiales, y su gradual disminución cuando se penetra en el perfil del suelo.

### RESUMEN

En este trabajo se entregan los resultados obtenidos con ensayos de macetas en balluca (*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*).

Se calculan las líneas de producción para tres fórmulas de fertilización en 102 muestras de suelo procedentes de la provincia de Cautín.

Las tres fertilizaciones que se prueban son: nitrato de amonio (N), nitrato de amonio + superfosfato triple (NP) y nitrato de amonio + superfosfato triple + sulfato de potasio (NPKS). El promedio de las líneas de producción calculadas para todas las muestras se lleva a un diagrama de fertilidad, donde se compara con las líneas de fertilidad.

La influencia que incumbe a la profundidad de la muestra se estudia en unos pocos perfiles.

Finalmente se entregan algunos antecedentes de campo que apoyan el diagnóstico de deficiencias hecho con las muestras en estudio. Este trabajo muestra que la fertilización NP no es suficiente para corregir completamente las deficiencias nutritivas existentes en los suelos de la provincia de Cautín.

### SUMMARY

The results obtained in pot experiments with perennial x annual ryegrass are presented in this paper.

Lines of production for three fertilization formulas in 102 soil samples of the Cautín province are calculated.

The three fertilizations tried are: ammonium nitrate (N), ammonium nitrate + triple superphosphate (NP), and ammonium nitrate + triple superphosphate + potassium sulphate (NPKS). The mean of the calculated production lines are plotted on a fertility diagram, where the lines of fertilities are compared.

The influence of the deepness of the soil sample is studied in some of the profiles.

Finally, field information is given that corroborates the nutrient deficiencies-diagnosis obtained with the studied samples. This research shows that the fertilization NP is not enough for a full correction of the mineral nutrition deficiencies existing in the soils of the province of Cautín.

### LITERATURA CITADA

1. AZÓCAR, P. y SOTO, P. Establecimiento de tres mezclas forrajeras asociadas con trigo de invierno en suelos trumaos de la provincia Cautín. I. Tré-

bol rosado (*Trifolium pratense*) y balluca Manawa (*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*). Agricultura Técnica (Chile) 30 (2): 73-80, 1970.

2. BAER, E. VON. Trabajo en Raps 1970/1971. Presentación de resultados durante la tercera reunión técnica sobre raps en Temuco, mayo 26 y 27 de 1971. Gorbea, Chile, Campex Semillas Baer, 1971. s/p. (Trabajo mecanografiado).
3. BLACK, C. Soil-Plant Relationships. 2nd. ed. N. York, John Wiley, 1968. pp. 667-676.
4. CUBILLOS, G. *et al.* Efecto de la edad de la planta en la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la ballica perenne (*Lolium perenne*). Agricultura Técnica (Chile) 30 (1): 1-6. 1970.
5. ————— y FERRANDO, A. Productividad de 5 mezclas forrajeras bajo condiciones de riego de la provincia Cautín. Agricultura Técnica (Chile) 30 (2): 64-70. 1970.
6. LETELIER, E. Respuesta a la fertilización de los suelos volcánicos chilenos (trumaos), según resultados de ensayos de campo. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6-13 julio 1969. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. pp. C.3.1.-C.3.14.
7. —————. Abonos. In Chile, Departamento de Investigaciones Agrícolas. Dirección General de Agricultura. Siete Años de Investigación Agrícola. Santiago, Chile, 1950., pp. 177-232.
8. ————— *et al.* Cien ensayos NPKCa en trigo. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento de Investigación Agrícola. Boletín Técnico Nº 9. 1963.
9. LÓPEZ, M. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6-13 julio 1969. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1969. pp. C.1.1.-C.1.8.
10. MUELLER, G. III. Ensayo de Abonos en Raps. In Valdivia, v. Investigación en Raps., Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Depto. de Investigación Agrícola. Boletín Técnico Nº 11. 1962. pp. 33-38.
11. OLIGER, L. y GREVE, C. Ensayos demostrativos en praderas establecidas en Cautín. Temporada 1968/1969. Temuco, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Carillanca y SAG, 1969. (Informe Técnico 1969, Manuscrito).
12. POLLE, E. y RUSSI, E. Efecto de la granulación en la eficiencia del superfosfato triple en un suelo trumao. Santiago, Chile, INIA, Estación Experimental La Platina. Informe Técnico 1969/1970. 5 p. (Mecanografiado).
13. RIVAS, S. Informe de tres temporadas; ensayos extensivos en parcelas grandes, 1967-1968; 1968-1969 y 1969-1970. Temuco, Chile, INIA, Estación Experimental Carillanca y SAG. Informe Técnico 1970. (Mecanografiado).
14. —————. Informe Anual del Depto. de Divulgación Técnica. Proyecto Cultivos Extensivos, temporada 1967-1968. Temuco, Chile, INIA, Estación Experimental Carillanca. Informe Técnico 1968. 63 p. (Mecanografiado).
15. ROCKFELLER FOUNDATION. Program in the Agricultural Sciences. N. York. Annual Report 1961-1962. 1962. pp. 218-220.
16. SCHALSCHA, E. y BENTJERODT, O. Determinación microbiológica de fósforo y cinc en suelos trumaos. Agricultura Técnica (Chile) 29 (1): 24-28. 1969.
17. ————— *et al.* Elementos trazas en suelos derivados de cenizas volcánicas. I. "Disponibilidad" de cinc, cobre, hierro y manganeso. Estudio comparativo de diversos métodos de extracción. Agricultura Técnica (Chile) 28 (4): 137-143. 1968.
18. SCHEFFER, F. y WELTE, E. Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde II. Teil Pflanzenernahrung. 3. Auflage. Stuttgart. Ferdinand Enke Verlag, 1955. pp. 205-209.
19. SCHENKEL, G. y BAHERLE, P. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II Método Usado. Agricultura Técnica (Chile) 31 (1): 9-24. 1971.
20. —————, BAHERLE, P., FLOODY, T. y GARDINO, M. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VI. Macronutrientes, provincia Cautín. Agricultura Técnica (Chile) 31 (4): 169-181. 1971.
21. —————, —————. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia Malleco. Agricultura Técnica (Chile) 31 (3): 136-142. 1971.
22. —————, —————. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IV. Macronutrientes, provincia Malleco. Agricultura Técnica (Chile) 31 (3): 129-135. 1971.
23. —————, —————. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. I. Experiencia Preliminar. Agricultura Técnica (Chile) 30 (4): 173-187. 1970.
24. —————, PINO, E. y FLOODY, T. 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. 1971.
25. SOKOLOW, A. Die Verteilung der Nährstoffe im Boden und der Pflanzenenertrag. Berlin, Deutscher Bauernverlag, 1956. 280 p.
26. SCHWABE, G. Düngungsversuche zu Körnerfrüchten im südlichen Chile unter Berücksichtigung mikroklimatischer Einflüsse. Die Phosphorsäure (Germany) 21: 113-141. 1961.
27. UNDERWOOD, E. Los minerales en la alimentación del ganado. Zaragoza, España, Acribia, 1968. p. 31.
28. VALENZUELA, R. Efecto de diferentes nutrientes en rendimiento de raps de primavera. Temporada 1970-1971. Chile, Temuco. COMARSA, Depto Agronómico. Informe Técnico 1970-1971. 1971.
29. VOLKE, V. Efectos del nitrógeno y del fósforo sobre el rendimiento y contenido de ambos nutrientes en trigo Capelle Desprez. Agricultura Técnica (Chile) 28 (4): 162-169. 1968.

30. ————— e INOSTROZA, O. Efecto del nitrógeno y del fósforo sobre los componentes de rendimiento y otras características en trigo de invierno, variedad Capelle Desprez. Agricultura Técnica (Chile) 27 (3): 99-105. 1967.
31. —————. Factores de producción del trigo en suelos trumaos de las provincias de Malleco y Cautín. (Trabajo entregado a Agricultura Técnica, Chile, julio 1971).
32. WEINBERGER, P. Charakteristische Eigenschaften und die Fruchtbarkeit südchilenischer Grasslandböden auf vulkanischen Aschen. Der Tropenlandwirt (Witzenhausen, Germany), 72: 51-71. 1971.