

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIX. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Aisén¹

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

INTRODUCCION

La provincia de Aisén presenta gran variación de su clima, cuando se realiza un transecto de Este a Oeste. Esta propiedad permite, de acuerdo con Rodríguez, 1959/1960, distinguir tres regiones ecológicas distintas:

- la estepa patagónica,
- los valles cordilleranos y
- la región de los archipiélagos, con vegetación mixta de bosque y matorral.

Por su utilización, como recurso forrajero para el ganado, prevalece la importancia de las dos primeras regiones.

La función relativa que asume la fertilización entre los diversos factores de producción de la provincia de Aisén, ha sido analizada recientemente por INIA, 1972.

La estepa patagónica no ofrece posibilidad de éxito al empleo de los fertilizantes, por la escasa precipitación y baja temperatura que ahí existe (Almeyda y Sáez, 1958).

Las lluvias más frecuentes y abundantes que precipitan en los valles cordilleranos, le confieren a esta zona un mayor potencial forrajero. Por diversas razones "no se aprove-

cha actualmente todo el potencial de la pradera" (INIA, 1972). La falta de fertilización de las praderas constituye una de ellas.

El uso eficiente de los abonos en los valles cordilleranos de Aisén está asociado a tres problemas que se desconocen:

- fórmulas de fertilización adaptadas a los suelos de la zona,
- dosis de nutrientes requeridos, y
- época de aplicación más conveniente.

En esta Parte XIX sólo se proporcionan antecedentes experimentales que permitan responder a la primera interrogante. Para ello se estudia el comportamiento de los diferentes suelos de Aisén, con tres abonaduras distintas: N, NP y NPKS. Las líneas de producción así obtenidas se discuten en función de las características de las respectivas líneas de fertilidad.

MATERIALES Y METODOS

En la Parte XVIII (Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974) se describen algunas propiedades de los distintos suelos usados y su procedencia. Las muestras se siembran en macetas con *Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*, siguiendo la técnica descrita por Schenkel y Baherle, 1971.

Se emplean tres tratamientos de fertilización: N (nitrato de amonio), NP (N más superfosfato triple) y NPKS (NP más sulfato de potasio), que se aplican en la forma y cantidad dada por Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1971 (Parte v).

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 Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

La materia seca de ballica cosechada en los distintos cortes y para cada uno de los tratamientos antes mencionados, se compara con las respectivas producciones de la abonadura completa. Por su intermedio se establece el diagrama de fertilidad (Schenkel, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los coeficientes de las líneas de producción N, NP y NPKS se calculan por el método gráfico propuesto por Schenkel, Pino y Floody, (1971). Los resultados determinados para cada suelo se dan en el Cuadro 1.

Con el valor promedio de los coeficientes obtenidos para las líneas de producción de los quince suelos se dibuja el diagrama de fertilidad indicado en la Figura 1. Hay notables diferencias entre los niveles de fertilidad alcanzados con las tres abonaduras. La línea de producción del nitrógeno se comporta mejor con las muestras de la provincia de Aisén, que con las procedentes de la provincia de Chiloé (Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974, Parte xv).

Llama la atención la escasa diferencia de fertilidad originada entre los índices de rendimiento de las líneas de producción del ni-

trógeno y de fertilidad del fósforo, aunque siempre sean superiores para el último tratamiento. Por tratarse de suelos muy pobres en fósforo, habrá poco éxito con la aplicación de abonadura nitrogenada solamente. Esta suposición, que concuerda con los resultados del presente estudio, se opone a las observaciones hechas por Díaz, Avilés y Roberts, 1959/1960, cuando le atribuyen al nitrógeno un buen efecto en los suelos de la Patagonia. Tampoco son aplicables las conclusiones obtenidas por IANSA, 1963/1964 y por Letelier, 1969, en suelos de Chiloé, en el sentido que se "requieren dosis elevadas de abonos nitrogenados", porque este elemento no constituye la principal deficiencia nutritiva.

Si a los suelos se agrega NP, se duplican las producciones de ballica obtenidas con N, como se advierte en la Figura 1. Los niveles de fertilidad determinados con las líneas de producción NP y de fertilidad del potasio son equivalentes, coligiéndose que la ausencia de potasio impide un mejor éxito de la abonadura NP.

Sólo con la adición simultánea de NPKS se alcanza una corrección satisfactoria de las principales deficiencias nutritivas que afectan a los suelos de la provincia de Aisén. Una

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

Muestra de Laboratorio	Fórmula de Fertilización Agregada					
	+ N		+ NP		+ NPKS	
	A	m*	A	m*	A	m*
2408	50	- 4660	71	- 1774	93	- 218
2409	76	- 3830	117	- 1607	96,5	0
2410	61	- 2380	103	- 1374	105	- 172
2411	69	- 1699	93	- 409	78	+ 251
2412	60	- 975	94	- 705	105	- 248
2413	71	- 3274	62,5	- 1652	81	+ 191
2414	67,5	- 2811	128	- 1380	93	- 33
2415	31	- 4273	48,5	- 2540	77	- 80
2416	61	- 3740	113	- 2103	109	- 192
9515	44,5	- 662	65	- 648	83	+ 540
9516	82,5	- 1063	88	- 571	80	- 32
9517	32	- 1347	70	- 1989	105	- 320
9518	60	- 1390	135	- 1308	104	0
9519	25,5	- 678	63	- 1126	64	+ 570
9520	38	- 569	60,5	- 896	68	+ 239
Promedio de 15 muestras de suelo						
	55,3	- 2223,4	87,4	- 1338,8	89,4	+ 33,1

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

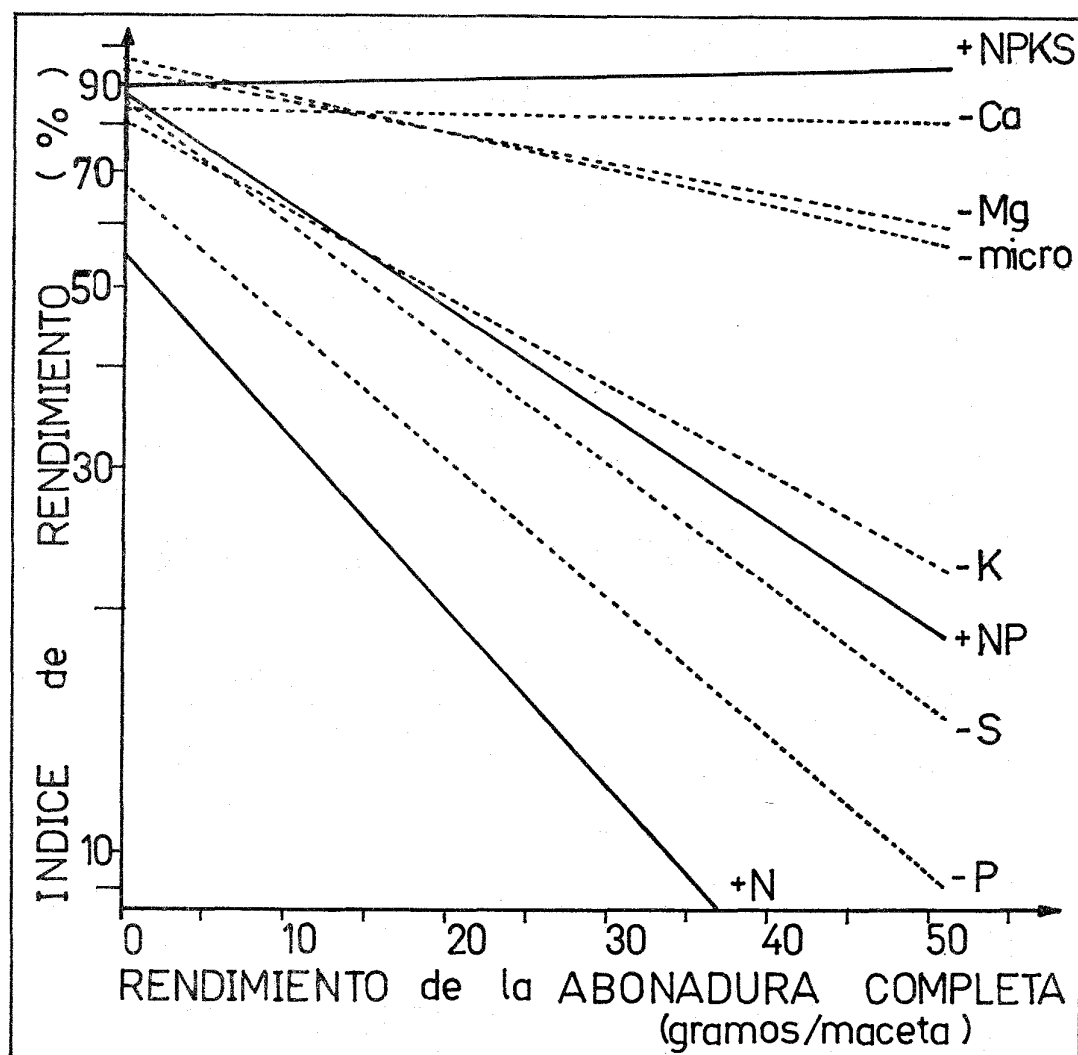


Fig.1 Diagrama de fertilidad de los suelos de la provincia de Aysén (promedio de 15 muestras).

observación cuidadosa de los valores que determina la línea NPKS permite entrever una insuficiencia de esta abonadura para subsanar deficiencias graves de micronutrientes y/o magnesio que existan en algunos suelos.

Al iniciar una discusión particular de las muestras se reconoce una gran variación entre los coeficientes que definen a las tres líneas de producción.

En suelos con suficiente fósforo (9516 y 9518) hay mejor respuesta a la fertilización

nitrogenada, ocurriendo lo inverso con las muestras pobres en éste, (9519 y 9520), como se ve en la Figura 2. La misma tendencia se cumple con las muestras de la Figura 3. Se alcanzan índices de rendimiento discretos con la abonadura nitrogenada en las muestras 2415, 2408 y 9517. Todas ellas tienen un pequeño coeficiente de posición A para su línea de fertilidad del fósforo, como se advierte en la Figura 3.

Sin embargo, merecen una consideración

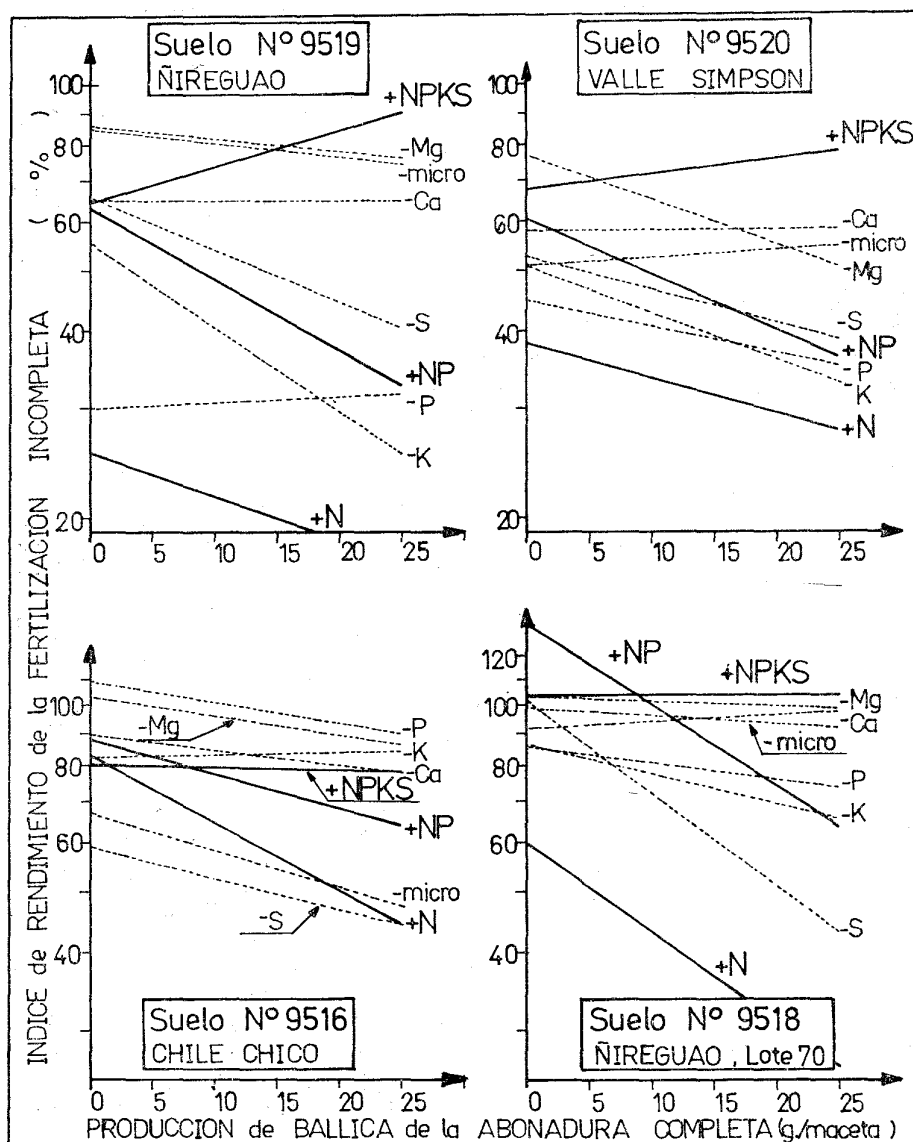


Fig.2 Diagramas de fertilidad de las 2 muestras más ricas y más pobres en fósforo de la provincia de AYSÉN.

especial las muestras 2413 (Fig. 3) y 2409, 2411 (Fig. 4); porque pese a tener un elevado valor para el coeficiente de posición de la línea de producción N, sobresale en ellas su fuerte pendiente negativa. Pero ocurre que las disponibilidades de fósforo en las mismas muestras también tienen un rápido agotamiento, con lo cual se manifiesta una gran similitud entre las líneas de fertilidad del fósforo y de producción + N. Por lo tanto, recién habrá una buena respuesta a la fertiliza-

ción nitrogenada cuando se disponga de suficiente fósforo en los suelos investigados.

¿Qué sucede con los suelos, cuya principal deficiencia no es el fósforo? La respuesta a la abonadura nitrogenada queda circunscrita en el citado caso por estos elementos carenciales. Así se constata para el azufre con las muestras 2409, 2411 y 2412 (Fig. 4) y para el potasio, con el suelo 9517 (Fig. 3).

La máxima velocidad de agotamiento de las disponibilidades de fósforo se observa con

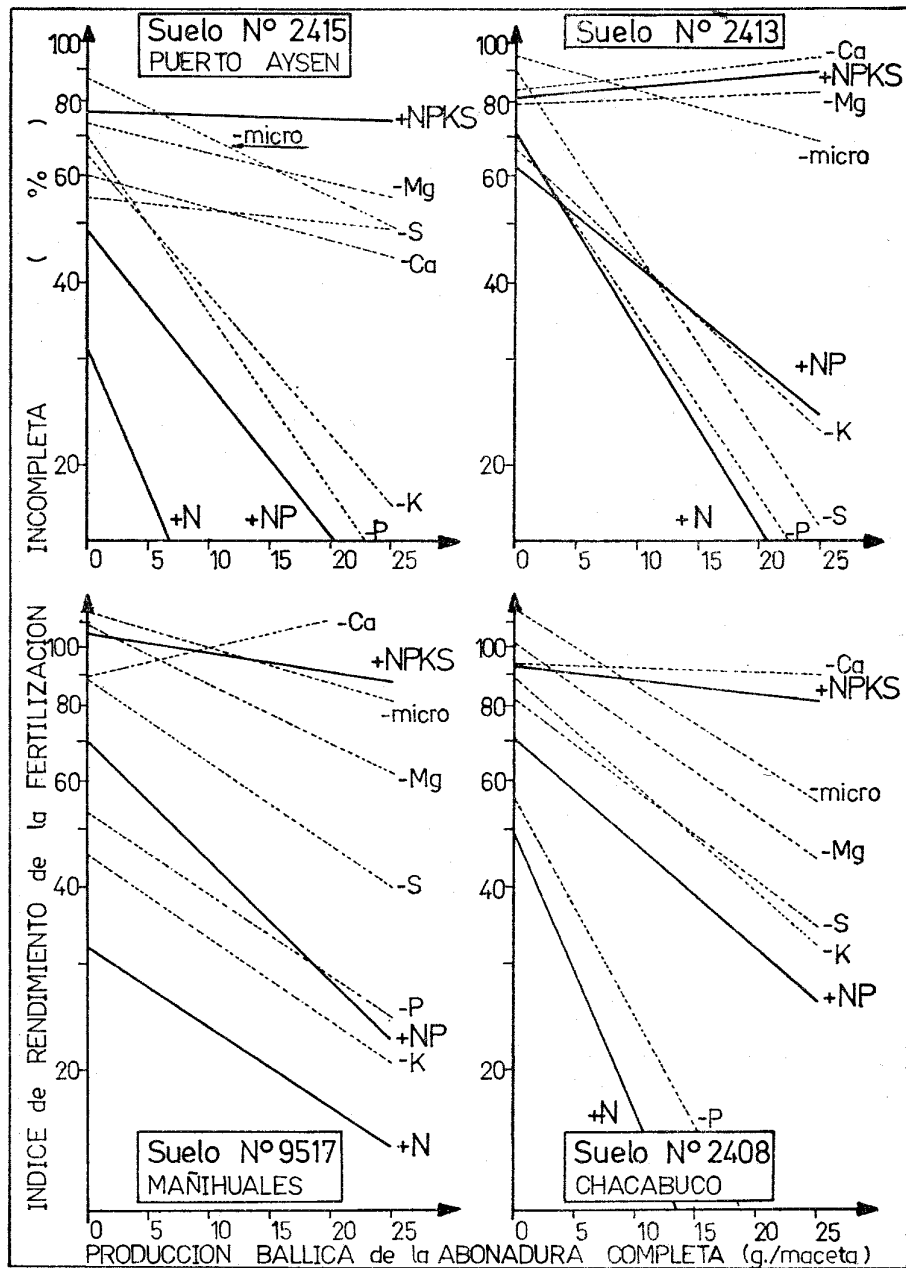


Fig.3 Diagramas de fertilidad de muestras pobres en fósforo, de la provincia de AYSÉN.

la muestra 2408 ($m = 0,03687$). A su vez se cumple que la mayor pendiente de la línea de producción + N la posee el mismo suelo ($m = 0,04660$). También sucede lo opuesto, esto es que la menor pendiente negativa, para su línea de producción + N, la presentan los suelos pobres en fósforo cuya línea de fertili-

dad tiene valores negativos pequeños (y en un caso incluso positivo, como se comprueba con la muestra 9519) para su coeficiente angular. La relación que existe entre las dos líneas del diagrama de fertilidad insinúa una exigua respuesta a la abonadura exclusiva-

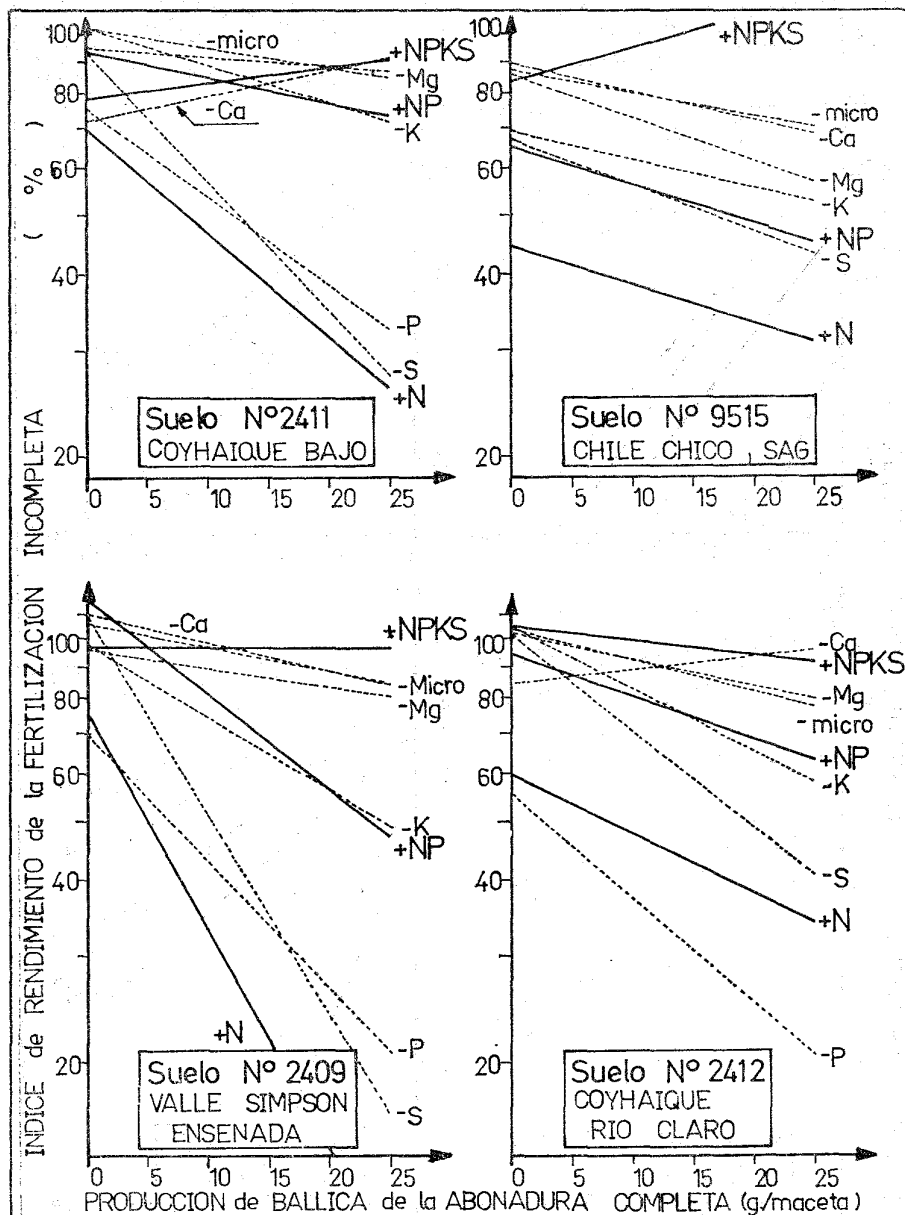


Fig.4 Diagramas de fertilidad de muestras pobres en azufre de la provincia de AYSÉN.

mente nitrogenada en suelos pobres en fósforo.

En la búsqueda de algún factor climático o ecológico que permita predecir el grado de respuesta de la abonadura nitrogenada, no se llegó a una conclusión satisfactoria. Por cierto se sabe que la muestra más rica en fósforo y que ofrece la mayor respuesta a la aplicación nitrogenada, procede de Chile Chico,

Mikhaylow, 1970, sostiene que "Chile Chico está protegido del aire marino frío por los Andes y posee un clima continental". No ofrece gran utilidad este conocimiento, para explicar la conducta de la muestra 9516, porque no se comporta del mismo modo el suelo 9515 (Fig. 4), aunque ambos proceden de Chile Chico.

La fórmula NP causa un aumento de ferti-

lidad considerable en la mayoría de los suelos, en relación a la abonadura nitrogenada, pero siempre muy por debajo de su fertilidad óptima. No se comportan satisfactoriamente los suelos 2415 (Fig. 3) y 9515 (Fig. 4), porque presentan deficiencias conjuntas de azufre y potasio, más graves ambas que la de fósforo. Análogamente fracasa la abonadura NP en las muestras 2413 y 9517 (Fig. 3) por la mayor severidad de la deficiencia de potasio que la de fósforo. Finalmente se manifiesta una carencia tan fuerte de potasio en los suelos 9520 y 9519 (Fig. 2) que ésta no puede corregirse mediante la abonadura NP, sino con un fertilizante portador de potasio.

La limitación impuesta por el potasio y el azufre en las muestras previamente citadas concuerda con la conclusión antes hecha a partir de los valores promedios presentados en la Fig. 1. La línea de producción NP se sitúa sobre el diagrama de fertilidad entre las líneas de fertilidad del azufre y del potasio. En consecuencia, en los suelos a los cuales se aplica NP hay una respuesta restringida, cuando a éste falta potasio o azufre.

Por lo tanto, puede anticiparse una acción exitosa de la fórmula NPKS, como efectivamente se infiere de la Figura 1. Al atender a los coeficientes de posición A de la línea de producción NPKS, se constata una respuesta insuficiente de la abonadura NPKS para algunas muestras. La limitación impuesta por la falta de magnesio, micronutrientes (B, Mo, Zn, Cu y Mn) y/o calcio, justifica esta desviación. Es notorio el efecto deprimente que tiene la falta de microelementos en las muestras 9520 y 9516 (Fig. 2), la que sólo se corrige parcialmente con la abonadura NPKS.

La muestra 9520 (Fig. 2) ofrece bajos valores para A en sus líneas de producción NPKS y de fertilidad de los micronutrientes y del calcio. Se sospecha que dicha propiedad de la línea de fertilidad del calcio exterioriza un problema provocado por el contenido de microelementos. Asumiendo la corrección de esta suposición, puede anticiparse la insuficiencia de la fórmula NPKS para subsanar los problemas de fertilidad en las muestras 9519 (Fig. 2), 2415 y 2413 (Fig. 3) y 2411 (Fig. 4), como efectivamente sucede.

Del Cuadro 1, se desprende que todas las muestras en las cuales hay una respuesta moderada a la fórmula NPKS, tienen problemas con micronutrientes. Tales problemas se manifiestan en el correspondiente diagrama de fertilidad, ya sea mediante la línea de fertili-

dad del calcio o bien por la de los micronutrientes. La carencia de microelementos no puede subestimarse para elevar la productividad en los suelos de la provincia de Aisén, especialmente cuando se recuerda la asociación encontrada entre disponibilidades de calcio y de micronutrientes (Parte XVIII; Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974). Escapa a los objetivos de este trabajo la identificación de el o los micro nutrientes responsables de esta disminución de fertilidad, como asimismo indicar el mecanismo mediante el cual pudiera afectarse su concentración por la presencia de carbonato de calcio.

La poca eficiencia de la abonadura NPKS se justifica en otros casos por la mayor severidad de la deficiencia de magnesio, respecto de la que presentan el calcio o los mismos microelementos. Así se comprueba para el magnesio con la muestra 2413 (Fig. 3). Una visión de conjunto se adquiere con la Figura 5, donde se relacionan el menor de los valores de A determinado para las líneas de fertilidad del calcio, magnesio o microelementos, con el respectivo coeficiente de posición de la línea de producción NPKS. Conviene tener presente que en la Parte XVIII se demostró que las líneas de fertilidad mencionadas tienen sus coeficientes de posición asociados entre sí (Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974).

En diversos ensayos de campo realizados en la Estación Experimental de Coyhaique (Chile, Departamento de Investigación Agrícola, 1961) se mide el efecto de los abonos aplicados sobre una pradera, compuesta por pasto ovillo y trébol blanco.

La exclusión de 222 Kg/ha de superfosfato triple o de 200 Kg/ha de sulfato de potasio de la fórmula NPKS se traduce en producciones similares de la pradera (Cuadro 2). Es consistente la mayor depresión de rendimientos causada en los tres casos considerados, por la no inclusión de sulfato de potasio que de fósforo. Lamentablemente ninguna de las muestras usadas en el ensayo de macetas procede de este lugar.

Se presume que el diagrama de fertilidad del suelo correspondiente a la Estación Experimental de Coyhaique se parece al de la muestra 2411, con sus líneas de fertilidad del fósforo y del potasio (y/o azufre) paralelos, pero donde siempre se determinan mayores índices de rendimiento para la línea de fertilidad del fósforo. Se origina así una situación similar a la reflejada para el suelo 9517 en la

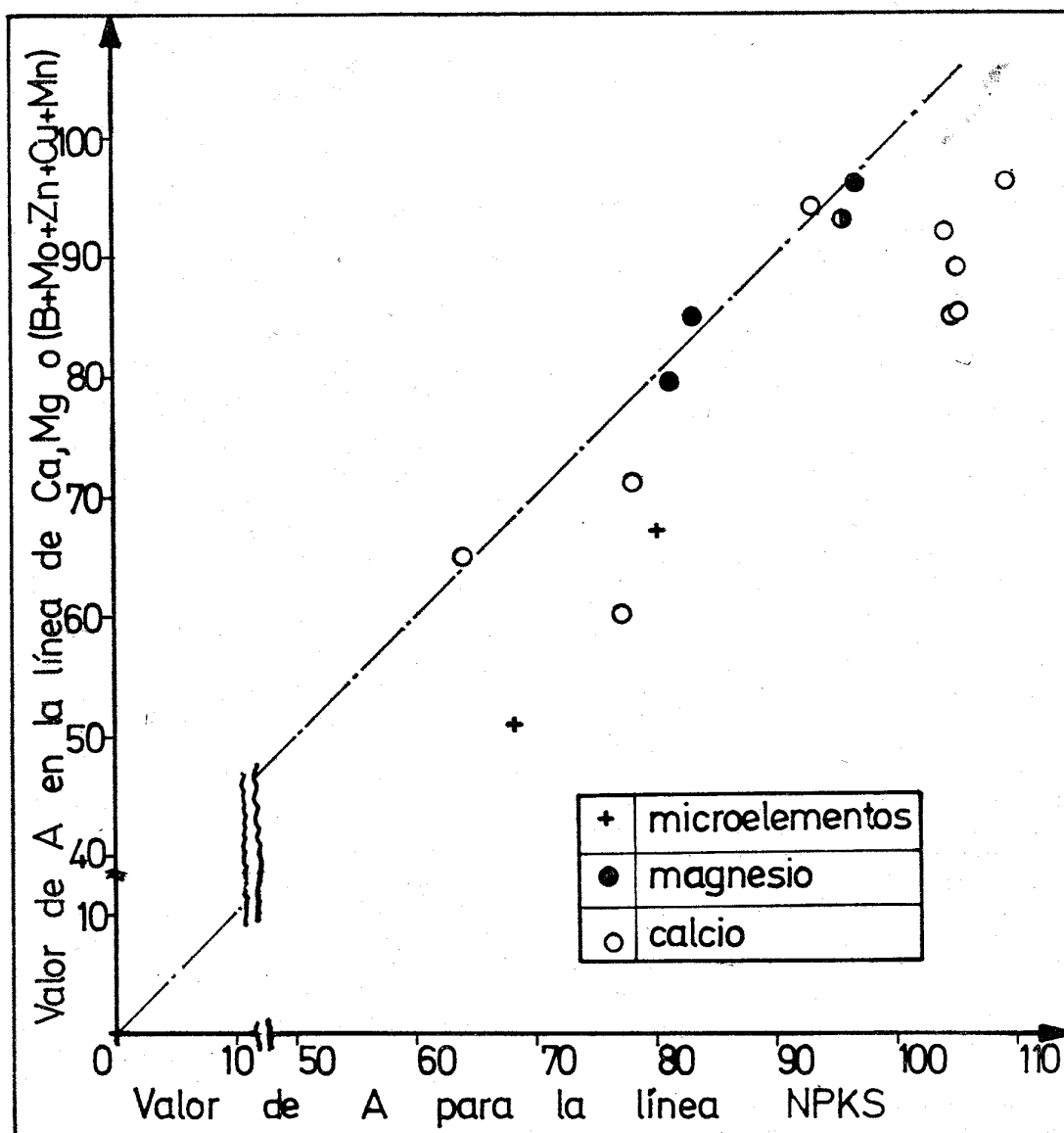


Fig. 5. Relación entre el menor valor de A de la línea de fertilidad del calcio, magnesio o micronutrientes y el respectivo coeficiente de posición de la línea de producción NPKS en suelos de AISEN.

Figura 3, con sus líneas de fertilidad del potasio y del fósforo.

Ahora bien, si a la fórmula completa NPKSCa se sustraen 2.000 Kg/ha de carbonato de calcio o 400 Kg/ha de salitre sódico, se alcanzan producciones semejantes entre sí, y todas ellas superiores a las previamente dis-

cutidas. De aquí se deduce que la línea de fertilidad del nitrógeno coincide con la del calcio. Ambas líneas se ubican próximas a la línea de producción NPKSCa.

Se atribuye importancia a este resultado, porque minimiza la acción del nitrógeno, al igualarla a la del calcio.

Cuadro 2 — Efecto inmediato y residual de diferentes tratamientos de fertilización sobre pradera en la Estación Experimental de Coyhaique.

(Datos: CHILE, Depto. de Investigación Agrícola, 1961).

Abonadura	Producción de la Pradera (Tonelada/ha)		
	Efecto inme- diato	Un año resi- dual	Dos años re- siduales
NPKSCa	15,2	17,6	16,8
NPKS	16,1	18,7	15,0
NPCa	11,3	9,9	10,5
NKSCa	13,8	11,2	10,6
PKSCa	12,4	18,2	15,5
Testigo	8,1	7,4	7,8
Fertilización: año 1958	año 1957	año 1956	

Del Cuadro 2 se desprende que la ausencia de nitrógeno en la fórmula de fertilización, repercute más severamente que la falta de calcio, únicamente sobre los rendimientos inmediatos de la pradera. Esta baja de producción causada por la exclusión de nitrógeno en la abonadura completa ahí usada, puede atribuirse a diversas causas:

- 1) Error Experimental.
- 2) La insuficiente humedad aprovechable existente en el lugar del ensayo, ya sea por falta de lluvias o por una excesiva evapo-transpiración causada por los fuertes vientos que azotan a la zona (Almeyda y Sáez, 1958).
Ante una carencia de agua no se manifiestan todas las bondades de los abonos aplicados.
- 3) Modificación de la composición botánica de la pradera. La fertilización PKSCa estimula el crecimiento del trébol blanco, disminuyendo la población de pasto ovillo. La baja de rendimiento causada en el primer año por la falta de nitrógeno al pasto ovillo, se compensa en los años siguientes con el aumento de la componente leguminosa de la pradera, cuyos rendimientos son independientes de la fertilización nitrogenada.

CONCLUSIONES

La adición de nitrógeno al conjunto de las quince muestras de suelo de la provincia de Aisén, no permite alcanzar la efectividad

de la abonadura NP, por constituir el fósforo la principal carencia mineral de entre todos los elementos investigados. Las respuestas a la fertilización nitrogenada son mejores en los suelos más ricos en fósforo. En todos los casos se constata gran similitud entre los parámetros de las líneas de fertilidad del fósforo y de producción del nitrógeno. Un uso eficiente del abono nitrogenado es imposible en suelos pobres en fósforo, si previamente no se corrige la deficiencia mencionada. Sólo excepcionalmente interfiere una mayor pobreza en azufre o en potasio.

Los índices de rendimiento de la abonadura nitrogenada se duplican, cuando a ésta se añade superfosfato triple. Los mismos niveles de fertilidad se determinan para las líneas de fertilidad del potasio y de producción NP, salvo que en dicho suelo exista una deficiencia mucho más grave de azufre o de micronutrientes que de potasio.

Esta característica del diagrama de fertilidad restringe la eficiencia de la abonadura NP a las disponibilidades de potasio en el suelo.

La mejor respuesta a la fertilización NP se comprueba en los suelos más ricos en potasio, azufre y microelementos.

Para corregir satisfactoriamente las principales deficiencias nutritivas que afectaron a los suelos estudiados de la provincia de Aisén, fue necesario incorporar NPKS. Aún así, sólo se logran niveles modestos de fertilidad, cuando se aplica a suelos afectados por carencias graves de micronutrientes (B, Mo, Zn, Cu o Mn).

Los suelos de la provincia de Aisén perjudicados por problemas de micronutrientes, acusan bajos valores de A en sus líneas de fertilidad del calcio o de los microelementos. En cualquiera de los dos casos se traducen en valores inferiores a 85 para la correspondiente línea de producción NPKS. Es indispensable recalcar la gran importancia práctica que tiene para la zona la identificación de él o los microelementos responsables (B, Mo, Zn, Cu, Mn).

La prioridad atribuida en ensayos de macetas a los elementos fósforo, potasio y azufre (más nitrógeno, no investigado) (Parte XVIII, Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1974) como principales deficiencias imperantes en los suelos de la provincia de Aisén, se confirma con el diagnóstico hecho en base a algunos ensayos de campo, realizados en la zona.

RESUMEN

El comportamiento de tres fórmulas de fertilización —N, NP y NPKS— se estudia con ballica sembrada en macetas con quince muestras de suelo de la provincia de Aisén.

La fertilización nitrogenada es insuficiente para mejorar la baja fertilidad de los suelos, especialmente cuando en ellos hay deficiencias graves de fósforo.

Un aumento considerable de los índices de rendimiento se produce con la fórmula NP. Las excepciones proceden de muestras en las cuales existen deficiencias más graves de otros nutrientes que del fósforo.

En todos los suelos se manifiesta superior el empleo de la abonadura NPKS que de las otras dos, alcanzando por su intermedio niveles de fertilidad próximos al de la abonadura completa. Las peores respuestas a NPKS se encuentran en suelos que tienen problemas con magnesio y micronutrientes.

Los resultados de los ensayos de macetas se discuten comparándolos con datos obtenidos en ensayos de campo.

SUMMARY

The yield responses of ray-grass sown in pot experiments with three fertilizations —N, NP and NPKS— are studied on fifteen soil samples from the Aisén province.

The low soil fertility cannot be improved conveniently by nitrogen fertilizers alone, particularly when samples are phosphorous deficient.

A considerable increase in the yield indexes is observed by the NP addition to the soil. There are exceptions that proceed from samples in which other nutrients than phosphorous are more serious deficiencies.

There is an advantage in the use of NPKS fertilization as compared with the other two treatments, for all soils. By means of it, the fertility levels reached are similar to the one obtained by complete manuring. The worst responses to NPKS are found in soils that have problems with magnesium and micronutrients.

The results from pot experiments are compared with the information given by some field trials.

LITERATURA CITADA

- ALMEYDA, E. y SÁEZ, F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago. Ministerio de Agricultura y Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 195 p.
- CHILE, Departamento de Investigación Agrícola. 1961. Memoria Anual 1958-1959. Tomo I. Santiago. Ministerio de Agricultura. p. 384. (Boletín Especial Nº 7).
- 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.
- IANSA. 1963/1964. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1963/1964. Santiago. Industria Azucarera Nacional, Departamento Agrícola. pp. 13-173.
- INIA. 1972. Análisis de la situación agropecuaria de la provincia de Aisén y sugerencias para aumentar su actual nivel productivo. Temuco. Estación Experimental Carillanca y Unidad Regional Carillanca del Servicio Agrícola y Ganadero. 24 p. y anexos.
- LETELIER, E. 1969. 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. pp. C. 3.1-C. 3.14.
- MIKHAYLOW, I. 1970. Mean features of Chilean soils. Soviet Soil Science 1: 1-7. (Translated from Pochvovedeniye, 1970, Nº 1: 24-32).
- RODRÍGUEZ, M. 1959/1960. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. Agricultura Técnica (Chile). 19/20:309-399.
- 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.
- 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. XVIII. Macronutrientes, provincia de Aisen. Agricultura Técnica (Chile). 34 (4): 189-200.
- _____, _____, _____ y _____. 1971. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Malleco. Agricultura Técnica (Chile). 31 (3): 136-142.
- _____, _____, _____ y _____. 1973. XV. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Chiloé. Agricultura Técnica (Chile). 34 (1): 19-29.
- _____, PINO, E. y FLOODY, T. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con ensayos en macetas. III. Cálculo de las líneas de fertilidad. Agricultura Técnica (Chile). 31 (2): 106-115.