Identificación de micronutrientes deficientes con ensayos en macetas. III. Mediante *Trifolium pratense* en suelos de la provincia de Malleco[1]

Pot experiments for the identification of deficient micronutrients in Chilean soils. III. Using *Trifolium pratense*, Malleco Province

Gotardo Schenkel S.[2]
Pedro Baherle V.[3]
Mauricio Gajardo M.[4]

SUMMARY

Red clover showed a response both to deficiency and excess of micronutrients. To study these two effects, dry matter production was measured when B, Cu, Mn, Mo and Zn was added to the PKCaMgS basic fertilization and when these micronutrients were not added. Increased productions with the complete formulation indicate a micronutrient deficiency and reduced productions with this same formulation indicate excess of one or more micronutrients.

In 8 out of 19 soils a micronutrient deficiency was detected. In most cases, this deficiency occurs together with a macronutrient deficiency. Mo was deficient in 8 soils; B, in 5; and Zn, in 1 (or possibly 2). No deficiency in Mg or Cu was detected. Mo deficiency was observed independently of the other micronutrients; but B and Zn deficiency occurred always in addition to Mo deficiency. Nevertheless, the most intensive deficiency was observed in a soil (Puren) low in B.

B showed a negative effect in 7 soils, Cu, in 6; Mg, in 5; and Zn, in 4. No negative effect was found with Mo.

The technique by omision was effective to detect a deficiency of 2 or more micronutrients; in these cases, the technique by addition was not adequate.

Nitrogen nutrition was provided by symbiotic fixation due to natural inoculum; no bacteria or N was added to the experimental material.

INTRODUCCION

Generalmente no se presenta sola la deficiencia de micronutrimentos en los suelos, pues comúnmente integra una carencia nutritiva múltiple, donde adquiere mayor gravedad la falta de fósforo, potasio, nitrógeno o azufre (Schenkel y Baherle, 1982a). Una incidencia cada vez más clara de la falta de microelementos debería observarse, a nivel predial, únicamente ahí donde con la fertilización se mejoren sustancialmente las disponibilidades de NPKS. Cierta predisposición mostrarán los suelos que por razones geoquímicas pueden ser pobres en uno o más micronutrientes (Krauskopf, 1973). Su oportuno reconocimiento tiene gran impotancia para la nutrición mineral de las plantas.

[1] Recepción de originales: 14 de mayo de 1981.
[2] Casilla 244, Osorno, Chile.
[3] Estación Experimental La Platina (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.
[4] Estación Experimental Remehue (INIA), Casilla 1110, Osorno, Chile.

Sólo excepcionalmente puede adquirir un microelemento el carácter de una deficiencia nutritiva principal, en el sentido de la jerarquía de deficiencia definida por Chaminade (1964), como ha ocurrido con el boro en la zona de secano del país (Kocher, Villalobos y Valenzuela, 1966; Etchevers y Merino, 1966).

Habrán casos en los cuales la fertilización NPKS junto con la aplicación periódica de una cantidad de microelementos, equivalente a la extraída con las cosechas de las correspondientes plantas cultivadas, represente una solución satisfactoria para el productor. Sin embargo, cuando las condiciones existentes en el suelo pueden causar una toxicidad a las plantas o animales, ¿cómo pretender que el usuario acepte la incorporación de la cantidad de microelementos suministrada con los abonos NPKS?. Además, ¿porqué conformarse con la adición de trazas de micronutrimentos, contenidas en el fertilizante, cuando se cultivan plantas con capacidad de respuesta a cantidades mayores, en suelos deficientes en uno o más de ellos?.

Así, los fertilizantes portadores de micronutrientes son requeridos en ciertas situaciones, del mismo modo que no son deseables en otros casos. Para discernir entre ambas opciones, es fundamental obtener una mejor información relativa a las condiciones del suelo y de los factores climáticos que afectan a las deficiencias o toxicidades de micronutrimentos (Lucas y Knezek, 1973). Será esencial ubicar previamente los suelos con deficiencia o con toxicidad de microelementos, resultando indispensable la identificación del micronutriente causante del trastorno nutricional de las plantas.

La identificación de los microelementos carenciales tiene urgencia, para poder hacer un uso correcto de los abonos con micronutrientes, porque su empleo irrestricto es atentatorio al patrimonio nacional, por los graves daños que pueden causar las cantidades excesivas añadidas en forma prolongada al suelo. Oportuno resulta recordar la justa preocupación que han originado los suelos regados con aguas ricas en cobre del río Cachapoal, en la provincia de O'Higgins (Sudzuki, 1963–1964).

En esta III Parte se proporcionan los resultados obtenidos en la identificación de micronutrientes deficientes en suelos de la provincia de Malleco, mediante ensayos de macetas con trébol rosado. Las mismas muestras fueron empleadas anteriormente con ballica (Schenkel y otros, 1971a). Para una mayor seguridad en el diagnóstico, se efectúan todos los ensayos en duplicado, incorporando seis tratamientos de fertilización con micronutrientes por sustracción y otros seis por adición. Este esquema experimental hace posible probar que la deficiencia de un microelemento, determinada con el tratamiento por omisión respectivo, se corrige cuando el mismo se incorpora al suelo con el tratamiento por adición.

MATERIALES Y METODOS

Los suelos que sirven al presente ensayo fueron recolectados en la provincia Malleco. Con ocasión de la exploración de macronutrientes deficientes, efectuada con ballica, se identificó a cada una de las muestras aquí empleadas (Schenkel y otros, 1971a). Para conocer los antecedentes de la única muestra procedente de la provincia Cautín (2371), debe recurrirse a Schenkel y otros (1971c). Los contenidos de humedad y otros antecedentes de siembra se proporcionan en el Cuadro 1.

El ensayo de macetas se efectúa en duplicado, de acuerdo a la técnica descrita por Schenkel y Baherle (1982b). Se incluyen seis tratamientos de fertilización con micronutrientes por omisión de uno o todos ellos (–B, –Cu, –Mn, –Mo y –Zn) y otros seis por adición (+B, +Mo, +Zn, +Cu y +Mn). En los tratamientos por adición, se añade un solo micronutrimento a la abonadura básica de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Debido a la ausencia del micronutriente deficiente en la fórmula por omisión, se debe registrar una caída de rendimiento, la que se corrige mediante su incorporación al suelo con el tratamiento por adición respectivo, siempre que no intervenga una segunda deficiencia de microelementos.

Las producciones de materia seca, obtenidas en cuatro cortes del trébol rosado, sirven para interpretar los resultados del ensayo de macetas. Mediante el diagrama de fertilidad (Schenkel, 1971), y para las líneas de fertilidad de cada microelemento, se calculan gráficamente los parámetros que definen a las respectivas ecuaciones semilogarítmicas, en la forma indicada por Schenkel, Pino y Floody (1971). Del mismo modo se procede con las líneas de producción que resultan de agregar los micronutrientes, ya sea con fertilizantes comerciales o con sustancias de pureza analítica (Schenkel y Baherle, 1982b).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados, obtenidos con el cálculo de los parámetros que definen a las líneas de fertilidad de los distintos micronutrientes, se presentan en el Cuadro 2, para todos los suelos empleados, agregándose al final los valores promedios. Llama la atención el menor valor promedio calculado para el coeficiente de posición de la línea de fertilidad del molibdeno, revelando con ello que su disponibilidad es insuficiente en varios suelos. También, para la línea de fertilidad del

CUADRO 1. IDENTIFICACION Y ANTECEDENTES DE LOS SUELOS DE LA PROVINCIA DE MALLECO SEMBRADOS CON TREBOL ROSADO PARA DETECTAR MICROELEMENTOS DEFICIENTES CON UN ENSAYO DE MACETAS

TABLE 1. Identification and antecedents of the Malleco Province soils, sown with red clover for testing microelements deficiencies, with a pot experiment

Identificación de los suelos en ensayo con				Peso suelo húmedo g/maceta	Humedad %	Fecha siembra
Micronutrientes		Macronutrientes[1]				
Nº en el Labor.	Nº del ensayo	Nº en el Labor.	Localidad			
8770	215	2004	Manzanar	1340	68,8	05.08.1970
8771	216	2018	Selva Oscura	1510	40,6	05.08.1970
8772	217	2371	Vilcún[2]	1210	64,5	05.08.1970
8773	218	2023	Lumaco	1660	26,0	05.08.1970
8774	219	1972	Pailahueque	1510	57,0	05.08.1970
8775	220	2025	Galvarino	1610	29,5	05.08.1970
8776	221	2010	Purén	1660	32,9	05.08.1970
8777	222	2003	Manzanar	1310	76,1	05.08.1970
8778	223	2007	Curacautín	1260	69,1	05.08.1970
8779	224	2024	Traiguén	1710	20,6	05.08.1970
8780	225	2019	Traiguén	1720	13,6	07.08.1970
8781	226	1997	Ercilla	1510	47,0	07.08.1970
8782	227	1999	Victoria	1560	43,2	07.08.1970
8783	228	2009	Victoria	1410	39,8	07.08.1970
8784	229	2027	Esperanza	1310	54,1	07.08.1970
8785	230	2028	Tijeral	1510	17,1	07.08.1970
8786	231	2011	Collipulli	1660	28,6	07.08,1970
8787	232	2020	Mininco	1710	28,8	07.08.1970
8828	273	8828	Galvarino	1510	27,6	03.05.1972

[1]Consultar: Schenkel y otros (1971a).

[2]Este suelo procede de la provincia Cautín (Schenkel y otros (1971c).

boro se observa un deterioro en su coeficiente de posición promedio (Figura 1), aunque no tan pronunciado como la disminución encontrada para el molibdeno. Sin embargo, existe una diferencia entre el número de suelos que es afectado por ambas carencias.

Son muy contados los afectados por la deficiencia de boro, mientras que la falta de molibdeno es común a numerosos suelos.

Para confirmar la validez del diagnóstico de los micronutrimentos deficientes, obtenido a partir de las líneas de fertilidad representadas en la Figura 1, también se han incluido los tratamientos del microelemento agregado, que dan origen a las líneas de producción de los mismos. Las pendientes y sus coeficientes de posición para las correspondientes líneas de producción se dan en el Cuadro 3. Con sus valores promedios, se construye el diagrama de fertilidad respectivo, representado en la Figura 1. Se destaca claramente la favorable línea de producción promedio de molibdeno, sobresaliendo por los mayores índices de rendimiento que define. De este modo, se confirma que la deficiencia de molibdeno, determinada con la técnica del elemento faltante, se corrige por su inclusión en la fórmula de fertilización por adición.

Como es de suponer, la exclusión del molibdeno de la abonadura en los demás tratamientos del microelemento agregado, que originan las líneas de producción de los elementos cobre, boro, cinc y manganeso, define índices de rendimiento similares a los obtenidos con la línea de fertilidad del molibdeno. Lo expuesto lleva a sostener con seguridad que el trébol rosado fue sensible a la falta de molibdeno en numerosos suelos de la provincia Malleco. Este resultado se apoya en el antecedente que los tréboles tienen gran capacidad de respuesta a las aplicaciones de molibdeno, cuando crecen en suelos donde existe su deficiencia (Lucas y Knezek, 1973).

CUADRO 2. VALORES DE LAS VARIABLES DE LA ECUACION log Y = log A + mX, DETERMINADOS PARA LAS LINEAS DE FERTILIDAD DE LOS MICROELEMENTOS EN SUELOS DE LA PROVINCIA MALLECO. LOS VALORES DE m DEBEN MULTIPLICARSE POR 10^{-5}

TABLE 2. Values for the variables in the equation log Y = log A + mX, determined for the microelements fertility lines (values for m should be multiplied by 10^{-5})

Suelo Nº	Ensayo de macetas sembrado con la especie y con los tratamientos de fertilización indicados													
	Ballica[1]		Trébol rosado[2]											
	–micro		–micro		–B		–Mo		–Zn		–Cu		–Mn	
	A	m	A	m	A	m	A	m	A	m	A	m	A	m
8770	121	– 806	80	+211	126	–157	88	+ 41	92	0	113	–108	102	– 51
8771	102	– 668	83	+ 56	114	–367	86	–213	94,5	0	105	–101	97	– 40
8772	100	–2.433	86	+128	89	+ 15	78	+ 87	91	0	100	– 53	95,5	0
8773	107	– 500	78	+ 94	95	– 81	87	+ 21	100	0	104	–179	102	–139
8774	96	– 176	83	+ 70	87	+ 22	74	+ 33	103	– 80	90	– 14	92	– 14
8775	116	– 160	95	0	99	– 37	81	+ 37	89	+ 36	96	– 78	93	– 68
8776	127	–1.031	32	+234	16	+164	58	+310	93	+ 93	86	+177	93	+137
8777	104	– 464	77	+307	79	+109	87	+ 72	90	+ 49	115	– 66	97	+ 63
8778	89	– 343	99	+ 37	91	0	81,5	+ 48	88	+ 31	86	+ 14	85	– 15
8779	102,5	– 282	109	– 96	102	– 80	97	–158	106	–181	97	– 60	96	– 65
8780	85	+1.176	99	–127	97,5	–200	85	– 97	112	–145	99	– 78	103	– 61
8781	111	– 338	104	–219	82	–130	98	+ 15	96	+ 18	107	– 86	100	0
8782	108	– 280	110	+ 62	105	– 73	97	–196	107	–165	93	– 0	106	– 39
8783	97	– 187	145	–241	98	– 49	86	– 8	93	0	77	– 27	100	– 57
8784	108	– 288	106	+ 76	98	0	96	– 39	98	– 69	110	–101	92,5	– 10
8785	114	– 638	112	+ 71	95	+ 27	105	– 24	95	–191	120	–113	110	– 90
8786	100	– 253	108	– 72	91,5	0	82,5	+ 20	83,5	+ 74	92	0	95	+ 22
8787	86	– 157	107	– 39	110	– 70	100	– 59	101	– 14	99	+ 18	104	– 63
8828	95	– 142	68,5	+169	77	+ 65	68,5	+ 69	perdido		61,5	–135	70,5	–469
Promedio (n = 19)														
	103,6	– 420	93,8	– 38	92,2	– 44	86	– 2	96,2	– 30	97,4	– 52	96,5	– 51

[1]Ensayo efectuado con ballica (Schenkel y otros, 1971a)
[2]Ensayo efectuado con trébol rosado (Schenkel y Baherle, 1982b)

Además, al comparar la línea de producción promedio del boro con su respectiva línea de fertilidad, se registran mayores índices de rendimiento para la línea de fertilidad promedio, debido al molibdeno agregado al suelo con la abonadura de este tratamiento. Este resultado sugiere que la línea de fertilidad constituye un mejor elemento de juicio para diagnosticar la deficiencia de un microelemento que su correspondiente línea de producción.

La superioridad de diagnóstico de la línea de fertilidad también es válida para el caso de coexistir, en un mismo suelo, dos o más deficiencias de microelementos, porque con la fertilización correspondiente a la línea de producción de uno de ellos no se corrige la carencia de los demás micronutrimentos. En cambio, la respuesta observada con la respectiva línea de fertilidad es independiente del número de micronutrimentos que integran la deficiencia nutritiva múltiple, porque estos últimos se agregan siempre con la respectiva abonadura, para dejar solamente a uno sin agregar.

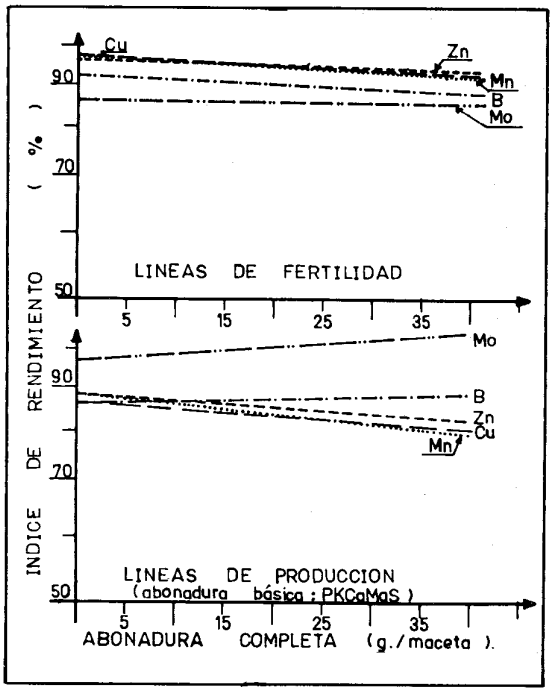
Cuando se procede a una discusión particular de las deficiencias de micronutrientes que afectan a cada una de las muestras ensayadas, debe hacerse mención en primer lugar al suelo 8776 de Purén, por la gravedad que adquiere su carencia de boro (Figura 2). Pero la falta de boro no es la única deficiencia de microelementos que limita su fertilidad. En efecto, su línea de producción tiene un coeficiente de posición que define sólo un 75% de rendimiento, acusando con ello que el boro, aunque necesario, no es suficiente para alcanzar su fertilidad potencial. Sobre el suelo de Purén incide también una severa deficiencia de molibdeno, pues con la respectiva línea de fertilidad se alcanza un índice de rendimiento inicial de sólo un 58% (Figura 2).

CUADRO 3. VALORES DE LAS VARIABLES DE LA ECUACION log Y = log A + mX, DETERMINADOS PARA LAS LINEAS DE PRODUCCION DE LOS MICROELEMENTOS, EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE MALLECO CON TREBOL ROSADO. LOS VALORES DE LA PENDIENTE (m) DEBEN MULTIPLICARSE POR 10^{-5}

TABLE 3. Values for the variables in the equation log Y = log A + mX, determined for the microelements production lines (values of m should be multiplied by 10^{-5})

Suelo Nº	Microelemento agregado a la abonadura básica del suelo[1]									
	+B		+Mo		+Zn		+Cu		+Mn	
	A	m	A	m	A	m	A	m	A	m
8770	91	+ 20	125	−126	99	0	117	− 81	121	− 91
8771	81	− 95	92	−137	93	−366	91	−258	83	−190
8772	83	− 25	96	0	82,5	+ 19	83	+ 37	82	+123
8773	100	−153	101	− 78	95	−108	95	− 25	85	0
8774	90	− 73	99	− 69	83,5	0	87	−104	79	−286
8775	81	+ 40	95	− 7	95	− 34	81	+112	93	− 69
8776	75	+305	30	0	27	− 70	35,5	−126	33	−219
8777	90	+ 24	99	0	84	+155	91	+ 93	108	+ 51
8778	102	−195	99	− 75	94	− 20	91	− 41	82	+ 79
8779	97	−135	99	−101	88	− 45	89	−120	100	−138
8780	71	+153	101	−277	95	−209	85	−169	98	−666
8781	76	+136	96	−275	76	−154	82	−196	80	−141
8782	94	−149	110	− 96	106	− 25	87	− 52	100	− 83
8783	90	− 54	97	−155	86	− 71	88	− 38	95	−193
8784	93	− 27	94	0	90	+ 38	92	0	74	+ 86
8785	61,5	− 99	101	−211	109	−113	95	−282	108	−371
8786	81	− 71	89	+ 18	90	− 55	80	0	83	− 8
8787	92	−101	113	−133	95	−249	86	− 48	93	− 56
Promedio (n = 18)										
	86	− 28	96,4	− 96	88,2	− 73	86,4	− 72	88,7	−121

[1]Para conocer la fertilización básica consultar (Schenkel y Baherle, 1982b).



Especialmente la falta de boro, pero también la ausencia de molibdeno, en cualquier fórmula de fertilización que los excluya, impiden elevar fuertemente la productividad del suelo Purén, porque no corrigen las dos deficiencias de microelementos limitantes de su fertilidad actual. Así sucede con las líneas de producción de los cinco micronutrimentos considerados en este estudio. Este ejemplo deja de manifiesto cuan inadecuadas son las abonaduras por la técnica del elemento agregado para identificar los microelementos deficientes, cuando un suelo es afectado simultáneamente por dos o más carencias nutritivas, que se investigan separadamente con las respectivas líneas de producción. Tampoco se eleva fuertemente la fertilidad del suelo 8776 con la fertilización correspondiente a una de las líneas de fertilidad del boro o del molibdeno, porque, en cada caso, se adiciona solamente uno de los micronutrientes deficientes. Unicamente cuando se incorporan conjuntamente boro y molibdeno al suelo Purén, como sucede con las abonaduras

Figura 1. Diagrama de fertilidad con valores promedios de microelementos en suelos de Malleco.

Figure 1. Fertility diagram with average values for microelements in soils of Malleco.

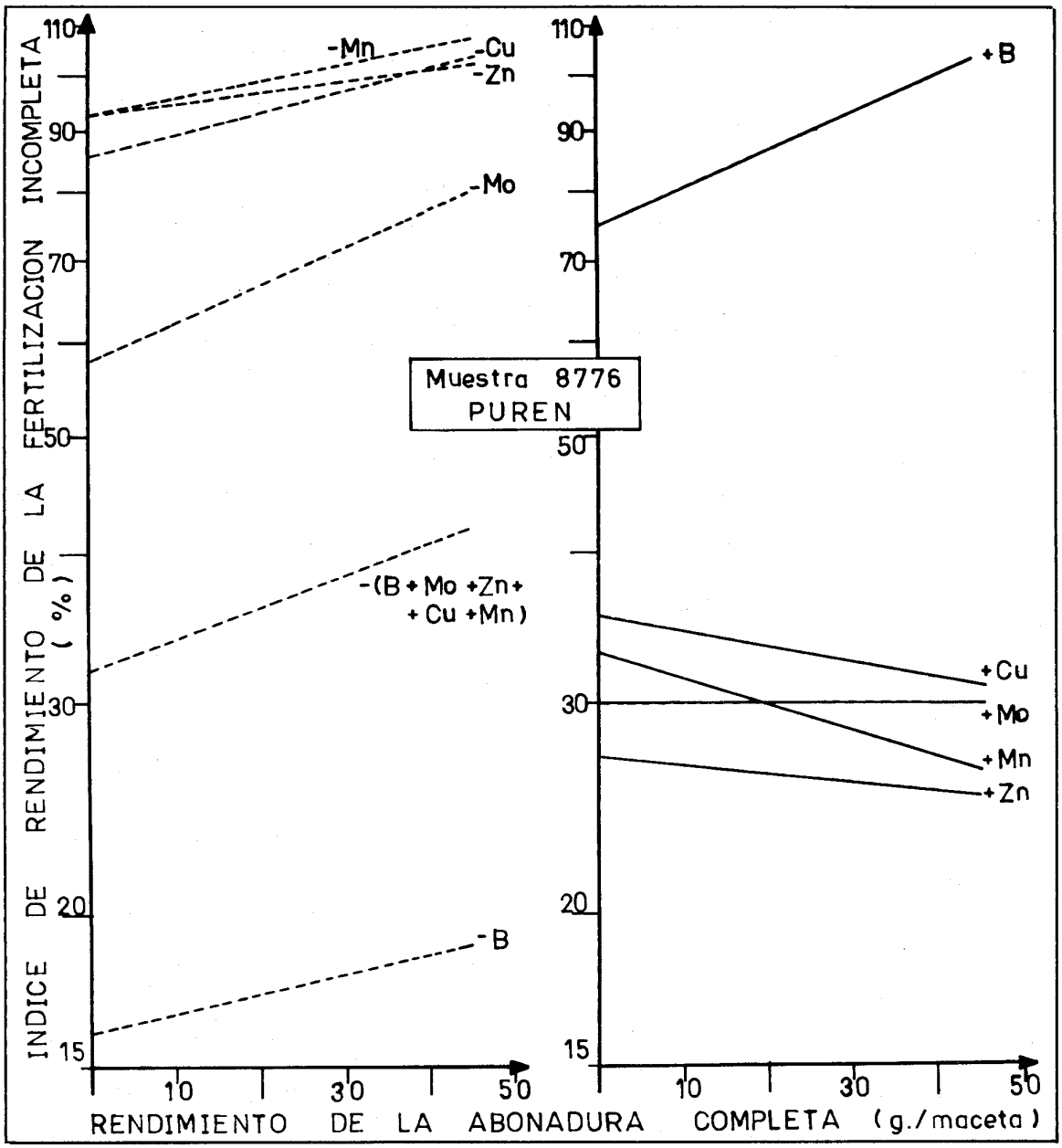


Figura 2. Líneas de fertilidad (——) y de producción (—) para 5 micronutrientes en un suelo de Purén.
Figure 2. Fertility (——) and production (—) lines for 5 micronutrients in a soil from Purén.

elegidas para determinar las líneas de fertilidad del cinc, cobre o manganeso, hay un mejoramiento sustancial en la fertilidad de la muestra 8776, aproximándose a su fertilidad potencial (Figura 1). En todo caso, es conveniente mencionar que la deficiencia de boro se manifiesta más intensamente que la de molibdeno, como se desprende del coeficiente de posición considerablemente menor de la línea de fertilidad del boro que del molibdeno. Esta interpretación se confirma cuando se atiende a las respectivas líneas de producción, donde los mayores índices de rendimiento de la línea de producción del boro duplican a los correspondientes al molibdeno (Figura 2).

La materia orgánica se considera una fuente importante para el suministro de boro en los suelos ácidos (Reisenauer, Walsh y Hoeft, 1974), razón por la cual su deficiencia es más frecuente en suelos pobres en

materia orgánica (López, 1969; Lucas y Knezek, 1973), de textura gruesa (Lucas y Knezek; Reisenauer y otros, 1974) y de escasa absorción de boratos en regiones húmedas (Reisenauer y otros, 1974). La muestra 8776 es acída, de textura franca con 37% de arena, en el sistema de clasificación textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica y pertenece a las más pobres en materia orgánica.

Desde el punto de vista metodológico, es importante analizar otro aspecto relativo a la muestra 8776. El Cuadro 2, en su segunda columna, proporciona los valores de ambos coeficientes para la línea de fertilidad que en su abonadura omite conjuntamente a los cinco micronutrientes en estos estudios con trébol rosado, entregándose en la primera columna los respectivos resultados, obtenidos anteriormente, con ballica (Schenkel y otros, 1971a). Este tratamiento, que no recibe a ningún microelemento se convierte en un valioso antecedente para concluir que el suelo Purén es pobre en uno o varios micronutrientes, porque por su adición en la fórmula completa se aumenta considerablemente la producción de trébol rosado (A = 100; m = 0).

Toda vez que se determina una diferencia significativa entre las producciones de materia seca de los tratamientos de fertilización completa e incompleta, por omisión de todos los microelementos, se habrá detectado la deficiencia o toxicidad de algún microelemento. Cuando los rendimientos de la abonadura completa se ven superados por los del tratamiento sin micronutrientes, se estará ante un efecto depresivo, causado por alguno de los micronutrientes agregado con la fertilización completa. Posiblemente debiera hablarse en estas circunstancias de una interacción de micronutrientes, entendiendo por tal la influencia que tiene un elemento sobre otro, en relación con el crecimiento de las plantas (Olsen, 1973), antes que de una toxicidad propiamente tal. Con acierto manifiesta Hignett (1979) que, al dejar de aplicar un micronutriente a un suelo que lo requiere, se origina una menor producción en las plantas ahí cultivadas, representando una pérdida para el agricultor. En cambio, la adición sistemática de los micronutrimentos puede significar incorporaciones excesivas, de alguno o todos ellos, y tener efectos adversos sobre los rendimientos de los cultivos. Análogamente, Scheffer y Welte (1955) consideran que "los microelementos son portadores de la vida, aunque pueden provocar serios trastornos en la actividad metábolica de los organismos vivos cuando su concentración –por muy pequeña que sea– sobrepasa determinados límites".

La aplicación del criterio antes discutido permite reconocer la existencia de una deficiencia de micronutrientes en las muestras 8777, 8770, 8773, 8774, 8771, 8772 y tal vez 8775, sin contar al suelo 8776 de Purén, porque los índices de rendimiento del tratamiento sin micronutrientes son inferiores a los de la abonadura completa. Por cuanto sucede lo opuesto, con las muestras 8783, 8785, 8782, 8779, 8786. 8787 y tal vez 8784, se estaría frente a una interacción negativa causada por la adición excesiva de algún microelemento.

No solamente el suelo Purén (8776) sino también las muestras 8772, 8774, 8777 y 8773 son pobres en boro y molibdeno, sin que exista siempre la certeza para precisar cual es la carencia predominante. Pareciera correcto sostener que en todos ellos, salvo los suelos 8777 y 8776, es más grave la deficiencia de molibdeno que de boro. Así lo indica el menor coeficiente de posición de las respectivas líneas de fertilidad del molibdeno que del boro (Cuadro 2), para las tres primeras muestras, sucediendo lo inverso con los suelos 8777 y 8776. En todas estas muestras se corrige la deficiencia de molibdeno con la fertilización correspondiente a su línea de producción (Cuadro 3).

Las líneas de producción del boro, cinc, manganeso y cobre de las muestras 8772 y 8771 se convierten en buenos ejemplos para demostrar que, con la sola adición de uno cualquiera de estos micronutrimentos, no se subsana la deficiencia de molibdeno. Hay en cambio un efecto beneficioso del boro aplicado, como único microelemento, a muestras pobres en molibdeno y que también tienen una carencia de boro (suelos 8777, 8773 y 8774). Sin embargo, los mayores índices de rendimiento de la línea de fertilidad del boro que de su correspondiente línea de producción dejan en evidencia un efecto depresivo nítido, provocado por las aplicaciones de boro en suelos deficientes en molibdeno, pero bien provistos de boro (muestras 8775, y especialmente 8771 y 8770). Los ejemplos citados previenen sobre la inoportunidad de las aplicaciones de boro agregadas a un suelo que no lo necesita.

Cuando se usan las líneas de fertilidad de los microelementos como criterio para juzgar la existencia de las deficiencias nutritivas, se descubre que la carencia de molibdeno se presenta a menudo junto con la falta de otros micronutrimentos. Está acompañada por la falta de cobre en el suelo 8774, que además tiene insuficiencia de boro, mientras en las muestras 8775 y 8770, ambas bien provistas de boro pero deficientes en molibdeno, se ven asociadas a una pobreza en cinc. Para una correcta interpretación de los resultados expuestos, que identifican al cobre y al molibdeno como nutrimentos deficientes en el suelo 8774, es indispensable recordar la interacción molibdeno/cobre (Olsen, 1973). Se ha encontrado que la aplicación de cobre agrava la deficiencia de molibdeno (McKay, Chipman y Gupta, 1966), mientras el efecto

tóxico provocado por el exceso de uno de estos elementos puede aliviarse por la adición del otro. Aplicada esta realidad al caso de la muestra 8774 (Figura 3), se deduce que la deficiencia de cobre es inexistente, manteniéndose en este suelo únicamente las de molibdeno y de boro. Con las líneas de producción del manganeso y del cobre no se determina una mayor fertilidad que con sus respectivas líneas de fertilidad, ocurriendo lo inverso con el molibdeno y el boro, como lo define el diagrama de fertilidad dado en la Figura 3.

Las adiciones de cinc son beneficiosas en los suelos 8770 y 8775, por cuanto en ambos suelos se definen menores índices de rendimiento con la línea de fertilidad del cinc que con su línea de producción (Figura 4). Teniendo en cuenta la existencia del antagonismo cobre/cinc, en virtud del cual se induce una deficiencia de cobre con las adiciones excesivas de cinc (Gilbey, Greathead y Gartrell, 1970), se concluye que no se genera esta situación con las líneas de producción del cinc en las dos muestras antes referidas. Ambos suelos disponen de suficiente cobre, pero los tenores de cinc, y especialmente de molibdeno, son ligeramente insuficientes. Además, los menores índices de rendimiento de la línea de producción del cobre que de su correspondiente línea de fertilidad, en la muestra 8775, indican que el cobre disponible originalmente en dicho suelo, sumado a la cantidad agregada con la fertilización de su línea de producción fue superior al requerido para un óptimo desarrollo del trébol rosado.

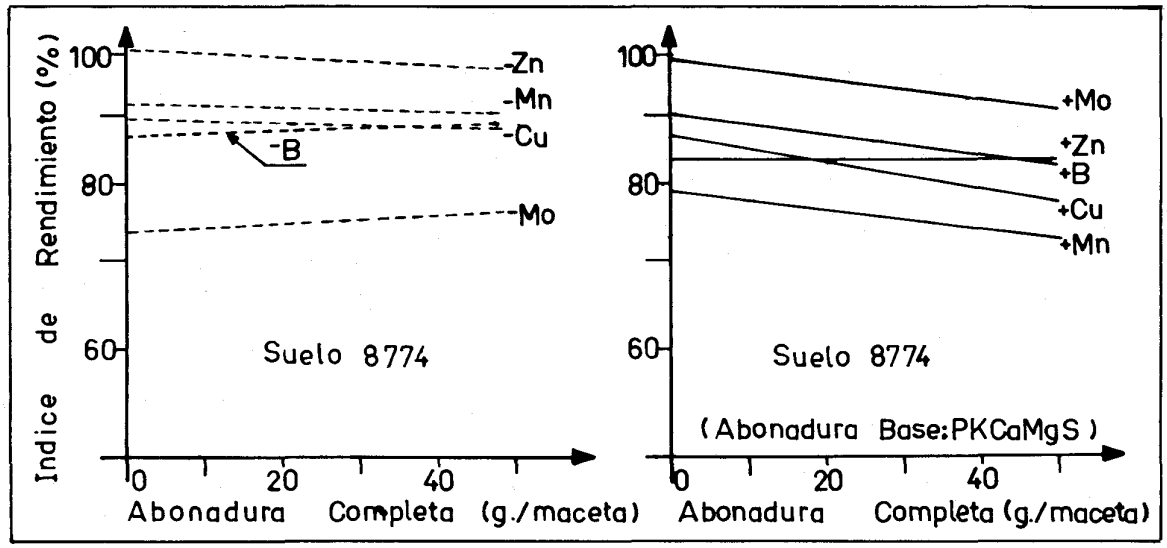


Figura 3. Líneas de fertilidad (——) y de producción (——) en el suelo de Pailahueque para 5 microelementos.
Figure 3. Fertility (——) and production (——) lines in a soil from Pailahueque for 5 microelements.

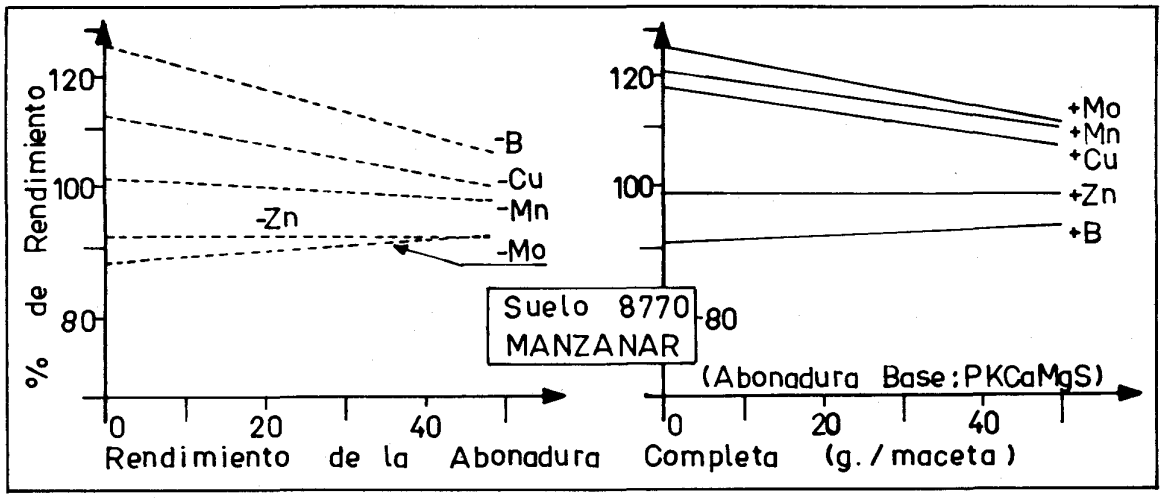


Figura 4. Líneas de fertilidad (——) y de producción (——) para 5 microelementos en un suelo de Malleco.
Figure 4. Fertility (——) and production (——) lines for 5 microelements in a soil from Malleco.

Notoriamente depresiva fue la adición de boro en el suelo 8770 (Figura 4), probablemente debido a una interacción negativa con el molibdeno.

Conviene abocarse a la identificación de los micronutrientes responsables de las disminuciones de rendimiento causadas por su adición conjunta a los suelos 8783, 8785, 8782, 8779, 8786, 8787 y 8784, pues la producción de materia seca de la abonadura completa se ve sobrepasada por la del tratamiento que los excluye. En todas las muestras mencionadas se reducen los rendimientos con las adiciones de boro, y también con las de cobre; hace excepción el suelo 8783, de Victoria, que se beneficia con el cobre agregado.

La inclusión del manganeso y del cinc en la abonadura origina efectos menos definidos sobre el crecimiento del trébol rosado. La fertilización con manganeso aumenta los rendimientos en la muestra 8779 (Traiguén), los disminuye en los suelos de Collipulli (8786), Mininco (8787), Esperanza (8784) y Victoria (8782 y 8783) y no los modifica en la muestra 8785, de Tijeral. Algo similar ocurre con el cinc, por cuanto su incorporación en la fórmula de fertilización puede causar caídas de rendimiento, de las cuales algunas muy pronunciadas, cuando se añade a los suelos de Traiguén (8779), Victoria (8783) y Esperanza (8784), o bien aumentos de producción en la muestra 8785 (Tijeral) y 8786 (Collipulli). También hay suelos en los cuales la adición de cinc no cambia las producciones, como sucede con las muestras de Victoria (8782) y Mininco (8787).

Es interesante que la adición de molibdeno, como único micronutriente integrante de la fórmula de fertilización, no deprime los rendimientos de trébol rosado en ninguno de los suelos a los cuales resulta inconveniente efectuar la aplicación conjunta de todos los microelementos. Puede ocurrir que, en algunos de los suelos referidos, la adición de molibdeno prácticamente no modifique las producciones de materia seca (8779, 8782, 8785 y 8784), aunque también los hay donde esta aplicación es muy beneficiosa: Collipulli (8786), Mininco (8787) y Victoria (8783). Entre las muestras sin efecto a la aplicación de molibdeno se cuenta el suelo de Tijeral (8785), caracterizada por ofrecer una clara respuesta al cinc.

Hay dificultades asociadas con el uso adecuado de los micronutrientes, porque existen diferencias en la sensibilidad de los cultivos a su disponibilidad desde el suelo (Viets y Lindsay, 1974) y en la tolerancia a cantidades altas o excesivas (Reisenauer y otros, 1974). Ambas propiedades son un reflejo de las distintas capacidades de las plantas para extraer al micronutrimento del suelo y de los desiguales requerimientos para su metabolismo (Viets y Lindsay, 1974). No es de extrañar que al comparar los respectivos parámetros de las líneas de fertilidad de los tratamientos en los cuales se excluyen a todos los micronutrientes, pero sembrados con trébol rosado (en esta experiencia) o con ballica (Schenkel y otros, 1971a), se observen diferencias en la susceptibilidad de las dos especies. No se aclara aquí si la distinta susceptibilidad observada es influida por los distintos requerimientos o la diferente capacidad de las dos especies para extraer al microelemento desde el suelo.

Las especies, y también las variedades, han sido clasificadas como muy susceptibles, moderadamente susceptibles y resistentes a la deficiencia (Viets y Lindsay, 1974). Los resultados obtenidos muestran que la susceptibilidad a la deficiencia de boro o de molibdeno es mayor en el trébol rosado que en la ballica. Lucas y Knezek (1973) aluden a la diferente capacidad de respuesta de diversas especies vegetales cultivadas sobre un suelo con deficiencia de micronutrientes, cuando son fertilizados con uno de ellos.

Las dos especies presentan otra diferencia considerable, cuando se atiende a los dos parámetros de sus líneas de fertilidad del tratamiento sin micronutrientes (Cuadro 2). La ballica agota más rápidamente que el trébol las reservas de microelementos, aunque en general comienza manifestándose más tardíamente la carencia mineral correspondiente. Este comportamiento puede explicarse por los mayores requerimientos de molibdeno para los tejidos de las plantas leguminosas (entre 0,3 y 0,5 ppm) que de las demás especies donde no sobrepasa a 0,1 ppm de molibdeno (Johnson, 1966). Además, y por ser el molibdeno el micronutriente que se manifiesta deficiente con mayor frecuencia en los suelos estudiados, puede ocurrir que su contenido en la semilla usada para establecer un cultivo suministre todo el molibdeno requerido para la nutrición de las plantas (Reisenauer y otros, 1974). Por lo tanto, los menores coeficientes de posición calculados para las líneas de fertilidad mencionadas con trébol rosado se explican por el mayor requerimiento de molibdeno que tiene la leguminosa. Las mayores pendientes negativas, encontradas con ballica para la correspondiente línea de fertilidad sin micronutrientes, se justifica porque la nutrición de la gramínea depende fundamentalmente del molibdeno del suelo, una vez que se agotan las pequeñas cantidades suministradas con la semilla.

Se considera pertinente manifestar que, durante los controles del ensayo de macetas, se observaron tratamientos que presentaron plantas de trébol rosado con un color ligeramente amarillento, especialmente en el primer corte. Comprometió a los suelos y tratamientos dados en el Cuadro 4, e insinúan en esos casos un desbalance en la nutrición mineral del trébol provo-

cado por los microelementos. Con un uso inadecuado de los microelementos se altera no sólo la producción de la materia seca, sino que se modifica también su calidad. Se pretendió recurrir al análisis fitoquímico para conocer las variaciones en los contenidos de microelementos del tejido vegetal, pero por razones ajenas a la voluntad de los autores se perdió el material foliar procedente de los distintos cortes.

CUADRO 4. TRATAMIENTOS DEL ENSAYO DE MACETAS CON TREBOL ROSADO CON COLORACION AMARILLENTA A PARDO AMARILLENTA

TABLE 4. Treatments in the pot experiment that showed a yellowish to gray–yellowish coloring of the clover plants

Suelo	Tratamientos afectados	Efecto depresivo por:	
		Deficiencia	Exceso
8770	–B, –Mn, +Zn, +Cu, PKCaMgS	Mo	–
8774	+Cu	Mo, B	–
8781	–Mo, +Cu	–	Cu, B
8784	+B, +Mn	–	Cu, B, Mn
8785	–Mn, +B	–	B

CONCLUSIONES

Del presente trabajo pueden derivarse las siguientes conclusiones:

1. Con trébol rosado se prueba aquí –y anteriormente con ballica (Schenkel y otros, 1971b y 1971d)– que la abonadura PKCaMgS (N) es generalmente eficiente para elevar la fertilidad actual de los suelos de la provincia Malleco. Sin embargo, no siempre se optimiza la fertilidad actual de los suelos sembrados con trébol rosado, mediante la sola fertilización PKCaMgS, debido a la carencia de algunos microelementos.
2. Se han encontrado inadecuadas las disponibilidades de boro, y especialmente molibdeno, en numerosas muestras ensayadas, integrando con frecuencia ambos micronutrimentos una deficiencia múltiple, junto a los macronutrimentos. Sólo excepcionalmente adquiere el boro la condición de una deficiencia nutritiva principal, en el suelo 8770 de Purén, a semejanza de lo observado con el mismo microelemento en suelos de la zona de secano del país (Kocher y otros, 1966; Tollenaar, 1969).
3. El método de la técnica del ensayo de macetas empleado (Schenkel y Baherle, 1982b) ha sido lo suficientemente sensible para permitir la identificación de los micronutrimentos carenciales boro y molibdeno, en varios suelos investigados. En numerosas muestras coexisten ambas deficiencias, aunque también puede presentarse la falta de molibdeno, acompañada de otros microelementos carenciales. En algunos suelos (8770 y 8775), también deficientes en molibdeno, son beneficiosas las adiciones de cinc.
4. Las líneas de fertilidad promedio (Figura 1) del boro y del molibdeno indican que sus disponibilidades en los suelos estudiados son insuficientes. Pese al menor número de muestras afectadas por una carencia de boro que de molibdeno, se determina con boro la deficiencia más intensa identificada con un micronutriente. Se presenta en el suelo Purén (muestra 8776, Figura 2), pobre en materia orgánica, de reacción ácida y con textura franca. En suelos similares se ha observado deficiencia de boro en pino (Tollenaar, 1969) y en viñas (Kocher y otros, 1966).
5. Cualquier fórmula de fertilización que excluya al molibdeno o al boro y se aplique al suelo Purén, impide un aumento apreciable de su productividad, porque no corrige las dos deficiencias nutritivas importantes que limitan su fertilidad. La fertilización exitosa en este suelo está unida al empleo conjunto de ambos microelementos.
6. La técnica del elemento agregado es menos adecuada que la del elemento faltante para la identificación de los micronutrimentos deficientes de un suelo. Por consiguiente, se anteponen las líneas de fertilidad a las de producción, como elemento de diagnóstico de las carencias minerales que afectan a un suelo, especialmente ahí donde coexisten dos o más microelementos carenciales en un mismo suelo. Con la línea de fertilidad hay absoluta prescindencia del número de microelementos que integran la deficiencia nutritiva múltiple, pues siempre se agregan todos, menos el microelemento que se investiga con la respectiva línea de fertilidad.
7. Una deficiencia o una interacción negativa de micronutrimentos se detecta toda vez que se calcula una diferencia entre las producciones de materia seca de los tratamientos de fertilización completa e incompleta, por omisión de todos los micronutrientes. Cuando se obtienen mayores rendimientos con la fertilización completa, se tratará de una deficiencia de microelementos, sucediendo lo opuesto para el caso de un exceso, que origine alguna toxicidad.
8. Las líneas de fertilidad, originadas por la no adición al suelo de todos los micronutrientes y determinadas con trébol rosado difieren de las obtenidas con ballica en los mismos suelos (Schen-

kel y otros, 1971a y 1971c). Esto significa que hay diferencias en la susceptibilidad manifestada por las dos especies vegetales a la deficiencia de microelementos. No se aclara con este trabajo si esta desigual susceptibilidad se debe a los diferentes requerimientos o a la distinta capacidad de las dos especies usadas para extraer desde el suelo al micronutriente carencial.

9. Por aplicación del criterio expuesto en la conclusión 7, se determinan las deficiencias siguientes, en los suelos que a continuación se mencionan:

Muestra 8776-Purén	boro y molibdeno
Muestra 8777-Manzanar	boro y molibdeno
Muestra 8770-Manzanar	molibdeno y cinc
Muestra 8773-Lumaco	molibdeno y boro
Muestra 8774-Pailahueque	molibdeno y boro
Muestra 8771-Selva Oscura	molibdeno
Muestra 8772-Vilcún	molibdeno y boro
Muestra 8775-Galvarino	molibdeno y cinc

Cuando coexisten dos carencias, se indica en primer término el microelemento que se manifiesta más intensamente deficiente, aunque no siempre existe certeza para distinguir diferencias entre las intensidades de las deficiencias.

10. Identificada las carencias precedentes, se puede afirmar que el trébol rosado tiene mayor susceptibilidad a las deficiencias de boro y molibdeno que la ballica (se comparan los resultados de esta experiencia con los encontrados por Schenkel y otros, 1971a y 1971c). Aunque la ballica agota más rápidamente que el trébol las reservas de microelementos disponibles (tal vez molibdeno, fundamentalmente) de los suelos deficientes , aparece más prematuramente la carencia de molibdeno en este último. Los requerimientos de molibdeno son mayores en las plantas leguminosas (Johnson, 1966).

11. El trébol rosado, en todas las muestras pobres en molibdeno, es beneficiado con su fertilización. Por lo tanto, manifiesta una gran capacidad de respuesta a las aplicaciones de molibdeno, cuando crece sobre un suelo deficiente en él. Las líneas de producción de los tratamientos que excluyeron al molibdeno de su fórmula de fertilización tienen índices de rendimientos similares al de la respectiva línea de fertilidad de molibdeno.

12. La deficiencia más frecuente de molibdeno, determinada con su línea de fertilidad, en diversos suelos pobres en él, se corrige con la abonadura en su línea de producción. Existe prueba de la carencia de molibdeno, obtenida con la técnica del elemento faltante, y contraprueba, pues por su inclusión en la fórmula de fertilización se corrige la deficiencia. La presencia de molibdeno en los fertilizantes comerciales aplicados a suelos chilenos similares a los de este estudio puede conferir a los abonos fosfatados grandes ventajas respecto de los que no lo tienen.

13. En suelos bien provistos de boro, pero deficientes en molibdeno, hay un efecto depresivo nítido causado por las aplicaciones de boro (muestras 8775, 8771 y 8770; Figura 4). Además, las líneas de producción de boro, cinc, cobre y manganeso, en las muestras 8772 y 8771, evidencian que con la sola aplicación de uno cualquiera de estos micronutrientes no se subsana en ellas la deficiencia de molibdeno que les afecta.

14. El empleo de los microelementos en la fertilización se asocia a dificultades que emanan de las diferencias existentes entre los cultivos, no sólo en la sensibilidad a la disponibilidad de un micronutrimento deficiente en el suelo, sino también en su tolerancia a cantidades altas o excesivas del mismo. Ambas propiedades son un reflejo de las distintas capacidades de las plantas para extraer al microelemento desde el suelo y de los desiguales requerimientos de él para su metabolismo.

15. Cuando la producción de la fórmula completa se ve sobrepasada por la del tratamiento que omite a todos los microelementos, se originan interacciones negativas causadas por los excesos de los micronutrientes siguientes, para los suelos que se indican:

Muestra 8783-Victoria	boro, manganeso, cinc
Muestra 8785-Tijeral	boro, cobre
Muestra 8782-Victoria	boro, cobre, manganeso
Muestra 9779-Traiguén	boro, cobre, cinc
Muestra 8786-Collipulli	boro, cobre, manganeso
Muestra 8787-Minico	boro, cobre, manganeso, cinc
Muestra 8784-Esperanza	boro, cobre, manganeso, cinc.

Las plantas de trébol rosado, fueron especialmente sensibles a la adición de boro, cobre y manganeso, originando depresiones de rendimiento. Esta situación no se repitió con las restantes muestras investigadas, razón por la cual no se atribuye a una excesiva dosificación de ellos en la fórmula de fertilización.

16. El efecto adverso de algunos tratamientos de fertilización con micronutrimentos, que impidieron un normal desarrollo del trébol rosado, se observó por los cambios de coloración provocados en las hojas (Cuadro 4). Estas modificaciones indican que, por el uso inadecuado de los microelementos, no sólo se afecta a los rendimientos de materia seca, sino también a la calidad del tejido vegetal.

17. Se ha prescindido en este trabajo de una nutrición mineral nitrogenada del trébol rosado, por considerar eficiente a la nutrición nitrogenada simbiótica, cuando la planta leguminosa dispone de suficiente fósforo (Rodríguez, 1962; Beratto, 1964 y Turner, 1971). Este objetivo se alcanzó con la fertilización insinuada por Turner (1971) y propuesta por Schenkel y Baherle (1982b). La dosis de fósforo añadida representa un considerable aumento respecto de las cantidades empleadas anteriormente en gramíneas (Chaminade, 1964 y 1965; Schenkel y Baherle, 1971). La nodulación fue eficiente, en prácticamente todos los suelos del ensayo de macetas, para proveer al trébol rosado con suficiente nitrógeno para su normal desarrollo, pese a no inocularse su semilla (Schenkel y Baherle, 1982b).

18. La ejecución de un programa nacional de identificación de los micronutrientes deficientes en los suelos chilenos se estima indispensable para hacer un uso racional de los abonos portadores de microelementos. En esta forma se podrían subsanar las deficiencias existentes, en suelos bien específicos y con el microelemento preciso. Además, deben provenir de dichos trabajos los antecedentes necesarios para impedir rigurosamente el uso irrestricto de los micronutrimentos. Su inoportuna adición al suelo que no lo necesita, aun en cantidades muy escasamente superiores a las requeridas por las plantas, provoca daños que representan un menoscabo para el patrimonio nacional y significan un perjuicio económico para el productor.

RESUMEN

El trébol rosado fue sensible a las deficiencias y a los excesos de microelementos en el suelo. Para discernir entre ambos efectos, se comparan las producciones de materia seca de los tratamientos con abonadura completa e incompleta, por omisión de todos ellos. Rendimientos superiores de la fertilización completa definen una carencia nutritiva, que se identifica posteriormente con las respectivas líneas de fertilidad. Producciones menores del mismo tratamiento, acusan una cantidad excesiva de algún microelemento.

En 8 de los 19 suelos se detecta una pobreza en micronutrientes. Los microelementos faltantes integran, generalmente, una carencia nutritiva múltiple, junto a uno o más macronutrientes PKCaMgS(N).

Se identifican deficiencias de molibdeno (8 muestras), boro (5 muestras) y cinc (1 o probablemente 2 muestras). No se encuentran suelos pobres en manganeso o cobre. La deficiencia más frecuente, de molibdeno, puede presentarse sola, mientras que las de boro y cinc van siempre unidas a una falta de molibdeno. Sin embargo, corresponde al boro –en el suelo Purén– la más intensa deficiencia encontrada para un microelemento.

En otros 7 suelos se observan interacciones negativas, causadas por la adición de boro (7 muestras) cobre (6 muestras), manganeso (5 muestras) y cinc (4 muestras), pero nunca por la de molibdeno.

Cuando un mismo suelo es pobre en dos o más micronutrientes, es superior el diagnóstico carencial por la técnica del elemento faltante, siendo inadecuada la del elemento agregado.

La nutrición nitrogenada de la leguminosa se satisface en todas las macetas por vía simbiótica, con cepas bacterianas eficientes que proceden de la propia semilla o del suelo, pues no se inocula ni se fertiliza con nitrógeno.

LITERATURA CITADA

BERATTO, E. 1964. Estudio de la interacción fósforo–boro y fósforo–molibdeno con alfalfa en trumaos. Chillán, Chile. U. de Concepción, Esc. de Agronomía. 156 p. (Tesis mimeografiada).

CHAMINADE, R. 1964. Diagnostic des carences mineral du sol par l'experimentation en petit vases de vegetation. Science du sol, Deuxiéme semestre 1964.

CHAMINADE, R. 1965. Recherche sur la fertilité et fertilisation des sols tropicaux. Principe de base et techniques. L'Agronomie Tropicale 20(1): 1014–1017.

ETCHEVERS, J. y MERINO, R. 1966. Estudio del problema de las viñas del área de secano en relación a los agentes carenciales. En: Sociedad Agronómica de Chile. XVII Jornadas Agronómicas, Vitivinicultura. Publicación especial Nº 3. p. 39–52.

GILBEY, D., K. GREATHEAD, and J. GARTRELL. 1970.

Copper requirements for southeastern wheat belt. Journal of Agriculture, West—Australia 11: 70—72.

HIGNETT, T. 1979. Fertilizer manual. International Fertilizer Development Center. United Nations Industrial Development Organization. 353 p.

JOHNSON, C. 1966. Molybdenum. En: H. Chapman (ed.) Diagnostic criteria for plants and soils. University of California, Division of Agricultural Science, Berkeley, California. p. 286—301.

KOCHER, F., A. VILLALOBOS y J. VALENZUELA. 1966. Deficiencia de boro en suelos de Confluencia, provincia de Ñuble, detectada mediante sintomatología externa de vides cepa país. Agricultura Técnica (Chile) 26(4): 172—173.

KRAUSKOPF, K. 1973. Geochemistry of micronutrients. En: Mortvedt, J., P. Giordano and W. Lindsay (ed.), 1973. Microelements in agriculture. 2nd. ed. Madison, Wisconsin. Soil Sci. Soc. of Amer. p. 7—40.

LOPEZ, M. 1969. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. En: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6 al 13 de julio, 1969. Turrialba (Costa Rica), Centro de Enseñanza e Investigación Agrícola del IICA. p. C.1.1.—C.1.8.

LUCAS, R. and KNEZEK, B. 1973. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. En: Mortvedt, J., P. Giordano and W. Lindsay (ed.), 1973. Micronutrients in agriculture. 2nd. ed. Madison, Wisconsin. Soil Sci. Soc. of Amer. p. 265—288.

McKAY, D., E. CHIPMAN and V. GUPTA. 1966. Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid spaghnum peat soil. Soil Sci. Soc. of Amer., Proc. 30: 755—759.

OLSEN, S. 1973. Micronutrient interactions. En: Mortvedt, J., P. Giordano and W. Lindsay (ed.), 1973. Micronutrients in agriculture. 2nd. ed. Madison, Wisconsin, Soil Sci. Soc. of Amer. p. 243—264.

REISENAUER, H., L. WALSH and R. HOEFT. 1974. Testing soils for sulphur, boron, molybdenum and chlorine. En: Walsh, L. and J. Beaton, 1974. Soil testing and plant analysis. 2nd. ed. Madison, Wisconsin. Soil Sci. Soc. of Amer. p. 173—200.

RODRIGUEZ, D. 1962. Influencia de la fertilización con mono—bi— y tri—fosfato de Ca, K y Na en alfalfa Caliverde sembrada en maceteros con 4 suelos chilenos que presentan dificultades a su establecimiento. Chillán, Chile. U. de Concepción, Fac. de Agronomía. 182 p. (Tesis mimeografiada).

SCHEFFER, F. und E. WELTE. 1955. Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde II. Teil. Pflanzenernaehrung. 3. Auflage. Stuttgart. Ferdinand Enke Verlag. 240 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.

SCHENKEL, G. y BAHERLE, P. 1982a. Identificación de micronutrientes deficientes con ensayos de macetas. I. Antecedentes. Agricultura Técnica (Chile) 42(2): 105—114.

SCHENKEL, G. y BAHERLE, P. 1982b. Identificación de micronutrientes deficientes con ensayos de macetas. II. Método usado con *Trifolium pratense*. Agricultura Técnica (Chile) 42(3): 199—208.

SCHENKEL, G. y BAHERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado. Agricultura Técnica (Chile) 31(1): 9—24.

SCHENKEL, G.; BAHERLE, P.; FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1971a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. IV. Macronutrientes, provincia Malleco. Agricultura Técnica (Chile) 31(3): 129—135.

SCHENKEL, G.; BAHERLE, P.; FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1971b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia Malleco. Agricultura Técnica (Chile) 31(3): 136—142.

SCHENKEL, G.; BAHERLE, P.; FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1971c. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VI. Macronutrientes, provincia Cautín. Agricultura Técnica (Chile) 31(4): 169—181.

SCHENKEL, G.; BAHERLE, P.; FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1971d. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. VII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia Cautín. Agricultura Técnica (Chile) 31(4): 181—191.

SCHENKEL, G.; 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.

SUDZUKI, F. 1963/1964. Relaves de cobre y aguas de riego del río Cachapoal. Agricultura Técnica (Chile) 23/24: 15—62.

TOLLENAAR, H. 1969. Deficiencias de boro en plantaciones de pino en la zona central. Agricultura Técnica (Chile) 29(2): 85—88.

TURNER, B. 1971. Rendimiento de alfalfa en 10 suelos tratados con mono— y bi—fosfato de calcio en ensayos de macetas. Chillán, Chile. U. de Concepción. Fac. de Agronomía. 98 p. (Tesis mimeografiada).

VIETS, F. and W. LINDSAY. 1971. Testing soils for zinc, copper, manganese and iron. En: Walsh, L. and J. Beaton (ed.). 1974. Soil testing and plant analysis. 2nd. ed. Madison, Wisconsin. Soil Sci. Soc. of Amer. p. 153—172.