

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVIII. Macronutrientes, provincia de Aisén¹

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

INTRODUCCION

Entre ambas provincias ya exploradas, Chiloé y Magallanes, se extiende una superficie considerable de Chile; corresponde a la provincia de Aisén. El gran potencial ganadero de esta zona justifica dedicar algunos esfuerzos al conocimiento de las limitantes nutricionales que en ella pudiera haber.

En esta provincia existen suelos derivados de cenizas volcánicas muy intemperizados. "Prácticamente todos los suelos trumaos de esta zona presentan muy claramente los efectos de procesos intensos de lixiviación" (Wright, 1965, p. 84).

La cubierta de ceniza volcánica es de mayor espesor en la Cordillera de los Andes, especialmente en la proximidad de los volcanes. Se extiende en forma discontinua desde el límite con Argentina hasta la costa del Pacífico (Wright, 1965, p. 15). En algunas terrazas mal drenadas se han desarrollado suelos ñadis, de poca extensión (Wright, 1965), principalmente debido al relieve accidentado que permite notables variaciones climáticas locales (Almeyda y Sáez, 1958).

Es preciso tener presente que "Aisén encierra sectores protegidos por las secciones más continuas y cerradas de Los Andes, las que precipitan en las faldas que caen al Pacífico la mayor parte de las lluvias, dejando la región interna con cantidades tan reducidas que precisa riego" (Almeyda y Sáez, 1958).

En esta parte XVIII se estudian las deficien-

cias nutritivas que afectan a 15 muestras de la provincia de Aisén. El número reducido de ellas es la consecuencia de múltiples dificultades vinculadas con la recolección de muestras y su transporte hasta la Estación Experimental Carillanca, las cuales no siempre pudieron subsanarse favorablemente.

La gran variabilidad climática permite ubicar suelos con muy diferente grado de lixiviación y evolución, dependiendo notablemente de la pluviometría del lugar. La falta de agua y las bajas temperaturas determinan una zona fitogeográfica xeromórfica (Díaz, Avilés y Roberts, 1959-60, p. 240). En esta zona se vio en un ensayo CORFO-Aisén, realizado en Alto Coyhaique, que después de seis meses de aplicados los fertilizantes todavía permanecían sin disolverse. Se presume que estos suelos poseen características de fertilidad similares a los de la estepa de Magallanes.

En el otro extremo se sitúan suelos muy húmedos y mal drenados —próximos a Puerto Aisén— cuyas propiedades de fertilidad deberían ser semejantes a los ñadis.

Para interpretar las carencias nutritivas de Aisén conviene tener presente otros dos antecedentes:

1) Muchos suelos se han desarrollado de "ceniza volcánica subaérea, de naturaleza andesítica o riolítica" (Wright, 1965).

2) "Ha habido poco enriquecimiento del material superficial del suelo, por falta de adición importante de cenizas volcánicas fresca en los años recientes" (Wright, 1965, p. 84).

MATERIALES Y METODOS

En ensayos de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* se determinan las carencias nutritivas de 15 suelos de la provincia de Aisén. La procedencia de las muestras superficiales se indica en Cuadro 1; su distribución se observa en Figura 1.

¹Recepción originales: 29 de agosto de 1973.

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

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

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

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

Se desea agradecer al técnico agrícola Sr. Omar Pinto (INDAP) por su entusiasta colaboración en la recolección de muestras.

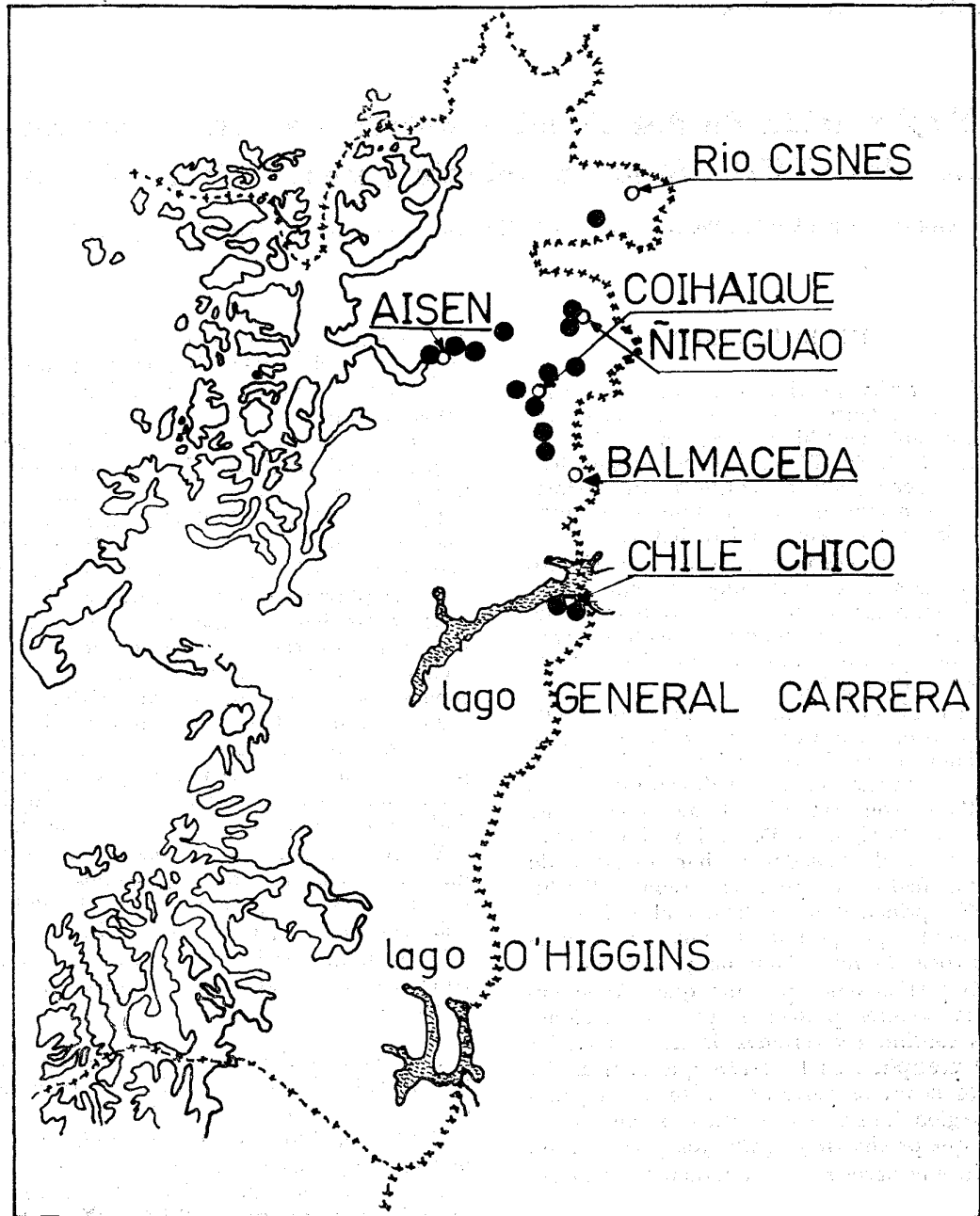


Fig.1 Distribución de muestras de suelo procedentes de la provincia de AISEN.

Las cantidades de suelo empleadas, sus contenidos de humedad y la fecha de siembra se indican en Cuadro 2.

La reacción del suelo se mide con electrodo combinado en una suspensión de suelo en cloruro de potasio normal, empleando una relación 1:2,5.

Los contenidos de materia orgánica se determinan por combustión húmeda mediante una mezcla crómico-sulfúrica, por el procedimiento descrito por Behn, 1965.

Las intensidades de las deficiencias se determinan con ayuda de las líneas de fertilidad sobre el diagrama correspondiente (Schenkel,

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

| Muestra | Número | Profundidad | Color | Lugar | Observación |
|-------------|--------|-------------|---------|------------------|---|
| Laboratorio | Maceta | (cm) | Munsell | | |
| 2408 | 201 | 0-20 | 10YR4/2 | Chacabuco | Julio Rubio |
| 2409 | 202 | 0-20 | 10YR4/2 | Valle Simpson | Ensenada, Cristina Munro vda. de Stone. |
| 2410 | 203 | 0-20 | 10YR4/2 | Valle Simpson | Claudio Wahl |
| 2411 | 204 | 0-20 | 10YR3/2 | Coyhaique Bajo | Mario Arend |
| 2412 | 205 | 0-20 | 10YR3/2 | Coyhaique | Río Claro, Sigisfredo Pinuer |
| 2413 | 206 | 0-20 | 10YR4/2 | Valle Simpson | Pedro Quintana |
| 2414 | 207 | 0-20 | 10YR3/2 | Coyhaique Alto | Adolfo Taboada |
| 2415 | 208 | 0-20 | 10YR4/2 | Puerto Aisén | Km 23. Erasmo Guachipay |
| 2416 | 209 | 0-20 | 10YR3/2 | Puerto Aisén | Valle Verde, Carlos Montecinos |
| 9515 | 492 | 0-20 | 10YR5/2 | Chile Chico | Campo Hortícola, SAG |
| 9516 | 493 | 0-20 | 10YR5/2 | Chile Chico | Chacras, Fachinal |
| 9517 | 494 | 0-20 | 10YR5/2 | Mañuales | Frente corrales, Pellines |
| 9518 | 495 | 0-20 | 10YR5/1 | Nireguao | Lote 70, siembra avena vicia |
| 9519 | 496 | 0-20 | 10YR4/1 | Plantel Nireguao | Potrero N° 1, Hacienda Estatal |
| 9520 | 497 | 0-20 | 10YR4/3 | Valle Simpson | Humberto Rojas |

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

| Suelo Nº | Antecedentes de siembra | | | Propiedades de las muestras | |
|-------------|-------------------------|----------------|----------|-----------------------------|-----------------------|
| | Suelo* g/maceta | Humedad %** | Fecha | pH(KCl) (1:2,5) | Materia orgánica % |
| 2408 | 1210 | 89,4 | 25-IX-69 | 4,2 | 8,7 |
| 2409 | 1210 | 16,6 | 25-IX-69 | 4,8 | 7,0 |
| 2410 | 1360 | 92,1 | 25-IX-69 | 5,1 | 13,9 |
| 2411 | 1310 | 49,3 | 25-IX-69 | 4,6 | 11,7 |
| 2412 | 1620 | 78,1 | 25-IX-69 | 5,1 | 9,3 |
| 2413 | 1310 | 95,6 | 25-IX-69 | 4,9 | 10,3 |
| 2414 | 1860 | 12,3 | 25-IX-69 | 5,0 | 0,2 |
| 2415 | 1110 | 109,5 | 25-IX-69 | 5,0 | 11,6 |
| 2416 | 1260 | 102,0 | 25-IX-69 | 4,3 | 17,0 |
| 9515 | 1460 | 15,8 | 20-IV-72 | 4,9 | 3,5 |
| 9516 | 1460 | 13,8 | 20-IV-72 | 5,2 | 1,2 |
| 9517 | 1210 | 74,3 | 20-IV-72 | 4,5 | 8,8 |
| 9518 | 1510 | 37,3 | 20-IV-72 | 4,6 | 0,4 |
| 9519 | 1410 | 32,6 | 20-IV-72 | 4,5 | 5,1 |
| 9520 | 1360 | 50,9 | 20-IV-72 | 4,8 | 8,4 |

*Suelo húmedo, excluido el peso de la maceta (promedio 140 g).

**Contenido de humedad del suelo, en el momento de la siembra, expresado por 100 gramos de suelo seco.

1971). El cálculo de los coeficientes de la ecuación que define a las líneas de fertilidad se hace por el método gráfico descrito por Schenkel, Pino y Floody, 1971.

La técnica de macetas se ha empleado en la forma descrita por Schenkel y Baherle, 1971.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las muestras en estudio presentan gran variación en sus contenidos de materia orgánica, fluctuando entre 0,2 y 17,0%, como se ve en el Cuadro 2. Suelos poco orgánicos proceden de lugares con escasa pluviometría, y generalmente se sitúan a mayor altitud (por ej., 2414 y 9518); lo contrario ocurre con los suelos orgánicos que se ubican en áreas húmedas (2416 y 1411).

No se determina influencia de la reacción del suelo sobre el contenido de la materia orgánica. Tampoco hay asociación entre estas propiedades. Las muestras más ácidas no son necesariamente las más orgánicas. Del mismo modo, no se observa que los suelos menos orgánicos tengan un pH mayor.

Los parámetros de las líneas de fertilidad calculados para cada suelo se presentan en el Cuadro 3. Con el valor promedio de las 15 muestras se dibuja el diagrama de ferti-

dad de la Figura 2. El orden decreciente de las intensidades con las cuales se manifiestan las deficiencias nutritivas que afectan a los suelos de la provincia de Aysén es fósforo, azufre, potasio, micronutrientes, magnesio y calcio. Esta jerarquía de carencias coincide con la observada para las muestras de la provincia de Magallanes; además, en ambos casos dominan claramente las tres primeras deficiencias.

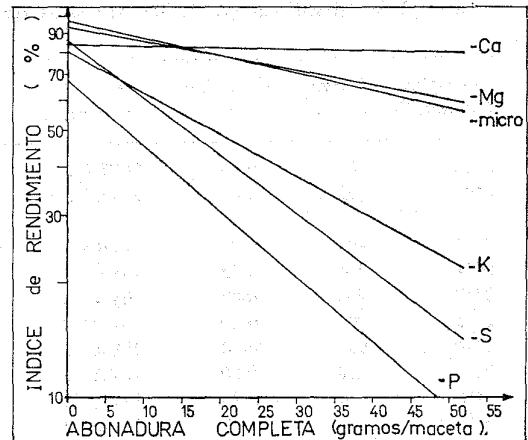


Fig2 Diagrama de fertilidad de los suelos de la provincia de Aysén (promedio de 15 muestras).

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

| Suelo | Fósforo | | Potasio | | Calcio | | Magnesio | | Azufre | | Micronutrientes | |
|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|----------|--------|--------|---------|-----------------|--------|
| | A | m* | A | m* | A | m* | A | m* | A | m* | A | m* |
| 2408 | 57 | -3687 | 89 | -1777 | 94 | -57 | 101 | -1437 | 82 | -1525 | 115 | -1264 |
| 2409 | 70 | -2092 | 98 | -1207 | 110 | -491 | 96 | -293 | 110 | -3316 | 106 | -394 |
| 2410 | 79 | -1752 | 100 | -1327 | 85 | +161 | 99 | -207 | 105 | -2720 | 98 | -315 |
| 2411 | 75 | -1467 | 102 | -629 | 71 | +413 | 95 | -151 | 94 | -2170 | 102 | -310 |
| 2412 | 56 | -1720 | 105 | -1022 | 85 | +208 | 102 | -419 | 102 | -1581 | 104 | -506 |
| 2413 | 70 | -3018 | 67 | -1875 | 83 | +238 | 79 | +72 | 90 | -3029 | 95 | -553 |
| 2414 | 85 | -2618 | 92 | -409 | 93 | -192 | 93 | -97 | 100 | -1802 | 109 | -412 |
| 2415 | 70 | -2914 | 65 | -2323 | 60 | -528 | 73 | -491 | 55 | -172 | 87 | -977 |
| 2416 | 63 | -2907 | 104 | -2077 | 96 | -74 | 102 | -511 | 107 | -963 | 135 | -1114 |
| 9515 | Pérdido | | 69 | -483 | 89 | -466 | 85 | -688 | 66,5 | -742 | 87 | -359 |
| 9516 | 109 | -374 | 82,5 | +40 | 90 | -248 | 103 | -281 | 59 | -493 | 67 | -397 |
| 9517 | 53 | -1329 | 45 | -1347 | 89 | +460 | 108 | -956 | 88 | -1379 | 114 | -569 |
| 9518 | 86 | -274 | 87 | -504 | 92 | +121 | 103 | -72 | 102 | -1483 | 99 | +107 |
| 9519 | 30 | +126 | 56 | -1360 | 65 | 0 | 86 | -221 | 66 | -864 | 85 | -212 |
| 9520 | 45 | -419 | 51 | -739 | 58 | +71 | 82 | -389 | 53 | -533 | 51 | +118 |
| Promedio de 15 muestras de suelo | | | | | | | | | | | | |
| | 67,7 | -1746,1 | 80,8 | -1135,9 | 84,0 | -25,6 | 93,8 | -409,4 | 85,3 | -1518,1 | 96,9 | -477,1 |

Todos los valores de m deben multiplicarse por 10⁻⁵.

Sin perjuicio de lo anterior, existen marcadas diferencias entre los diagramas de fertilidad promedio de los suelos de ambas provincias. En primer lugar, se establecen mayores disponibilidades iniciales de fósforo para los suelos de Aisén. Enseguida se comprueba una menor velocidad de agotamiento de las reservas de fósforo y potasio en las muestras de Magallanes (Parte xvi, Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974) concediéndole esta característica de las muestras de Aisén una mayor semejanza con los suelos de Chiloé (Parte xiv, Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1973a). Se adquiere la impresión que en la provincia de Aisén coexisten suelos expuestos a una lixiviación intensa, junto a otros pocos lixiviados. Los primeros tendrían propiedades de fertilidad similares a las muestras de Chiloé, mientras los últimos se parecen a los suelos de la provincia de Magallanes.

En el Cuadro 3 se distinguen fuertes variaciones para las disponibilidades de los distintos elementos nutritivos. A todos los suelos falta fósforo, con la sola excepción de las muestras 9516 y 9518, representadas en la Figura 3. Se da la circunstancia especial que en ambos lugares crece la alfalfa en forma satisfactoria, destacándose especialmente Chile Chico (9516), en las márgenes del lago General Carrera, como centro productor importante de esta forrajera. Conviene mencionar que durante la recolección de muestras se encontró en Chile Chico gran número de plantas de alfalfa dañadas en su centro de crecimiento apical. La sintomatología visual de deficiencia detectada en el terreno indica insuficiencia de boro, y corresponde a las descripciones hechas por Bradford, 1966, y Nelson and Barber, 1964. Con el diagrama de fertilidad representado para la muestra 9516 en la Figura 3 se ratifica este diagnóstico. La línea de fertilidad de los micronutrientes (B + Mo + Zn + Cu + Mn) presenta una severa limitación de su fertilidad, sólo comparable con la del azufre.

Un inconveniente práctico serio lo constituye la circunstancia que las dos muestras más pobres en fósforo sean deficientes simultáneamente en varios elementos nutritivos. Si se desea calificar con rigurosidad, habría que reconocer la falta de todos los nutrientes en la Figura 3 para las muestras 9519 y 9520. La singular drásticidad con la cual se manifiestan a lo menos cuatro de ellas permite postular *a priori* que la sola adición de un nutriente, cualquiera éste sea, no tendrá un efecto importante sobre la fertilidad del suelo, porque no se subsanan las demás deficiencias nutritivas graves del mismo suelo. Por

ejemplo, en la muestra 9520, tiene poco sentido corregir la falta de fósforo si no se adicionan también los restantes elementos, porque la limitación impuesta por la insuficiencia de potasio es tan severa como la del propio fósforo. Por desgracia, esta conducta no es exclusiva de las dos muestras de Aisén más pobres en fósforo. Lo mismo ocurre con otros suelos, como los representados en la Figura 4.

No podría sostenerse que los problemas de fertilidad que afectan a las cuatro muestras de la Figura 4 sean más simples que los de los suelos pobres en fósforo de la Figura 3. Precisamente por este comportamiento tan complejo recuerdan a los suelos ñadis (Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1973b, Parte xii) y a los suelos de Chiloé (Parte xiv, Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1973a). Las muestras antes consideradas tienen en común la severa acción del agua, a consecuencia de la abundante pluviometría que precipita en los lugares de origen de los suelos (Wright, 1965, y Almeyda y Sáez, 1958).

Ha sido planteado por Sudo, T., citado por Coutinet, 1967, que la gran permeabilidad propia de las cenizas volcánicas permite alteraciones químicas y físicas rápidas, siempre que se cuente con humedad y temperatura adecuadas a dichos fenómenos. Las muestras de Aisén llevan a pensar que procesos intensos de lixiviación e intemperización conducen a un drástico agotamiento de prácticamente todos los nutrientes. El estado nutricional final hacia el cual tiende un suelo sometido a un medio ambiente de estas características equivale al de un colapso de su fertilidad. Mientras más complejos y numerosos sean los problemas de fertilidad que afectan a una muestra de ceniza volcánica, tanto más se aproxima a este estado de colapso.

Debe recalarse que los procesos intensos de lixiviación e intemperización que se observan en los suelos de la provincia de Aisén, no son comunes a todos ellos (Wright, 1965), por la gran variabilidad climática existente en la zona (Almeyda y Sáez, 1958). Probablemente sea más frecuente encontrar una coexistencia de varias deficiencias nutritivas, entre las cuales predomina la pobreza de fósforo, en los suelos más lixiviados y evolucionados. Esta característica del diagrama de fertilidad es compartida por los suelos ñadis y de la provincia de Chiloé, aunque manifestando en cada caso un distinto grado de agotamiento de los nutrientes. Es muy posible que mucho podría aprenderse de los suelos de Aisén para beneficio de los suelos ñadi y viceversa.

La muestra 9517 (Figura 4) posee en común con muchos suelos de la provincia de

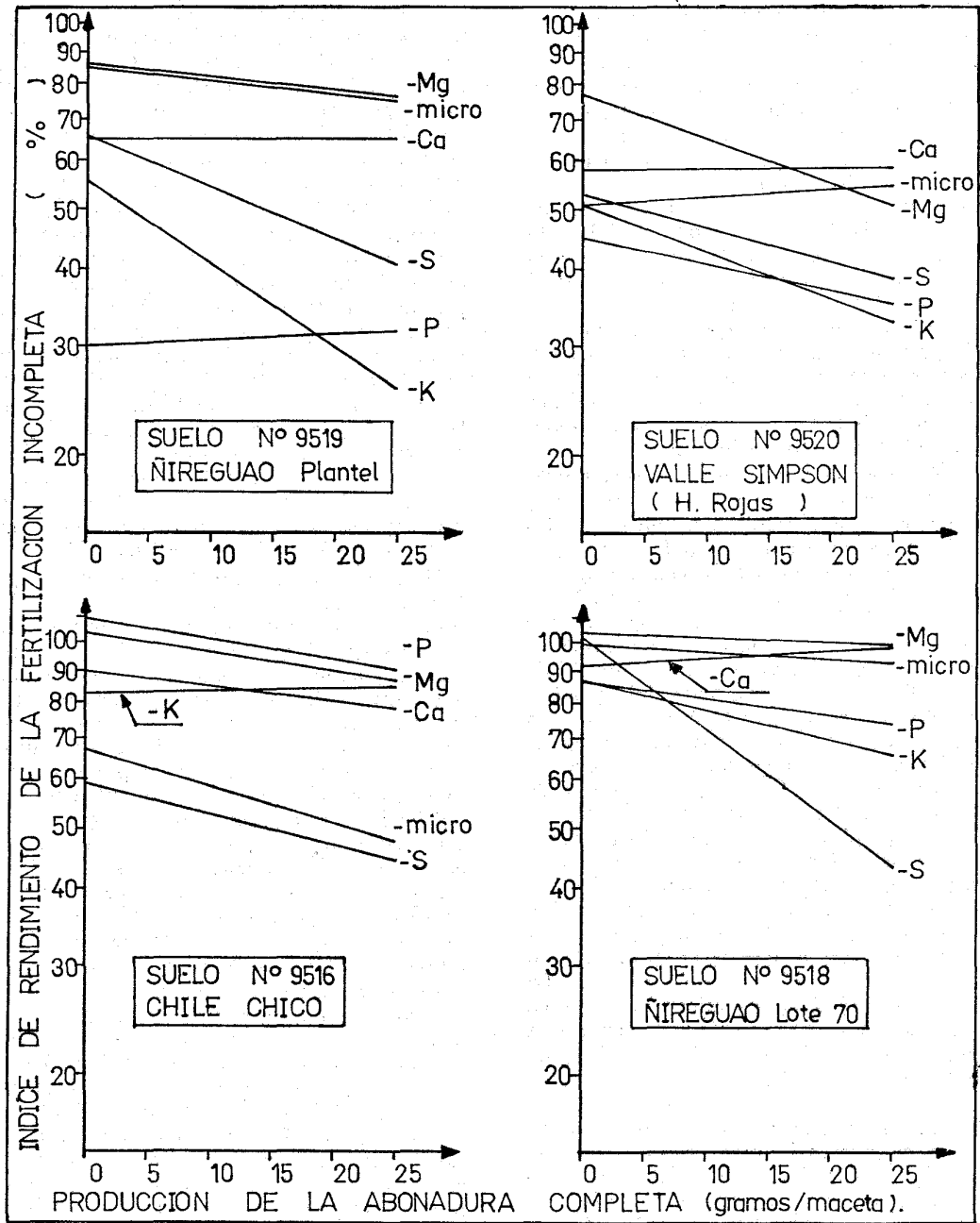


Fig. 3. Diagrama de fertilidad determinado con ballica en las 2 muestras más pobres y las 2 más ricas en fósforo de la provincia de AYSÉN.

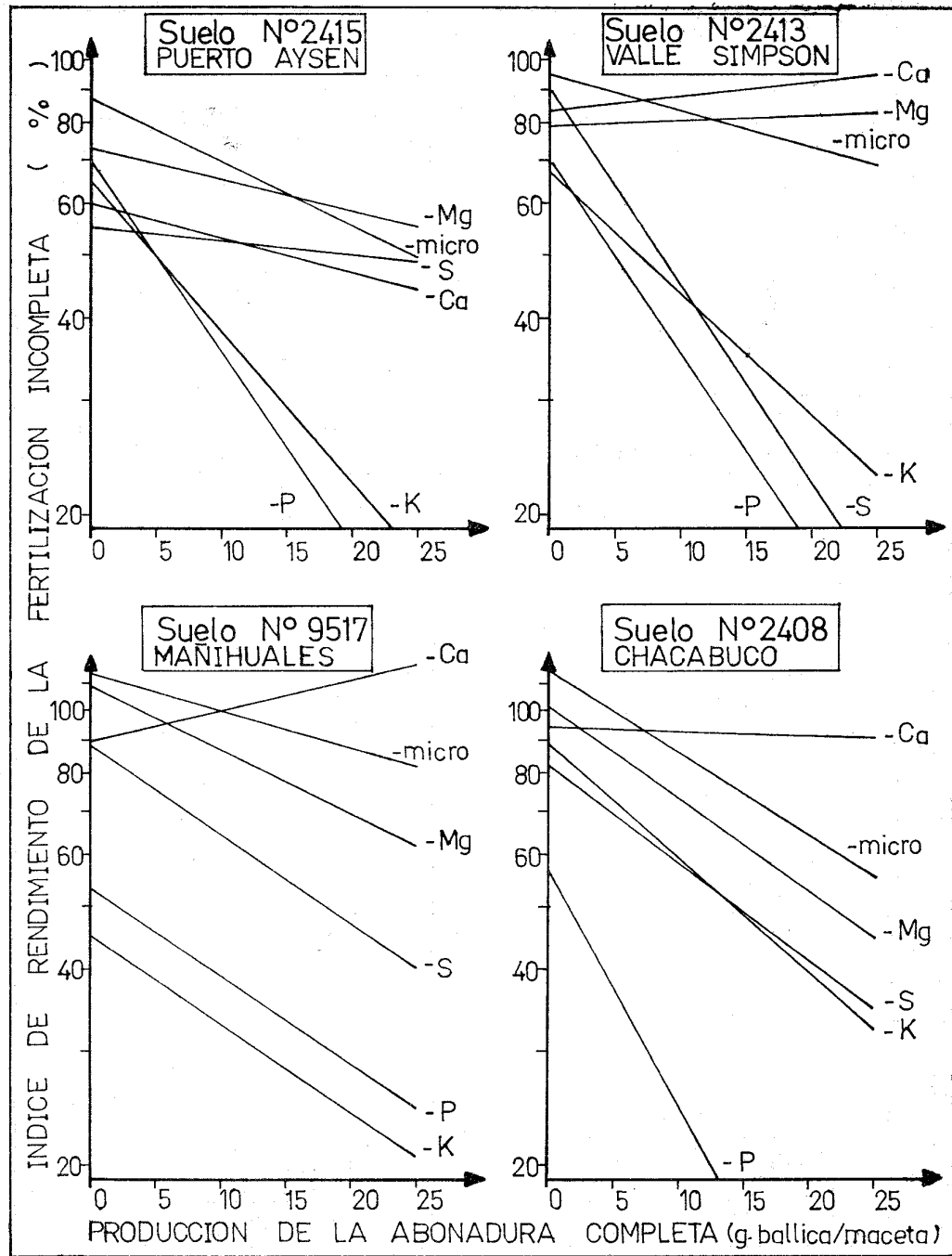


Fig.4 Diagramas de fertilidad de suelos de AYSÉN pobres en varios nutrientes.

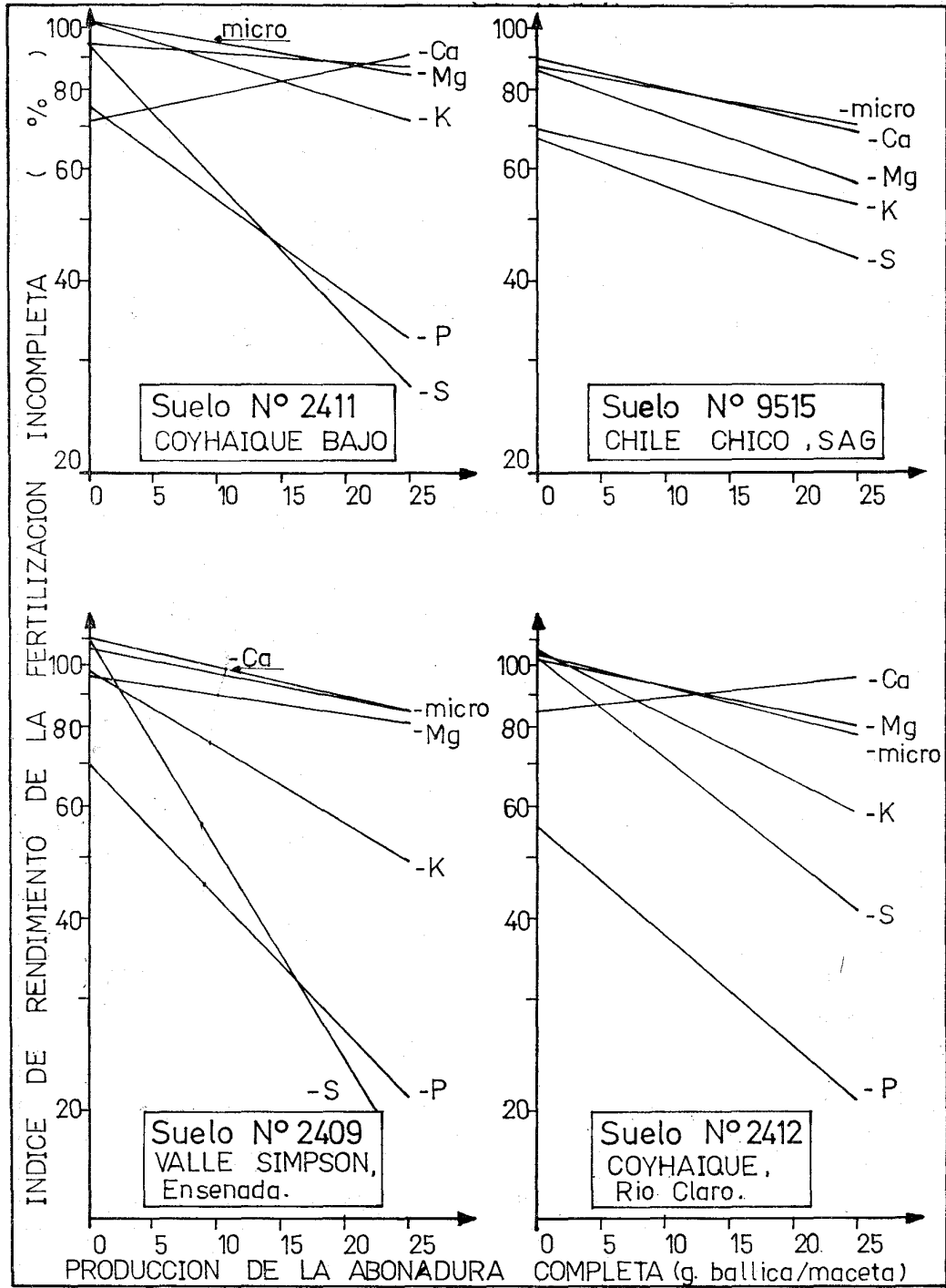


Fig.5 Diagramas de fertilidad de suelos de la provincia de AYSÉN que tienen graves deficiencias de azufre.

Chiloé, que la carencia de potasio es más severa que la de fósforo. Esta condición es opuesta a la presentada por el suelo 2408, donde se manifiesta en forma preponderante la mayor intensidad de la deficiencia de fósforo. Hay aquí otro antecedente para afirmar que en Aisén se reúnen suelos con comportamiento similar a las muestras de las provincias de Magallanes o Chiloé.

Es frecuente ver la incidencia simultánea de dos o más deficiencias nutritivas. En la Figura 4, y para muestras pobres en fósforo, se ilustra que la pobreza en fósforo prevalece sobre todas las demás en la muestra 2408. En el suelo 2415 (Figura 4) coexisten con la misma gravedad las carencias de fósforo y de potasio, sumándose a ellas la de azufre para la muestra 2413.

A semejanza de lo observado para muestras ricas en fósforo de la provincia de Magallanes, también los suelos de Aisén con suficiente fósforo son muy pobres en azufre. Esta propiedad es común a los demás suelos de la provincia, para todos los cuales se determinan escasas reservas de azufre. Su pobreza se manifiesta de dos modos diferentes. Hay suelos 9515 (Figura 5), 9516, 9519, 9520 (Figura 3) y 2415 (Figura 4) que tienen pequeños valores para ambos coeficientes en su línea de fertilidad del azufre. Para otras muestras—2409, 2411, 2412 (Figura 5), 9518 (Figura 3) y 2408, 2413, 9517 (Figura 4)— se constatan mayores valores de A en la línea de fertilidad del azufre, pero con la particularidad que su pendiente siempre negativa también crece. La deficiencia de azufre puede llegar a ser la más intensa de entre todas, como se confirma con los suelos 9515 (Figura 5), 9516 y 9518 (Figura 3). La máxima velocidad de agotamiento del azufre se determina para la muestra 2409 (Figura 5).

El comportamiento antes discutido de la provincia de Aisén recuerda, por su semejanza, a las muestras de la provincia de Magallanes. Igual ocurre cuando se atiende a los coeficientes de posición de los elementos calcio, magnesio y micronutrientes (B + Mo + Zn + Cu + Mn). Se descubren relaciones entre sus valores de A semejantes a los considerados previamente para los suelos de la provincia de Magallanes (Parte xvi; Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974).

Las disponibilidades de micronutrientes dependen en forma directa de las determinadas para el calcio y magnesio en el mismo suelo por el ensayo de macetas, como se infiere de la Figura 6. Escapa a la finalidad de este trabajo determinar si se trata de un problema

de solubilidad o de antagonismos, entre alguno(s) micronutriente(s) y calcio o magnesio. En atención al número discreto de suelos explorados, sólo se indica la bisectriz en la Figura 6.

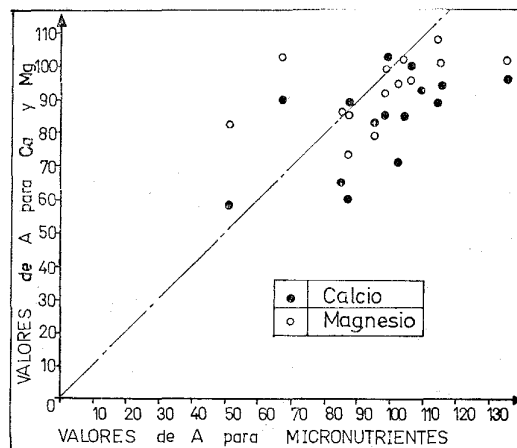


Fig. 6. Relación entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad de los micronutrientes (B+Mo+Zn+Cu+Mn) y del calcio y magnesio para suelos de la provincia de AISEN.

Pero los suelos explorados entregan otra información interesante. Se refiere a la asociación existente entre las disponibilidades de potasio y las de calcio y/o magnesio, como se señala en la Figura 7. Debe advertirse que la muestra 9517 escapa notoriamente a la ley general. Es curioso que se trate precisamente de la muestra que había sido elegida como prototipo de suelo procedente de la provincia de Aisén, con un comportamiento semejante a los suelos de la provincia de Chiloé.

Esta dependencia no se había revelado para las muestras de ninguna otra provincia. Parecería existir un mejor grado de asociación entre los coeficientes de posición del potasio y magnesio, que entre el potasio y el calcio. En el primer caso constituyen una excepción las muestras 9516, 9517, 9518, 9519, 9520 y 2408 (Figuras 3 y 4), donde se dispone de una mejor información cuando se toma en cuenta el valor de A para la línea de fertilidad del calcio.

En la Figura 8 se presenta la relación que existe entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad del potasio y de los micronutrientes. Por la razón mencionada con ocasión de la Figura 6, sólo se dibuja la bi-

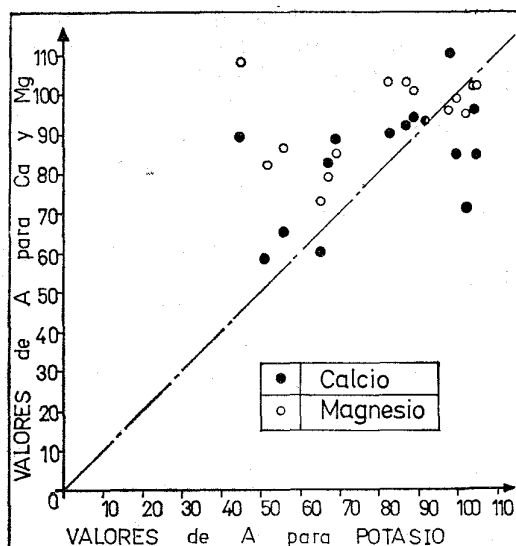


Fig. 7. Relación entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad del potasio y del calcio y magnesio para suelos de la provincia de AYSÉN.

sectriz en la Figura 8. Es sorprendente que nuevamente escape a la regla general la misma muestra 9517 (Mañihuales), para la cual se registra la más severa deficiencia de potasio de todo el grupo de suelos investigados. ¿Qué significado tiene esta divergencia del comportamiento general? No se descarta la posibilidad que para la muestra 9517 se manifieste la toxicidad de algún micronutriente, deprimiendo los rendimientos de ballica en los diferentes cortes para el tratamiento que recibió la solución con microelementos. Si esta suposición fuese real significa que se

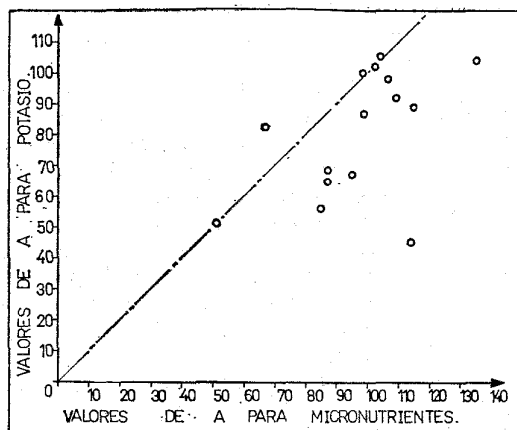


Fig. 8. Relación entre los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad del potasio y de los micronutrientes en suelos de la provincia de AYSÉN.

perjudican el tratamiento sin potasio y la abonadura completa, por dicha adición de micronutrientes. El beneficio es para el tratamiento que no recibe los microelementos, que es precisamente la conclusión a la cual se llega cuando se analiza el caso particular de la muestra 9517 sobre la Figura 8.

CONCLUSIONES

El estudio de los suelos procedentes de la provincia de Aisén tiene el atractivo de incluir muestras cuyos diagramas de fertilidad semejan a los de suelos de las provincias de Magallanes o de Chiloé. Las propiedades comunes que se observan para los suelos de las provincias de Aisén y Magallanes, son:

- La misma jerarquía decreciente promedio de las deficiencias nutritivas, la cual es: fósforo, azufre, potasio, micronutrientes (B + Mo + Zn + Cu + Mn), magnesio y calcio. En forma preferente limitan el crecimiento de la ballica las tres primeras, sin que ello implique desconocer la mayor incidencia que para un suelo dado pudiera tener otro elemento nutritivo. El fósforo se convierte en la principal carencia.
- La pobreza en azufre es general, y se extiende a todos los suelos de Aisén. Se manifiesta de dos modos diferentes por intermedio de su línea de fertilidad. Para un grupo hay una mayor riqueza relativa de azufre disponible que para el otro (valores de A menores en el segundo caso). Pero los suelos del primer grupo tienen el inconveniente de agotar rápidamente las reservas de este elemento (valores mayores de la pendiente negativa), lo que ocurre más lentamente con los demás suelos.
- Los escasos suelos con suficiente fósforo presentan al azufre como la principal deficiencia nutritiva. Los alfalfares existentes en la zona Austral de Chile, indistintamente a si en una u otra provincia, crecen sobre estos suelos. La muestra 9516 procedente de Chile Chico, proviene de la importancia que adquieren los micronutrientes cuando están presentes en cantidades insuficiente.
- Las disponibilidades de micronutrientes (B, Mo, Zn, Cu y Mn) son una función lineal y directa de aquellas determinadas para calcio y magnesio. Es notoria la severidad con la cual incide la falta de micronutrientes, calcio y/o magnesio sobre la fertilidad de algunos suelos. Generalmente se asocia la carencia de micronutrientes

con las deficiencias de magnesio o de calcio.

- Los contenidos de materia orgánica de las muestras son independientes de su reacción del suelo. Además, ninguna de estas dos propiedades del suelo parece influir sobre las deficiencias.

Los diagramas de fertilidad de los suelos de la provincia de Aisén se diferencian de los calculados para las muestras de Magallanes, en lo siguiente:

- Se observa mayor disponibilidad de fósforo en las muestras de Aisén.
- Se determinan menores velocidades de agotamiento para las reservas de fósforo y las de potasio en los suelos de Magallanes.
- Se obtienen dos asociaciones para los índices de rendimiento (valores de A) del potasio que no se habían encontrado antes para suelos de otras provincias. Las disponibilidades de potasio se correlacionan rectilínea y positivamente con las disponibilidades de micronutrientes medidas ambas por su línea de fertilidad. Pero también existe una dependencia similar entre las disponibilidades de potasio y las de calcio y/o magnesio.
- Hay suelos para los cuales se manifiesta con mayor intensidad la deficiencia de potasio que la de fósforo (muestra 9517).

Con este comportamiento recuerdan a los suelos de la provincia de Chiloé.

La gran permeabilidad que ofrecen las cenizas volcánicas frente a las condiciones de humedad y de temperatura reinantes en algunos lugares de Aisén, conducen a un severo agotamiento nutritivo en los suelos. La coexistencia de varias deficiencias nutritivas, entre las cuales se incluye al fósforo, es observada en varias muestras de las provincias de Aisén y de Chiloé, y en suelos riadis de otras.

Las muestras de suelo de Aisén investigadas se consideran desde el punto de vista de su fertilidad, como procedentes de una zona de transición. Hay suelos que se comportan como las de la provincia de Magallanes; otros se asemejan en su conducta a los suelos de Chiloé. Esta circunstancia complica notablemente la corrección de sus problemas de fertilidad, porque:

1. Se dispone de pocos antecedentes experimentales propios de la zona;
2. Se requiere de una identificación correcta y oportuna de las deficiencias nutritivas que afectan a un suelo determinado de la provincia de Aisén, y
3. Dificulta la extrapolación de la tecnología del uso de fertilizantes empleados en otras provincias del país.

RESUMEN

Quince muestras de suelo procedente de la provincia de Aisén se sembraron con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* en ensayos de macetas para su diagnóstico de deficiencias nutritivas.

Los problemas de fertilidad se consideran muy graves. Con frecuencia se determina pobreza simultánea en tres o más elementos químicos. Las disponibilidades de nutrientes, medidas con el diagrama de fertilidad, aumentan en el siguiente orden creciente: fósforo, azufre, potasio, microelementos, magnesio y calcio. La diferencia de fertilidad entre muestras de suelo se explica por la gran variabilidad climática observada en la zona.

Los valores de los coeficientes de posición A de las correspondientes líneas de fertilidad del calcio, magnesio, potasio y micronutrientes (B, Mo, Zn, Mn, Cu) se relacionan entre sí, mostrando que las disponibilidades de microelementos se correlacionan lineal y directamente con las respectivas disponibilidades de calcio, magnesio y potasio.

Las líneas de fertilidad del fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y microelementos dan valores promedios de: 67,7; 80,8; 84,0; 93,8; 85,3, y 96,9 para A y —0,01746; —0,01136; —0,00026; —0,00409; —0,01518 y —0,00477 para m, respectivamente.

SUMMARY

Fifteen soil samples from the province of Aisén were seeded with *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* in pot experiments for the diagnosis of nutritional deficiencies.

The fertility problems are considered very severe. Frequently, a simultaneous shortage of three or more chemical elements is determined. The availability of nutrients, measured with the fertility diagram, decreased in the following order: calcium, magnesium, microelements, potassium, sulfur and phosphorous. The fertility differences between soil samples are explained by climatic variability in the explored province.

The A values for the position coefficients of the corresponding fertility lines of calcium, magnesium, potassium and micronutrients (B, Mo, Zn, Cu and Mn) are related one to another. These relationships show that the availabilities of micronutrients and those of calcium or magnesium or potassium are a linear and positive function.

The fertility lines of phosphorous, potassium, calcium, magnesium, sulfur and micronutrients give for A average values of 67.7; 80.8; 84.0; 93.8; 85.3 and 96.9 and for m: -0.01746 ; -0.01136 ; -0.00026 ; -0.00409 ; -0.01518 and -0.00477 , respectively.

LITERATURA CITADA

- ALMEYDA, E. y SÁEZ, F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura y Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 195 p.
- BEHN, G. 1965. Contenido de materia orgánica en suelos chilenos por diferentes métodos. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. p. 35. (Tesis Ing. Agr., mecanografiada).
- BRADFORD, G. 1966. Boron. In: CHAPMAN, H. Diagnostic Criteria for Plants and Soils. University of California, Division of Agricultural Sciences. pp. 33-61.
- COUTINET, S. 1967. Contribution a l'étude des sols a allophane. L'Agronomie Tropicale 22 (12), 1157-1175.
- DÍAZ, C., AVILÉS, C. y ROBERTS, R. 1959-1960. Los grandes grupos de suelos de la provincia de Magallanes. Agricultura Técnica (Chile). 19-20: 227-308.
- NELSON, W. and BARBER, S. 1964. Nutrient deficiencies in legumes for grain and forage. In: BARBER, S. Hunger signs in crops, 3th ed. New York, David MacKay Company. pp. 143-180 and plate 10.
- SCHENKEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II. Diagrama de fertilidad. Turrialba (Costa Rica). 21 (3): 263-271.
- , 1969. Problemas de la acidez en suelos derivados de cenizas volcánicas. In: IICA. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6-13 julio 1969. Turrialba (Costa Rica), Centro de Enseñanza e Investigación del IICA. pp. B. 9.1-B. 9.11.
- y BAHERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método Usado. Agricultura Técnica (Chile). 31 (1): 9-24.
- , ———, FLOODY, H. y GAJARDO, M. 1974. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XVI. Macronutrientes, provincia de Magallanes, Continente. Agricultura Técnica (Chile). 34 (2): 68-83.
- , ———, ——— y ———. 1973a. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIV. Macronutrientes, provincia de Chiloé. Agricultura Técnica (Chile). 33 (4): 214-224.
- , ———, ——— y ———. 1973b. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XII. Macronutrientes, provincia de Llanquihue. Agricultura Técnica (Chile). 33 (3): 111-121.
- , 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.
- WRIGHT, CH. 1965. The volcanic ash soils of Chile. Rome. Food and Agriculture organization of the United Nations. 201 p. (Report Nº 2017).