

LEVY, J. F. 1964. Identification et étude par l'analyse foliaire de quelques carences alimentaires de la vigne dans le Midi de la France. In *Le Contrôle de la Nutrition Minérale et de la Fertilization des Cultures Méditerranéennes*. Laboratoire Coopératif de Diagnostic Foliaire. (Ed.). Montpellier (Francia) pp. 220-226.

RAUTA, C. 1964. La nutrition de la vigne et le diagnostic foliaire. In *Le Contrôle de la Nutrition Minérale et de la Fertilization des Cultures Méditerranéennes*. Laboratoire Coopératif de Diagnostic Foliaire. (Ed.). Montpellier (Francia). pp. 238-241.

SÁNCHEZ, L. 1961. Determinación de la curva de N total en tres variedades de *Vitis vinifera* me-

dante el análisis foliar. Santiago, Chile. Universidad de Chile. 82 p. (Tesis Ing. Agr., mimeografiada).

SHAULIS, N. and KIMBALL, G. 1956. The sampling of small fruit for composition and nutritional studies. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 68: 576-586.

ULRICH, A. 1942. Potassium content of grape leaf petioles and blades contrasted with soil analysis as indicators of K status in the plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 41: 204-212.

———. 1942a. Nitrate content of grape leaf petioles and blades as an indicator of N status in the plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 41: 213-218.

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.

XI. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Osorno¹

Gotardo Schenkel S.², Pedro Baherle V.³, Tatiana Floody A.⁴ y

Mauricio Gajardo M.⁵

INTRODUCCION

La exploración de deficiencias nutritivas por la técnica del elemento faltante en los suelos de la provincia de Osorno, demuestra la gravedad que revisten en ellos las carencias de fósforo, potasio y azufre (Schenkel *et al.*, 1972a). Un aumento de producción de las plantas ahí cultivadas se asocia con la corrección de estas deficiencias, suponiendo que el nitrógeno no constituya problema.

Aquí se desea comprobar la validez del diagnóstico anterior por la adición de algunas fórmulas de fertilización, para lo cual se utilizan las mismas muestras previamente incluidas. Las tres fórmulas de fertilización elegidas corresponden a las ya empleadas con

ocasión del estudio de las provincias de Malleco (Schenkel *et al.*, 1971b), Cautín (Schenkel *et al.*, 1971a) y Valdivia (Schenkel *et al.*, 1972b).

Las producciones de ballica obtenidas con tres fórmulas de fertilización: N, NP y NPKS se interpretan mediante el diagrama de fertilidad (Schenkel, 1971). La caracterización de las líneas de producción de cada suelo se hace con ayuda de los coeficientes de una recta (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

Los factores fisiográficos y de drenaje considerados por Rodríguez (1950) inciden sobre las características de fertilidad de los suelos de la provincia de Osorno (Schenkel *et al.*, 1972a). También Goic (1968a, 1968b y 1969) e INIA (1972, págs. 213-215) distinguen cuatro áreas con marcadas diferencias en cuanto a fertilidad del suelo, establecimiento y manejo de praderas.

En este trabajo se desea enfatizar la existencia de deficiencias nutritivas distintas del nitrógeno y fósforo, comprobadas ya no sólo con ensayos de macetas sino con ensayos de campo.

¹Recepción manuscrito: 27 de agosto de 1971.

²Ing. Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-4, Temuco, Chile.

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

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

⁵Ayudante de laboratorio e invernadero, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

REVISION DE LITERATURA

La abundante experimentación existente con los suelos de la provincia de Osorno reconoce en el fósforo a la principal deficiencia nutritiva (Díaz, Astudillo y Aranda, 1960) (Volke, 1963, 1964) (Letelier, 1964, 1967, 1969). Muchos antecedentes se han acumulado con diferentes especies y en distintos lugares de la provincia, particularmente para los suelos derivados de cenizas volcánicas¹.

Bien puede afirmarse que en las condiciones actuales de los suelos de la provincia de Osorno "es el fósforo el elemento nutritivo, que por sí solo, más afecta la productividad de las praderas de la zona húmeda" (INIA, 1972). Esta misma función la asume con otros cultivos.

En segundo lugar se ubica el nitrógeno, por lo que con frecuencia se reconoce la existencia de una interacción positiva nitrógeno $\times$ fósforo (Letelier, 1951, 1953, 1957, 1961, 1964, 1969) (IANSA, 1964) (INIA, 1972). Semejante resultado también se ha constatado con otros suelos derivados de cenizas volcánicas (Ramírez *et al.*, 1971).

La posición asumida por el nitrógeno, como segunda deficiencia más intensa en los suelos de la provincia de Osorno, explica (Letelier, 1944) por qué "pocas veces se observa efecto cuando el nitrógeno se ha aplicado solo" (IANSA, 1963, pp. 49-51) (Goic, 1968a). "Es posible que las necesidades de elementos fertilizantes, especialmente de nitrógeno, aumenten en suelos más cultivados" (Letelier y Montaldo, 1945), porque ellos reciben corrientemente bastante fósforo. Por lo demás, ha sido ésta la evolución que han seguido generalmente los suelos cultivados (Schuffelen, 1958).

La mineralización de varios elementos nutritivos de sus formas orgánicas a las formas inorgánicas constituye una importante fuente de nutrientes para las plantas (Igue, Fuentes y Bornemisza, 1971). Gran atención ha merecido la condición especial de la minera-

lización de P-orgánico. Barrow (1961), Black y Goring (1953) y Alexander (1964) sostienen que la mineralización se produce cuando la relación C:P-orgánico es menor de 200:1, mientras que la inmovilización será el efecto dominante con relaciones de 300:1, o superiores. Sin embargo, Mc Call, Davis y Lawton (1956), Enwezor (1967) y Blasco, Bohorquez y Llanos (1968) encuentran que la mineralización/inmovilización depende más de la cantidad de fósforo total presente en forma orgánica que de la relación C:P-orgánico. El último estudio muestra que la inmovilización del fósforo es el proceso dominante en suelos volcánicos de Colombia, a pesar de que la relación C:P-orgánico es inferior a 200. Recientemente, Igue, Fuentes y Bornemisza (1971) indican que la mineralización en suelos de Costa Rica ocurre cuando el fósforo disponible es suficiente para la actividad microbiana. Tejeda (1970) parece confirmar esta interpretación, con suelos chilenos. Establece que la mineralización de nitrógeno presenta correlación positiva, significativa al nivel 0,01 con el contenido de N total del suelo, y con fósforo disponible se calcula un coeficiente de correlación próximo al nivel 0,05 de significación.

Acquaye (1963) y Awan (1964) señalan la importancia de la fracción P-orgánico en la nutrición del cacao y maíz, respectivamente. Además, Acquaye (1963) observa un aumento en la mineralización del P-orgánico con la aplicación de nitrógeno y fósforo en experimentos de incubación.

Schaefer, Urbina y San Martín (1969) comprueban en un suelo ñadi — ubicado próximo a la muestra Nº 1992 del presente trabajo — "que un aumento muy fuerte en respiración y actividad deshidrogenasa es logrado con la adición de fósforo en altas dosis". En el nivel más alto (16.000 ppm P) se encontró una activación espectacular de la respiración, que "continúa a través de todo el perfil y todo el horizonte húmico". Concluyen sosteniendo que "gran cantidad de materia orgánica del suelo es mineralizable, desplazando el fósforo los ácidos fúlvicos absorbidos en alófana".

De acuerdo a Scheffer y Schachtschabel (1960) se encuentran presentes en la fracción fúlvica los polisacáridos, la mayor parte de las combinaciones fosfo-orgánicas y una parte de los aminoácidos. Además, los "ácidos fúlvicos son la fracción del humus que mayormente compleja y moviliza el aluminio" (Silva y Schaefer, 1971). La importancia de es-

¹El lector podrá consultar los siguientes trabajos si desea mayores antecedentes, especialmente en lo que concierne al fósforo y nitrógeno:

a) *En remolacha*: Bustos (1951); Jul y Bustos (1951); Rojas y Letelier (1961); Departamento de Investigaciones Agrícolas (1962a); IANSA (1963); IANSA (1964); Jara (1964); IANSA (1965); Letelier (1969); Rojas (1970); Aliaga (1970).

b) *En raps*: Departamento de Investigaciones Agrícolas (1961a, 1961b, 1962b); Müller (1962); Urbina, 1964a, 1964c); INIA (1972).

c) *En trigo*: Letelier (1944, 1950, 1954, 1957, 1961, 1964).

d) *En papas*: Letelier y Montaldo (1945, 1954); Letelier (1950); INIA (1972).

e) *En praderas*: Suárez (1945); Letelier (1952, 1954); Departamento de Investigación Agrícola (1962a, 1964); Goic (1968a, 1968b, 1969); INIA (1972).

ta fracción se comprende cuando se atiende al resultado obtenido con el mismo ñadi por Urbina, San Martín y Schaefer (1969), en virtud del cual "cuando están presentes el piruvato — fuente de energía fácilmente metabolizable — y la alanina — fuente de nitrógeno orgánico — hay un efecto adicional del fósforo en sus tres dosis: 400 — 4.000 y 16.000 ppm P" sobre la actividad de las poblaciones microbianas, intensificando la mineralización de carbono y nitrógeno orgánico.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de suelo en este trabajo se han identificado por Schenkel *et al.* (1972a).

El ensayo de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* se ha efectuado en la forma descrita por Schenkel y Baherle (1971) con los tratamientos de fertilización mencionados por Schenkel *et al.* (1971b). Estos son: N (nitrato de amonio), NP (N + superfosfato triple con 46,11% P_2O_5) y NPKS (NP + sulfato de potasio con 46,07% K_2O).

El cálculo de las ecuaciones que definen a las líneas de producción se hace en forma gráfica (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

RESULTADOS

Las constantes de las ecuaciones correspondientes a las líneas de producción han sido calculadas para las tres fertilizaciones consideradas. Estos valores se ven en el Cuadro 1, y con el promedio de las 50 muestras se dibuja el diagrama de fertilidad presentado en la Figura 1. La sola adición de nitrato de amonio (+N) determina bajas producciones; no es posible sobrepasar el 30% del rendimiento potencial.

Un aumento apreciable se obtiene cuando junto al nitrógeno se incorpora fósforo (+NP), pues con esta fórmula se duplican los rendimientos alcanzados con la fórmula +N. En la Figura 1 hay una buena superposición de líneas, la de fertilidad de potasio (-K) y la de producción (+NP). Este resultado se interpreta como una comprobación del hecho que en los suelos de la provincia, la producción de ballica se encuentra limitada por la falta de potasio cuando se agrega NP. En otros términos, no es posible aumentar los rendimientos más allá de lo determinado por la línea del potasio cuando sólo se aplica nitrógeno y fósforo. Igual resultado se ha obtenido con los suelos de las

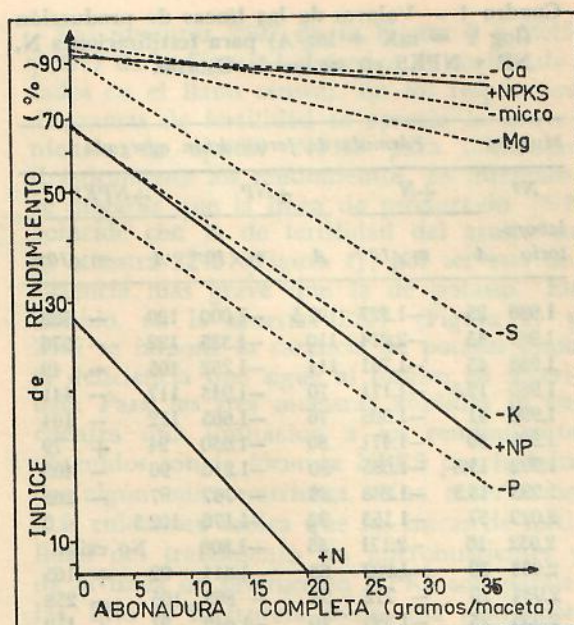


Figura 1 — Diagrama de fertilidad de la provincia de Osorno (50 muestras).

provincias de Valdivia (Schenkel *et al.*, 1972b), Cautín (Schenkel *et al.*, 1971a) y Malleco (Schenkel *et al.*, 1971b).

En general, la aplicación de la fórmula NPKS permite alcanzar elevados rendimientos, que deben considerarse satisfactorios, aunque todavía susceptibles de mejorarse. Aparentemente, la inclusión de algunas impurezas en los abonos comerciales — superfosfato triple y sulfato de potasio — explican que las líneas de fertilidad del magnesio y de los micronutrientes sean inferiores a la línea de producción NPKS. Tampoco se desconoce la ventaja que pudiera representar la granulometría de los abonos comerciales (INIA, 1972, p. 315) y la solubilidad diferente de ellos (Benzian, Bolton y Mattingly, 1969) (Metson y Saunders, 1962) respecto de la condición que se dio en la abonadura completa donde se utilizó sales químicas de pureza analítica y cristalizadas (Schenkel y Baherle, 1971). A su vez, los rendimientos determinados con la abonadura NPKS son sólo un poco inferiores a los determinados por la línea de fertilidad del calcio, cuando se toman en cuenta únicamente las producciones de materia seca de ballica.

El comportamiento anterior frente a las tres fórmulas de fertilización corresponde al promedio de 50 muestras. La conducta individual de los diferentes suelos presenta ligeras discrepancias. Para interpretar esta varia-

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

Muestra		Fórmula de fertilización agregada					
labora- torio	Nº	+N		+NP		+NPKS	
		A	$m \times 10^{+5}$	A	$m \times 10^{+5}$	A	$m \times 10^{+5}$
	1.986	25	-1.327	107,5	-1.000	120	- 528
	1.987	45	-2.214	110	-1.335	122	- 576
	1.988	45	-1.761	114	-1.252	105	- 49
	1.989	19,5	-1.171	70	-1.943	117	- 441
	1.990	41	-1.505	76	-1.665	112	- 164
	1.991	30	-1.471	80	-1.630	94	+ 79
	1.992	13,5	-1.685	50	-1.216	96	- 403
	1.993	13,5	-1.288	88	- 767	97	- 265
	2.029	37	-1.153	92	-1.176	102,5	0
	2.032	16	-2.171	55	-1.806	No existe	
	2.033	39	-1.907	63	-1.814	92	+ 165
	2.034	20	- 772	98	- 863	105	- 258
	2.035	23	-1.395	70	-1.649	91	+ 110
	2.036	22	-2.408	69	-2.151	100	- 14
	2.233	19,5	-1.706	47	-1.124	95	0
	2.234	16,5	-1.458	48	- 361	84	+ 163
	2.235	26	+1.129	75	- 884	102	+ 221
	2.245	12,3	- 599	25,5	- 708	92	+ 66
	2.246	10	-1.216	21,5	- 391	115	- 135
	2.247	20	-1.792	31,5	- 839	118	- 194
	2.248	16,5	-1.399	31	-1.567	110,5	- 89
	2.277	19	-1.187	77	-1.464	105	+ 181
	2.278	9,8	-1.557	41	-1.633	100	+ 52
	2.279	7,8	-1.336	40	-1.544	96	0
	2.283	32	-3.157	64	-2.100	90	- 156
	2.284	30	-3.129	52	-3.672	108	- 888
	2.287	28,5	-2.757	50	-1.661	95	- 267
	2.288	25	-2.412	63	-2.756	112	- 645
	2.293	23	-3.289	78	-1.970	101	- 969
	2.294	29	-3.303	60	-2.316	97	+ 260
	2.350	27	-4.069	53	-2.683	49	+4.143
	2.351	41	-4.539	61	-3.166	102	-1.495
	2.359	25	-2.744	28	-1.789	63	+ 619
	2.360	34	-4.429	57	-3.436	95	-2.702
	2.361	15	-3.646	27	-3.595	90	-3.181
	2.362	37	-5.165	44	-3.677	90	-2.225
	2.363	39,5	-3.314	77	-1.979	56	+ 632
	2.364	39	-2.189	78	- 870	71	+ 199
	2.377	20,5	-2.664	74	-1.352	75	- 347
	2.378	29	-4.105	75	-2.296	70	- 551
	2.379	39,5	-4.261	95	-4.057	116	-2.447
	2.380	20	-2.150	62	0	52	+2.470
	2.384	Ensayo perdido					
	2.390	22	-1.427	63	- 174	60	+2.958
	2.392	36	-2.633	91	-1.734	74	+1.006
	2.393	35	-4.000	100	-2.905	89	-1.930
	2.394	33	-3.989	80	-2.021	72	+ 649
	2.395	45	-4.355	80	-1.804	82	+1.549
	2.396	35	-4.534	84	-2.148	123	-3.287
	2.397	54	-2.219	103	-1.925	103	- 424
	2.407	56	-3.253	94	-2.084	89	- 316
Promedio	50 suel.	27,9	-2.421,6	67,5	-1.779	93,8	- 192,3

ción se considera útil relacionar los diagramas de fertilidad de los suelos con la posición fisiográfica que ellos ocupan.

En la Figura 2 se distingue la muestra 2361 de Quilanto como aquella que presenta la peor respuesta a la fertilización + NP y + NPKS. El modesto aumento de rendimiento obtenido en ella por la fertilización + NP se justifica por la extraordinaria severidad que reviste la deficiencia de potasio. Consecuente con la conducta general antes indicada, se puede establecer que ambas líneas, la de fertilidad de potasio y la de producción + NP, determinan rendimientos semejantes en este suelo ñadi. La fórmula NPKS se ve limitada por la carencia severa de micronutrientes, característica de este suelo, y seguramente también por la insuficiencia de magnesio. En consecuencia, la baja respuesta observada a la fertilización NPKS en la muestra 2361 es totalmente explicable. Semejante conducta se observa además para los suelos Nº 1992 (Schenkel y Gajardo, 1971), Nº 2359 y Nº 2362, todos los cuales son ñadi. Cabe recordar que en condiciones naturales incumbe importancia al grado de humedad que tiene el suelo en la mineralización del carbono (Blasco, 1971).

Los suelos ubicados en la precordillera de Los Andes se caracterizan por una severa deficiencia de potasio (Schenkel *et al.*, 1972a), la cual es tanto o más intensa que la de fósforo (muestra 2293 en Figura 2). Luego sorprende el éxito alcanzado con la fórmula + NP, porque la línea de producción así definida sobrepasa claramente los índices de rendimiento determinados por la línea de fertilidad del potasio para la respectiva abonadura completa. Este efecto tan favorable de la fórmula + NP no se vislumbró al discutir la Figura 1. Es posible que la adición de NP contribuya a utilizar mejor, por la planta, el escaso potasio disponible por no agregar magnesio, que se comportaría como elemento antagónico del potasio del suelo en el tratamiento "abonadura completa sin potasio" que sirve para determinar la línea de fertilidad del potasio. Aparentemente, esta interacción positiva de NP es común a los suelos de la precordillera de los Andes, todos deficientes en potasio, como se desprende del Cuadro 1 para las muestras 1989, 1990, 2287, 2288, 2293 y 2294. En todas ellas se obtienen mayores rendimientos con la fórmula NP que con la línea de fertilidad del potasio.

Como se vio en la Revisión de Literatura,

la interacción positiva NP es frecuente en suelos derivados de cenizas volcánicas. Los trabajos de Schaefer, Urbina y San Martín (1969), y de Urbina, San Martín y Schaefer (1969) permiten suponer que las aplicaciones de fosfato al suelo liberan la fracción fúlvica de la materia orgánica. El aluminio movilizado por los ácidos fúlvicos reaccionará con parte del fosfato aplicado (Silva y Schaefer, 1971), disminuyendo su efecto tóxico sobre las plantas. La fracción fúlvica, como sustrato energético estimula notablemente la actividad microbiana de los suelos, actuando simultáneamente sobre los ciclos del fósforo, carbono y nitrógeno. En ausencia de nitrógeno, o ante un suministro insuficiente del mismo a las plantas, no sería posible apreciar los beneficios de tal estimulación provocada por la adición de fosfato. La insuficiencia de nitrógeno originaría una competencia por este nutriente, entre el suelo (microorganismos) y la planta, perjudicando a la última.

La gravedad de la deficiencia de potasio en los suelos de la precordillera de los Andes no puede desconocerse. La necesidad de recurrir a la fórmula NPKS será ineludible; cuando más podrá ser función del tiempo y del grado de intensidad de uso al cual se desee llevar los suelos.

Por consiguiente interesa conocer qué ocurre con la abonadura NPKS. Ella es insuficiente para obtener elevadas producciones, debiendo considerarse ilustrativa la Figura 2, muestra 2293. La producción determinada por la fórmula + NPKS está limitada por la ausencia de algún micronutriente y/o de magnesio. Por el contrario, para alcanzar bajas producciones de materia seca (menos de 10 gramos/maceta) no tendrá justificación la aplicación de estos micronutrientes y/o magnesio, pues bastará con usar NPKS. Claro está, que nada se puede adelantar sobre la influencia que estos elementos nutritivos no integrantes de la fórmula de fertilización puedan tener sobre la calidad del producto cosechado, ni menos aún conocer su efecto en la sobrevivencia de las especies forrajeras perennes. Extraordinaria atención debe merecer en este sentido, el resultado mostrado por Gutiérrez y Ortiz (1962) y Rockefeller Foundation (1962) quienes observaron en la segunda temporada con una mezcla forrajera sobre suelo Fresia "una gran diferencia en la cubierta vegetal, en los tratamientos que contenían elementos menores, sin acompañarlo un aumento de producción".

Las muestras 2407 de la Figura 2 y 2245 y 2277 de la Figura 4 proceden de suelos ubicados en el llano central. En los respectivos diagramas de fertilidad se aprecia la conveniencia de aplicar NPKS para aumentar drásticamente los rendimientos. Es interesante destacar que la línea de producción (NP coincide con la de fertilidad del azufre en la muestra 2245 (Figura 4), por ser esta deficiencia más grave que la de potasio. En cambio, en la muestra 2277 (Figura 4) y 2407 se impone la carencia de potasio como la deficiencia que sigue al fósforo en severidad. Para las tres muestras aludidas se encuentra una limitación a los rendimientos obtenidos con la fórmula NPKS por la falta de algún micronutriente. Una observación más cuidadosa indica que las líneas de fertilidad del tratamiento sin micronutrientes y de la línea de producción NPKS son paralelas. Ello se interpreta como una restricción impuesta por la falta de uno o más micronutrientes sobre la producción de ballica alcanzada con la fórmula NPKS. Se desconoce cual sea el micronutriente responsable de esta caída de rendimientos. Su identificación deberá abordarse en un trabajo posterior.

Extraordinaria acción incumbe a la fertilización nitrogenada en el suelo 2407 (Figura 2). Este efecto del N se atribuye a las satisfactorias reservas de todos los elementos nutritivos que posee la muestra, particularmente de fósforo. En consecuencia puede suponerse que las plantas cultivadas sobre este suelo, en presencia de otros factores de crecimiento adecuados, agotarán rápidamente las disponibilidades de nitrógeno.

La muestra 2235 de Hueyusca (Figura 2) procede de suelos ubicados en la precordillera de la Costa (Rodríguez, 1950). Cabe imaginar que la línea de producción NP debería tener mayor limitación derivada de la falta de azufre que por la carencia de potasio. Por consiguiente es de esperar que ella se aproxime más a la línea de fertilidad del azufre que a la del potasio, como realmente ocurre. Este ejemplo, al igual que el de la muestra 2245 (Figura 4), ilustran que el grado de respuesta de la fertilización NP queda definido por la línea de fertilidad que se ubique en el primer lugar, cuando las intensidades de estas deficiencias se ordenan en forma decreciente y se omite al nitrógeno y al fósforo. Esta posición generalmente la asume el potasio como se vio al discutir la Figura 1, aunque en las dos mues-

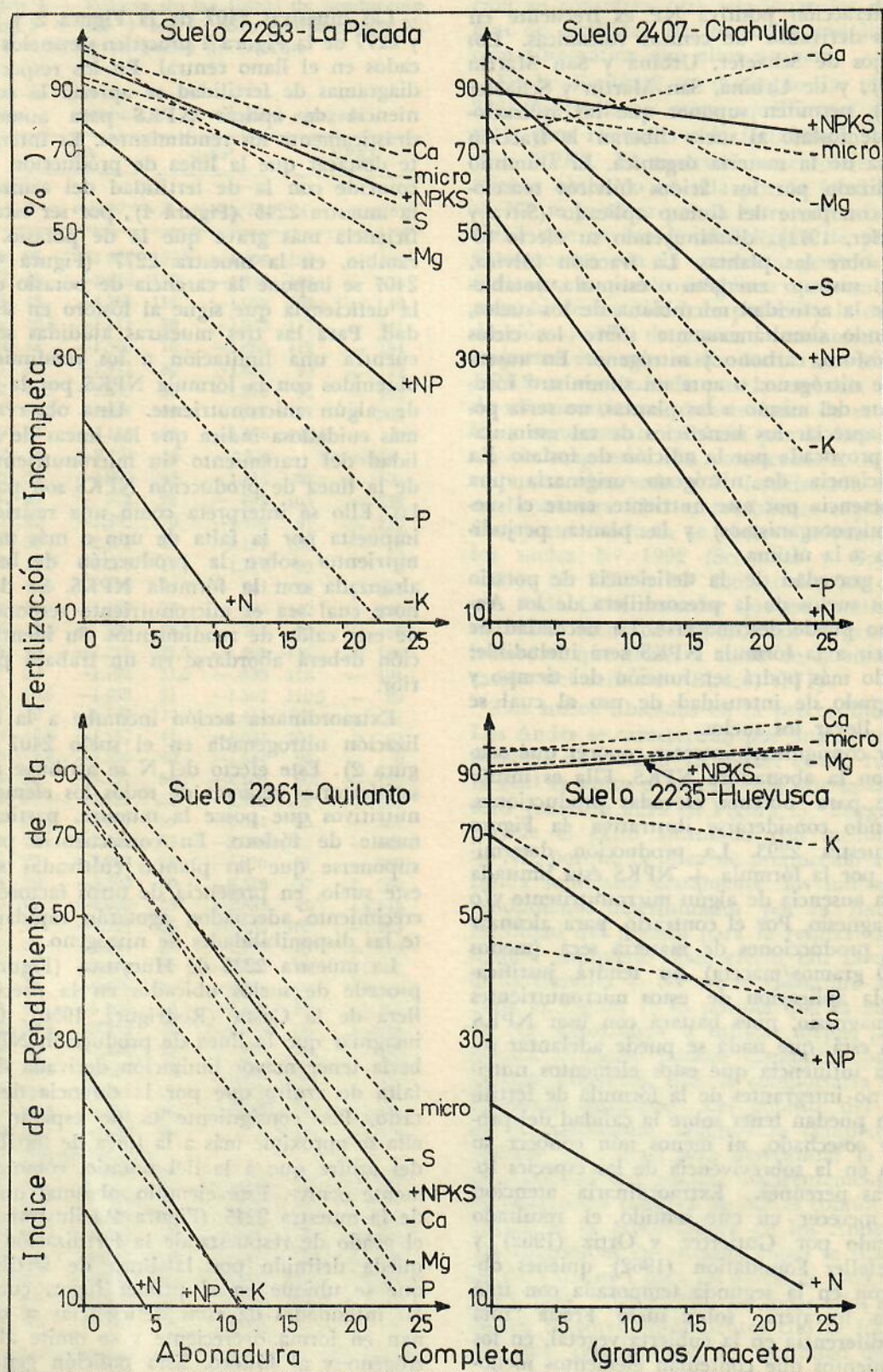


Figura 2 — Diagramas de fertilidad para suelos procedentes de distinta fisiografía.
Línea llena = línea de producción; línea segmentada = línea de fertilidad.

tras mencionadas últimamente la ocupa el azufre.

La muestra 2235 presenta escasa respuesta al nitrógeno. Dicha conducta es comparada por las muestras 2378 y 2363 (Figura 3), ambas ubicadas también en la precordillera de la costa. Sin embargo, hay una diferencia importante en el grado de respuesta a la abonadura NPKS. En los dos últimos suelos se obtienen rendimientos mediocres con NPKS, aunque siempre superior a los de la respectiva fórmula NP. Además, son distintas las líneas de fertilidad que limitan los rendimientos de la línea de producción NPKS, según sea el suelo del cual se trate. Esta limitación la imponen los micronutrientes en la muestra 2235, el magnesio en la 2378 y aparentemente el calcio —aunque probablemente los micronutrientes— en la 2363. Lo anterior revela que la respuesta a la fertilización NPKS, aunque notoriamente mejor que la del tratamiento NP, se ve limitada en su eficiencia por la falta de magnesio y/o de uno o más micronutrientes en los suelos de la costa.

La línea de fertilidad del calcio merece una consideración particular. Se comprueba que los valores experimentales, en general, quedan mejor representados por una recta logarítmica que por una semilogarítmica. Sin embargo, la mayor comodidad que significa utilizar la última representación hace que ésta se mantenga. Además, se atribuye una relación estrecha a las líneas de fertilidad del calcio y de micronutrientes. Se explica esta circunstancia por los antagonismos para el caso del boro, o por los cambios de solubilidad con el encalado (Mo, Mn, Cu y Zn). Por tal motivo puede pensarse que la adición de CaCO_3 al suelo agravaría las deficiencias incipientes de alguno de estos micronutrientes (por ejemplo boro), o por el contrario favorecería la disponibilidad de otros (por ejemplo molibdeno) en la abonadura completa. Puede resultar en el primer caso que la constante de posición de la línea de fertilidad del calcio sea bastante inferior a 100 y su pendiente negativa. Por el contrario en el segundo caso podría existir una pendiente positiva, cualquiera fuere el valor de A. Un ejemplo del primer caso lo constituye la muestra 2378 y del segundo las muestras 2235 y 2363. En consecuencia, no debe desligarse esta conducta de la línea de fertilidad del calcio, de la concomitancia con algún micronutriente. Cuando su coeficiente A tiene un valor que dista del valor óptimo 100% reflejaría la responsabilidad

que le cabría a algún micronutriente carencial.

Un representante del quinto grupo de suelos de terrazas aluviales lo constituye la muestra 2390. En este suelo Forrahue hay una peculiar respuesta a la abonadura NPKS. A medida que se desarrolla la ballica, alcanza la misma producción de la abonadura completa (100%) cuando se producen 7 gramos/maceta. Esta forma de reaccionar de la ballica frente a la fórmula NPKS se confirma con la muestra 2350 (Figura 3). La forma dibujada con pendientes positivas elevadas $m=+0,04134$ para N° 2350 y $m=+0,02958$ para N° 2390, tiende a exagerar el fenómeno real para elevadas producciones de la abonadura completa, como consecuencia de no valer la relación semilogarítmica, sino una logarítmica decreciente, que representa mejor a los diferentes valores experimentales.

Al estudiar las líneas de fertilidad Schenkel *et al.* (1972a) han mencionado que la permeabilidad del suelo tiene influencia sobre la distribución de la intensidad de las deficiencias de azufre en el perfil del suelo. Por esta razón interesa saber si semejante diferencia influye sobre la respuesta que presentan a las tres fórmulas de fertilización. En la Figura 4 se ilustra gráficamente este hecho. Sin atender a profundidad alguna o a la permeabilidad del suelo considerado, todos tienen una excelente respuesta a la fórmula NPKS. Muy diferente es, en cambio, la respuesta a la abonadura NP y sobre todo a N. La mejor respuesta a la fórmula NP la presenta la muestra superficial del suelo Reconciliación. Los índices de rendimiento determinados en esta muestra (N° 2277, Figura 4) por la fórmula NP, casi duplican a las respectivas producciones obtenidas en las otras profundidades. Este resultado se justifica porque la disponibilidad de potasio —nutriente carencial que sigue en intensidad a la de fósforo— casi es dos veces mayor en la muestra superficial que en las correspondientes subsuperficiales (N° 2278 y N° 2279, Figura 4).

Para el suelo trumao Osorno no se observa esta misma diferencia en el grado de respuesta a la fórmula de fertilización NP entre muestras que proceden de distinta profundidad. Tal conducta se basa en la disponibilidad semejante de potasio que se observa en las cuatro profundidades consideradas. Si alguna diferencia existe, ésta favorece a la tercera y cuarta profundidad (N° 2247 y N° 2248, Figura 4), como efectivamente

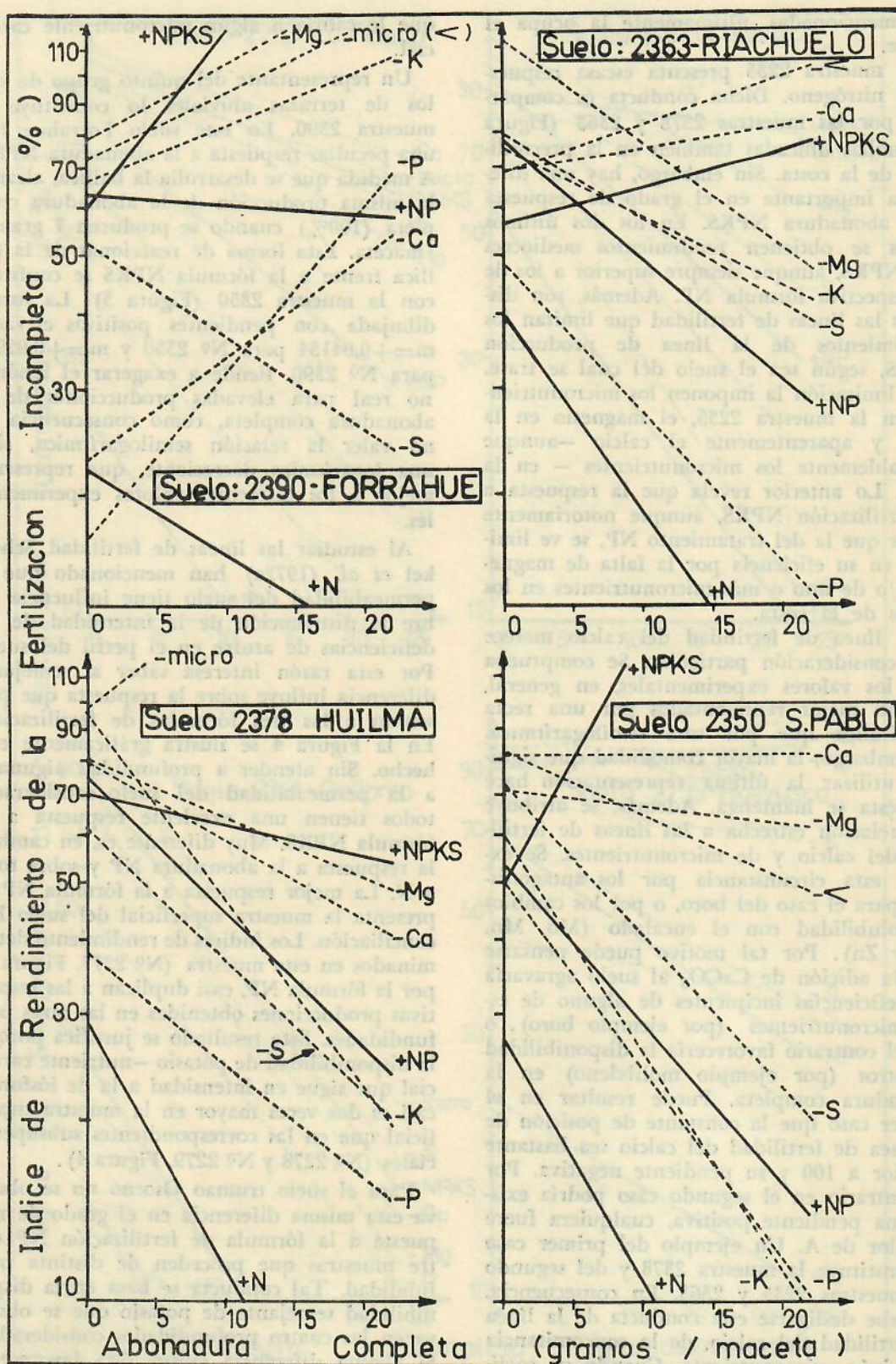


Figura 3 — Diagramas de fertilidad, provincia Osorno.

Línea llena = línea de producción; línea segmentada = línea de fertilidad.

sucede con las líneas de fertilidad del potasio y de producción NP.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

De la Figura 1 se infiere que solo en presencia de suficiente nitrógeno y fósforo comenzarán a manifestarse las demás deficiencias nutritivas en los suelos de la provincia. En general, se iniciará con la carencia de potasio, continuando con la de azufre y luego las restantes. Este orden puede alterarse, dependiendo de los diferentes suelos (Goic, 1969).

No puede pretenderse una "disminución de la dosis óptima de fosfato" por la adición de otros nutrientes (IANSA, 1965, p. 46), a menos que se busque una acción indirecta. Tal hecho ocurriría, por ejemplo, si por efecto de la adición de otros elementos se aumenta el desarrollo radicular de las plantas, permitiendo a éstas nutrirse de un volumen mayor de suelo. En posición semejante se ubica la corrección de un desequilibrio nutritivo (toxicidad). Por esta razón se comparte el criterio de Mujica y Valdés (1961) en virtud del cual "los niveles de fertilidad natural afectan notablemente las dosis óptimas de fertilización". Así lo comprobó Jara (1964) al encontrar correlación, altamente significativa al nivel 0,01, entre dosis óptima de fósforo para remolacha y su cantidad disponible en el suelo.

En base a los diagramas de fertilidad de los suelos en estudio se estima que es posible detectar otras deficiencias nutritivas distintas del fósforo y nitrógeno únicamente cuando se dispone de suficiente cantidad de estos dos elementos. Esta interpretación es similar a la que se da a otros factores de crecimiento. En efecto, ante una falta de agua, las plantas cultivadas en estos suelos presentan una escasa o ninguna respuesta al fósforo y nitrógeno (Jara, 1964). Análogamente, Fulton y Findlay (1966) establecen que los porcentajes de nitrógeno, fósforo y potasio en el tejido vegetal, asociados con rendimientos máximos de avena, son diferentes para cada régimen de temperatura o humedad empleado.

DEFICIENCIAS NUTRITIVAS OBSERVADAS EN ENSAYOS DE CAMPO EFECTUADOS EN LA PROVINCIA

a) Potasio:

En Centinela (Puerto Octay) Letelier y Montaldo (1945) comprobaron que la inter-

acción P-K dio aumento significativo al 1% en papas y fue constantemente positiva durante tres años. Semejantes tendencias se confirmaron posteriormente (Letelier y Montaldo, 1954), aunque este conjunto de ensayos posee un coeficiente de variación elevado. La sola aplicación de potasio da rendimientos de papa iguales al testigo, lo que no sucede con el fósforo. Para explicar este comportamiento sirven las líneas de fertilidad de la muestra N° 2283 (La Gruta), ubicada en la proximidad de Centinela (Schenkel *et al.*, 1972a). La principal deficiencia la constituye el fósforo y no el potasio. De acuerdo al criterio de esencialidad de un elemento nutritivo (Tisdale y Nelson, 1969), no puede reemplazarse la función del fósforo en la planta por otro elemento mineral, el potasio en el caso presente. Luego, no cabe esperar una acción correctiva del potasio en un suelo que es fundamentalmente deficiente en fósforo.

También Jul y Bustos (1951) obtuvieron durante tres años en la localidad de Centinela, el mejor rendimiento de azúcar en remolacha con la fórmula NPK y sólo en 1949 con PK.

Goic (1968a) determinó que el potasio es una limitante seria en el establecimiento de praderas sobre el suelo Puerto Fonck. Con trébol rosado y con la mezcla forrajera ballica inglesa-trébol rosado observó una interacción PK notable.

El Departamento de Investigación Agrícola (1962b, p. 332) no determinó en Barro Blanco (Osorno) respuesta al potasio con raps de invierno. Inostroza, citado por el Departamento de Investigación Agrícola, (1961a, p. 6) corroboró el resultado anterior. El rendimiento de la fórmula NP es superior al de la combinación PK, lo que es consistente con el orden de deficiencia PNK. Los mayores rendimientos se obtienen con la aplicación conjunta de los tres elementos.

En Barro Blanco se constató un marcado cambio en la composición química de la ballica con su estado de madurez. Compromete especialmente los tenores de P, K, Mg, Cu y S (Cubillos *et al.*, 1970). El diagrama de fertilidad de la muestra 1990 (Schenkel y Gajardo, 1971) ubicado en la cercanía de Barro Blanco, o los coeficientes de las respectivas líneas de fertilidad (Schenkel *et al.*, 1972a) permiten anticipar la situación conflictiva de algunos de estos elementos. También Letelier (1969) ha observado efecto del potasio sobre la composición botánica. Lechaptois (1943) expresa que "en los lugares donde se esparcen cenizas, el trigo tiene un aspecto vigoroso y

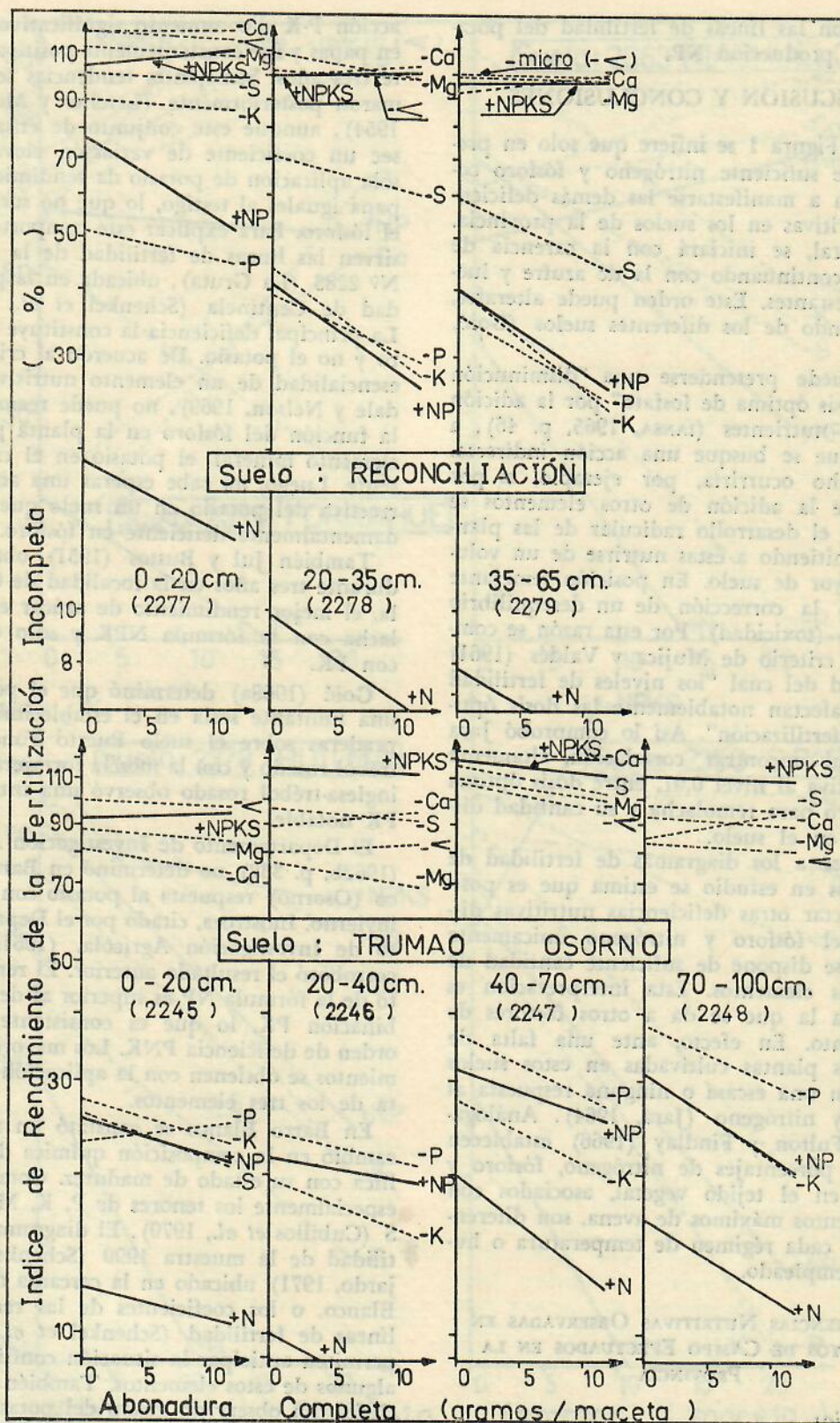


Figura 4 — Diagramas de fertilidad de 2 perfiles de distintas permeabilidad.

Línea llena = línea de producción; línea segmentada = línea de fertilidad.

"grana mejor", merced en gran parte a la potasa contenida en la ceniza". Letelier (1944) determinó en trigo que las combinaciones PK dieron resultados significativos en Cañal Bajo en los tres años 1940-1942. Sin embargo, parecería que el PKS es el responsable de este efecto, antes que el PK, porque sólo en 1940 hubo respuesta estadísticamente significativa, no ocurriendo lo mismo con los otros dos años. Esta diferencia coincidió con el reemplazo del sulfato de potasio usado en 1940 por cloruro de potasio empleado en los dos años posteriores como fuente de potasio.

Aunque Letelier (1952) afirma que "el potasio no ha dado respuestas experimentales en trigo que aconsejen preocuparse seriamente de este problema", reconoce posteriormente (Letelier, 1964) su efecto en papas y en algunas praderas de la provincia de Osorno. Observaciones análogas hay en trigo (Letelier, 1961) y en otras especies (Letelier, 1969). Aumentos progresivos de las necesidades de fertilización se manifiestan hacia el sur del país, en el caso de fósforo y potasio (Letelier, 1961). La profundidad del suelo adquiere importancia. Así los valores de potasio de intercambio de suelos procedentes de esta provincia, analizados por Zambrano (1964), reflejan un enriquecimiento de las muestras superficiales. La única excepción la constituye el suelo Cudico. También Volke (1963, 1964) obtiene mayores contenidos de potasio para la muestra superficial, en 25 de un total de 27 suelos estudiados.

El efecto del elemento potasio es más acentuado en la forma de sulfato de potasio y a medida que se avanza hacia el sur (IANSA, 1965, pp. 15-32). Algunas de estas respuestas encontradas son parcialmente atribuibles al azufre, pues el abono aplicado ha sido sulfato de potasio (Letelier, 1961, 1964).

b) Azufre:

Diversos ensayos con superfosfato corriente sobre leguminosas permiten a Vogel (1959) concluir que es el contenido en yeso de ese abono el que le da un valor fertilizante adicional. También comprueba deficiencias de azufre en remolacha en Osorno y Purranque. Este diagnóstico en betarraga sacarina se puede generalizar para otros suelos con los ensayos efectuados por IANSA (1964, pp. 13-17; 1965, pp. 15-32 y 65-73), en casi todos los cuales el yeso fue efectivo para subsanar la deficiencia de azufre.

Inostroza, citado por el Departamento de

Investigación Agrícola (1961a, p. 7) establece en Barro Blanco que la sola aplicación de azufre, yeso o estiércol causan escaso incremento sobre los rendimientos del testigo. Este antecedente permite deducir que el azufre no es la principal deficiencia nutritiva. Los rendimientos de raps aumentaron en presencia de fósforo destacándose el tratamiento yeso + fosfato como el mejor.

También Müller (1962) informa de una respuesta moderada del raps al azufre en suelos de la precordillera de la Costa, cuando se aplican 400 Kg/ha de yeso. En suelos de la cordillera de Los Andes hay gran efecto del azufre en presencia de fósforo y cal suficiente. Aplicaciones equivalentes de azufre, agregadas en forma de yeso o de sulfato de potasio, no manifiestan diferencias sobre trébol rosado y sobre remolacha, debiéndose reconocer su rápida acción.

Goic (1968a, 1969) e INIA (1972) identifican al azufre como elemento deficitario en las praderas del suelo Ñapeco y de la costa en general. Conrad (1957) también lo observó en Purranque.

Letelier (1969) atribuye cierta importancia al azufre en el desarrollo de las praderas de algunos trumaos, al igual que en remolacha (IANSA, 1964, 1965) (Letelier, 1964) y raps, pero no en papas. Sorprende que en condiciones de campo y sobre suelos trumaos no se encuentre con más frecuencia e intensidad una deficiencia de azufre, particularmente con los cultivos más sensibles como raps, remolacha, trébol rosado, ballica, etc. Diversas causas podrían explicar esta realidad:

- 1) Generalmente se trata de especies con sistema radicular profundo, capaces de utilizar las mayores reservas de azufre de los horizontes subsuperficiales. Así lo confirman las experiencias con alfalfa (Ensminger, 1954) y con ballica (Ulrich e Hylton, 1968).
- 2) La respuesta al azufre sólo se nota en presencia de mucho fosfato en suelos derivados de ceniza volcánica, como lo demuestra Cullen (1971).
- 3) En remolacha, los síntomas de deficiencia de azufre se manifiestan más claramente cuando se aplican dosis elevadas de nitrógeno (Letelier, 1964), al extremo que la causa principal de la deficiencia de azufre se atribuye al uso excesivo de nitrógeno (Dube y Misra, 1970).
- 4) El daño provocado por la falta de azufre sobre el crecimiento de las plantas depende del tiempo que han permanecido sin él,

afectando menos a las raíces que al follaje (Ulrich e Hylton, 1968).

- 5) El prolongado efecto residual del azufre: se mantiene por más de cuatro años (Walker y Adams, 1958), aunque se observan cambios en el primer año (Walker, Adams y Orchiston, 1956) en la mezcla forrajera.
- 6) Los aniones nitratos, sulfatos y fosfatos se producen en los suelos como un resultado de la actividad biológica (Overstreet y Dean, 1953). En base a la revisión de literatura puede suponerse que cualquier estimulación sobre la actividad de las poblaciones microbianas libera S-orgánico, como consecuencia de la interdependencia de los ciclos del N, P, S y C.

La elección del yeso y del azufre elemental en varios de los ensayos relatados confiere mayor validez a los resultados obtenidos, por cuanto se reconoce a estas dos fuentes de azufre como las mejores (Beaton y Hubbard, 1969) (Conrad, 1957).

c) Calcio:

Lechaptois (1943) reconoce que la cal es indispensable en suelos ácidos, pero su empleo debe ser complementado con el de otros abonos. Mientras Storie (1945) en su reconocimiento de algunos suelos chilenos pronostica deficiencia de calcio en el suelo Puerto Fonck, Vogel (1945) opina que "los suelos de Chile pobres en calcio o en estado de descalcificación son pocos, constituyendo fenómenos locales bien definidos". Marull (1945) admite el fracaso del encalado y lo atribuye al hecho que se midió su efecto en resultados anuales y no en términos de una rotación cultural completa. También se consideró el grado de saturación (Matthews, 1945) o la acidez activa del suelo (Rodríguez, 1945) (Rathsack, 1962) para estimar que las aplicaciones de cal son beneficiosas en los suelos del sur de Chile.

En Osorno, cinco años de ensayo en trigo acusan un incremento medio de 0,0 qq/ha producido por la cal (Letelier, 1945). "La importancia del encalado en nuestra agricultura es secundaria con respecto a la función que desempeña el fósforo y el nitrógeno" (Letelier, 1953), aunque parece ejercer un efecto mayor sobre la empastada de leguminosas (Letelier, 1952). Trigo de Cañal Bajo aumenta su contenido de fósforo con las dosis de fosfato aplicado, pero no es afectado por el encalado (Henríquez y Budnik, 1952). La cal no tiene efecto o es depresiva sobre los rendimientos de papa (Letelier, 1946) (Letelier y Montaldo, 1954) y son bajos en trigo (Le-

telier, 1961) en las provincias de Osorno y Llanquihue. Tampoco produce aumento sobre raps, o éste es tan pequeño que resulta antieconómico (Urbina, 1964a, b, c; 1962a, b). Las aplicaciones de cal son depresivas en remolacha (Urbina, 1962a) sobre suelo Puerto Octay. Con este cultivo se ha encontrado escasa respuesta al encalado (Moller, 1962) (IASNA, 1963, pp. 42-48; 1965, pp. 46-59), aunque en el último trabajo se reconoce una superioridad del "fango IASNA"¹. También se ha estudiado su efecto en mezclas forrajeras, generalmente trébol rosado y ballica. La aplicación al voleo no tiene efecto (Gutiérrez, 1964a) y sólo se logra un ligero aumento con dosis inferiores a 400 Kg/ha de cal (Gutiérrez, 1964b). El suelo Puerto Octay —Pichilaguna— presenta clara respuesta a las aplicaciones de 10 y 20 toneladas de CaCO_3 /ha (Gutiérrez, 1964c).

Moller (1962) en un suelo que denomina "trumão Osorno" comprobó el rol dominante de la cal en remolacha y porotos con ensayo de campo; también en ensayos de macetas con remolacha, raps y trébol rosado. No hubo respuesta al molibdeno, pero tal vez sí al magnesio. Observó que el encalado favoreció la germinación y supervivencia de los tréboles. Las parcelas encaladas mostraron una manifiesta superioridad en la resistencia a la sequía y estimularon el crecimiento invernal, aún en las especies forrajeras recién establecidas. Hace extensivo este comportamiento a los suelos rojos ubicados entre el llano central y el límite oriental de la cordillera de la Costa. Corresponde a las morrenas más antiguas y que Rodríguez (1950) denomina suelos de la precordillera de la Costa.

En el establecimiento de alfalfa ha habido una marcada respuesta al encalado en Osorno, en el segundo año (Rockefeller Foundation, 1962). En presencia de una abonadura básica NPK se cosechó 53,55 y 26,90 ton/ha de alfalfa con una aplicación de 25,6 y 0 ton cal/ha, respectivamente.

Otro grupo de suelos derivados de cenizas volcánicas más recientes y ubicado en la base occidental de la cordillera de los Andes sólo presenta respuesta a la cal y al azufre, una vez satisfechas las necesidades de fósforo (Moller, 1962). Se probó con raps, remolacha y trébol rosado en ensayos de macetas; con praderas naturales, trigo de primavera, col forrajera y remolacha en ensayos de campo. El

¹Carbonato de calcio, subproducto de la Industria Azucarera Nacional S. A., que contiene fósforo (0,6% P_2O_5 entre sus impurezas).

efecto de la cal fue visible en dosis de 1 ton/ha y en cultivos más sensibles, como remolacha y raps, se tuvo efecto máximo entre 2 y 4 ton/ha, la que fue depresiva a dosis mayores. El trébol rosado no germinó en ausencia de cal, aunque recibiese una elevada fertilización fosfatada.

Schwabe (1961) postula que el efecto depresivo de las adiciones de potasa a la abonadura NP en suelos chilenos se subsana por la incorporación de cal.

Para definir el efecto general del encalado en la provincia de Osorno, puede afirmarse con Letelier y Wright, citado por Urbina (1964a), que "en ausencia de fósforo es posible obtener una pequeña respuesta al calcio. Pero, cuando se aplica fósforo, esta respuesta desaparece aún en suelos que son moderada a fuertemente ácidos" (IASA, 1963, pp. 49-51) (Letelier, 1964).

d) Magnesio:

Vogel (1959) escribe que "no bastan las fórmulas tradicionales NPK con agregados de calcio, para cultivos de grandes exigencias en principios minerales. Los elementos magnesio y azufre deben ser considerados en los ensayos futuros de aplicación de abonos sobre suelos de la zona comprendida entre Cautín y Chiloé". Posteriormente, IANSA (1965, pp. 15-32) determinó que "el efecto del sulfato de magnesio está circunscrito a algunas áreas determinadas", beneficiándose más las hojas y coronas, como se distingue con un ensayo realizado en Centinela.

En una mesa redonda celebrada en Osorno (Sociedad Agronómica de Chile, 1969) se admitió que "como consecuencia de la intensificación en las explotaciones ganaderas empiezan a surgir problemas como el magnesio y el calcio".

e) Micronutrientes:

Una deficiencia de boro identificó Vogel (1959) en remolacha en las zonas de Purranque (Corte Alto y Oromo) y Osorno (vegas del río Rahue) la que se acentuó por la intensa sequía del verano. También IANSA (1963, pp. 33-36) acepta que las deficiencias de micronutrientes tienen importancia para la remolacha, notándose con cierta insistencia las deficiencias de azufre y boro (Letelier, 1964). Las aplicaciones de boro son beneficiosas sobre su follaje (IASA, 1964, pp. 27-

39), aunque no se manifiesten todos los años (IASA, 1965, pp. 33-45).

Gutiérrez y Ortiz (1962), en un suelo Fre-sia —precordillera de la Costa— constataron cuán decisiva fue la adición de micronutrientes para provocar cambios notorios en la composición botánica de una mezcla forrajera. Unicamente las parcelas que obtuvieron estos elementos tuvieron abundante pasto ovillo, pero sin causar aumentos de producción (Rockefeller Foundation, 1962).

En trumaos Osorno y Puerto Octay no existirían deficiencias de zinc, cobre ni hierro. En cambio habría insuficiente manganeso asimilable (Schalscha *et al.*, 1968) (Cubillos *et al.*, 1970). Al respecto, Vogel, citado por Moller (1962), atribuye la escasa respuesta de la cal, a una fijación de micronutrientes.

Candella y Hewitt (1957) en tomate, y Truong, Andrew y Wilson (1971), en trébol blanco, demuestran que cantidades elevadas de manganeso —toxicidad— son más perjudiciales cuando el molibdeno está deficiente. Según Truong, Andrew y Wilson (1971), el molibdeno es más efectivo para reducir la toxicidad de manganeso en las plantas que requieren mayores cantidades de molibdeno para su crecimiento normal. En consecuencia, el problema de la toxicidad del manganeso aparece más importante en los suelos ácidos, ricos en manganeso y simultáneamente pobre en molibdeno.

En base a las experiencias relatadas podría creerse que la deficiencia de los micronutrientes queda relegada a una segunda prioridad, tras solucionar la de los macronutrientes, en los suelos de la provincia. Su incidencia sobre los rendimientos, en las condiciones actuales, parece ser secundaria, anteponiéndose su acción sobre la calidad de los productos agropecuarios.

ENSAYOS DE CAMPO EN SUELO ÑADI

Rodríguez (1950) denominó ñadi Frutillar a un suelo de drenaje deficiente y de topografía muy plana. Constituye el ñadi más importante de las provincias de Osorno y Llanquihue. Lamentablemente ha sido descrito con distintos criterios, reconociendo Narbona (1964) la necesidad de mantener las características de uso y manejo asignados por Rodríguez (1950). Pormenores sobre clasificación, descripción y propiedades de estos suelos han sido dados por: Díaz, Astudillo y Aranda (1960), Alcayaga (1964), Alcayaga *et al.*

(1969), Carmona (1966, 1964), Narbona (1964) y Urbina (1964d).

Cabe esperar un efecto de la cal que puede ser muy importante en algunos ñadis recién incorporados al cultivo (Letelier, 1964, 1967) por su acción sobre la nitrificación del suelo y por su actividad biológica en general (Letelier, 1953).

Los suelos ñadi Frutillar muestran una gran deficiencia de potasio en praderas (Goic, 1968a), siendo indispensable su aplicación, porque limitan las respuestas del fósforo (Goic, 1968b). La interacción positiva PK se refleja claramente en el buen establecimiento del trébol blanco (Gutiérrez y Ortiz, 1962) y es común a otros ñadis (Azócar, 1964, 1962) (Azócar y Ortiz, 1964). La acción del potasio se ilustra con los resultados encontrados por Azócar (1964) en siete ensayos de campo. La sola adición de potasio al suelo no tiene efecto, en oposición a lo que ocurre con las aplicaciones de fósforo hasta 80 Kg de P_2O_5 /ha que se traducen en un aumento de los rendimientos de las forrajeras (Azócar y Ortiz, 1964). La principal deficiencia nutritiva la constituye el fósforo. En seguida, la aplicación de potasio junto con la cantidad de fósforo mencionada, presenta respuesta significativa con respecto a igual abonadura, pero sin potasio. Ello significa que la segunda deficiencia más intensa es el potasio. Si ahora se aumenta la dosis de fósforo, en ausencia de potasio, no hay respuesta, la que se presenta cuando junto con el fósforo se agrega potasio, igual a lo mencionado por Azócar y Ortiz (1964). Este comportamiento del suelo ñadi es fácil de interpretar con ayuda del diagrama de fertilidad. Hay una intersección de las líneas de fertilidad del fósforo y del potasio, limitando su fertilidad principalmente el fósforo a bajas producciones, mientras el potasio lo hace a mayores producciones.

Del mismo modo puede ilustrarse la importancia relativa que adquieren los micronutrientes con un ensayo en suelo ñadi (Azócar, 1962). Los beneficios que trae su incorporación en la fertilización sólo son reales en presencia de suficiente NPK (61,4 ton/ha frente a 52,2 ton/ha de materia verde) y sus efectos son depresivos cuando se agregan solos (3,1 ton/ha versus 3,5 ton/ha del testigo sin abono). También Hube y Montecinos¹ (comunicación personal) proporcionan otro buen ejemplo con resultados obtenidos en un

ensayo de trigo asociado con trébol efectuado en ñadi Frutillar situado frente a la Sección El Inca del asentamiento CORA (ex Ñuble-Rupanco). Las parcelas que recibieron sulfato de potasio tienen el mejor stand de trébol. En trigo Pumafén se alcanzan rendimientos parecidos con las fórmulas NP y KS (29 y 27,6 qq/ha). Sin embargo, la fórmula NPKS eleva los rendimientos a 35,8 qq/ha y si a ésta se añaden 20 Kg/ha de bórax, se registran 42,1 qq/ha.

Según Schalscha *et al.* (1968) no habría deficiencias de zinc, fierro ni cobre, por las apreciables reservas presentes en la fracción orgánica de los suelos ñadi. En cambio, habría insuficiencia de manganeso.

Los ñadi, más que otros suelos chilenos estudiados, enseñan cuán importante es concebir una fertilización equilibrada en los distintos nutrientes integrantes de la abonadura para obtener su máxima eficiencia. Macleod, Gupta y Cutcliffe (1971) al considerar este aspecto, destacan la necesidad de un suministro balanceado de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio; la eficacia máxima del nitrógeno puede obtenerse únicamente ante un adecuado suministro de potasio. Análogamente Clarke y Winkler (1969) y Clarke (1972) diagnostican deficiencias de N, P, K y S, generalizable a cualquier tipo de suelos de la provincia de Osorno, en base a los análisis foliares de muestras chilenas practicadas en Ruakura, Nueva Zelanda. La principal causa de muerte de las ballicas en praderas se atribuye a dichas deficiencias (Clarke, 1972). En trébol blanco se comprueban, además, bajos contenidos de B, Mo y Zn.

La fertilización completa trae consigo mayores contenidos de P, K, N y S en el forraje, que los obtenidos con abonadura fosfatada solamente (Clarke, 1972). "Es de gran importancia destacar que las deficiencias de elementos minerales de las muestras estudiadas se presentan también en aquellos suelos considerados los más fértiles de las provincias de Osorno y Valdivia" (Clarke, 1972). "Sobre niveles superiores a 1,5 unidad animal/ha, la única variable productiva es la fertilización, la cual se justifica ampliamente" (Clarke y Winkler, 1969). "Después del análisis económico por varios años, queda claramente establecido que las variables más importantes en un predio de cierta intensidad ganadera de explotación son la racional aplicación de fertilizantes y el uso intensivo de las praderas a través de una adecuada dotación animal" (Winkler, 1972).

¹Eduardo Hube y Alejandro Montecinos, Ings. Agrs., actividad particular y Servicio Agrícola y Ganadero, Osorno, respectivamente.

RESUMEN

En ensayos de macetas con ballica (*Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*) se estudia el comportamiento de 50 muestras de suelos procedentes de la provincia de Osorno con tres tratamientos de fertilización: N (nitrato de amonio), NP (N + superfosfato triple) y NPKS (NP + sulfato de potasio).

Estos ensayos confirman la gravedad que tienen las deficiencias de fósforo, potasio y azufre, diagnosticadas anteriormente por la técnica del elemento faltante.

Se incluye una recopilación de la abundante información existente sobre los resultados obtenidos en ensayos de campo realizados en suelos de la zona. En general, todos ellos respaldan la validez de las carencias detectadas en el ensayo de macetas, que comprometen fundamentalmente a los elementos P, K, S y Mg pero no al calcio. Ambos conjuntos de ensayos, los de macetas y de campo, coinciden en posponer la importancia del calcio, a menos que se trate de suelos ñadi.

De acuerdo a los antecedentes suministrados en este trabajo hay una influencia de los cultivos y otra de la ubicación fisiográfica de los suelos considerados sobre la existencia de las deficiencias nutritivas. Los suelos ñadi tienen un comportamiento totalmente diferente. En todos los casos se puede predecir el orden de precesencia que tendrán las respuestas a la aplicación de los distintos fertilizantes, cuando se dispone del correspondiente diagrama de fertilidad. Dicha respuesta corresponde a la jerarquía de deficiencias nutritivas.

Se observa una virtual coincidencia entre los valores que definen a las líneas de fertilidad del potasio y de producción NP. Suelos con deficiencia de potasio no podrán tener una buena respuesta a la fertilización NP, si no se agrega conjuntamente el elemento deficitario.

Los coeficientes que caracterizan las líneas de producción N, NP y NPKS de las 50 muestras (promedio) son: 27,9; 67,5 y 93,8 para A y $-0,02421$; $-0,01779$ y $-0,00192$ para m, respectivamente.

SUMMARY

Potted experiments were carried-out using 50 different soil samples from the Osorno province, Chile. Indicator plant was rye-grass (*Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*). The fertilization treatments were: (a) N as ammonium nitrate; (b) NP as ammonium nitrate and triple superphosphate, and (c) NPKS as ammonium nitrate, triple superphosphate and potassium sulfate.

These experiments confirm the importance of the deficiencies of phosphorus, potassium and sulfur, previously diagnosed by the technique of the lacking element.

A review of the information that has been obtained in with field experiment, in that zone is included. In general, the results of these experiments support the validity of the deficiencies identified with pot trials which includes principally the P, K, S and Mg, but not calcium.

Conclusions from both groups of experiments —in pots and field— agree in not giving importance to calcium deficiency unless the soil is a "ñadi".

According to the results of this work, previous crops and physiographic conditions influence the nutritive deficiencies of the soils. The "ñadi" soils behave completely different. In every case it is possible to predict the ranking of response to the application of the different fertilizers, when it is compared to the corresponding fertility diagram. Such a response is correlated to the hierarchy of nutritive deficiencies.

A virtual agreement can be observed between the values that define the fertility lines of the treatment without potassium and that of production with the treatment NP. Soils that are deficient in potassium will not respond adequately to the NP fertilization, if a supply of the deficient element is not provided.

The coefficients that characterized the production lines N, NP and NPKS of the 50 samples (mean) are: 27.9; 67.5 and 93.8 for A and -0.02421 ; -0.01779 and -0.00192 for m, respectively.

LITERATURA CITADA

- ACQUAYE, D. 1963. Some significance of soil organic-phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. *Plant and Soil*. 19: 65-80.
- ALCAYAGA, S. 1964. Características generales de los suelos de ñadis. In *Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos*. Valdivia, 1964. Santiago, Chile. Publicación especial Nº 1. pp. 1-13.
- , ASTUDILLO, J., NARBONA, M. y WALTER, O. 1969. Carta Agrológica de los suelos ñadis de la provincia de Osorno. 2ª ed. Santiago, Chile, Corporación de Fomento de la Producción. Publicación Técnica Nº 1. 54 p.
- ALEXANDER, M. 1964. *Introduction to soil microbiology*. N. York, Wiley. 472 p.
- ALIAGA, R. 1970. Análisis económico de los ensayos de fosfato. In *Chile, Industria Azucarera Nacional, IANSA. El fósforo como nutriente y su importancia para la remolacha*. Santiago, Chile. pp. 54-56, 60-62.
- AWAN, A. 1964. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. *Soil Science Society of America, Proceedings* 28: 672-673.
- AZÓCAR, P. 1964. Resultados de los ensayos de forrajeras en suelos de ñadi. In *Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 2-6 septiembre 1963*. Santiago, Chile. Boletín especial Nº 22. p. 101.
- , 1962. Ensayo de abono en establecimiento de mezcla forrajera. In *Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 3-7 septiembre 1962*. Santiago, Chile. Boletín especial Nº 15. pp. 132-135.
- y ORTIZ, F. 1964. Ensayo de abono en mezcla forrajera. In *Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 2-6 septiembre 1963*. Santiago, Chile. Boletín especial Nº 22. pp. 106-108.
- BARROW, N. 1961. Phosphorus in soil organic matter. *Soils and Fertilizers*. 24: 169-173.
- BEATON, J. and HUBBARD, W. 1969. High analysis granular sulphur assemblages as sources of sulphur for lucerne. *Plant and Soil* 30 (3): 373-390.
- BENZIAN, B., BOLTON, J. and MATTINGLY, G. 1969. Soluble and slow release PK-fertilizers for seedlings and transplants of *Picea sitchensis* and *Picea abies* in two english nurseries. *Plant and Soil* 31 (2): 238-256.
- BLACK, C. and GORING, G. 1953. Organic phosphorus in soils. Wisconsin. American Society of Agronomy. Agronomy Monograph. 4: 123-152.
- BLASCO, M. 1971. Efecto de la humedad sobre la mineralización del carbono en suelos volcánicos de Costa Rica. *Turrialba*. 21 (1): 7-12.
- , BOHORQUEZ, N. y LLANOS, C. 1968. Transformaciones microbiológicas del fósforo en los suelos volcánicos del Purace. *Acta Agronómica (Colombia)* 18 (1): 1-6.
- BUSTOS, R. 1951. Ensayos de dosis y forma de colocación del abono fosfatado en remolacha azucarera. *Simiente (Chile)*. 21 (1-4): 51-54.
- CANDELLA, M. and HEWITT, E. 1957. The effects of Manganese on molybdenum uptake and distribution on tomatoes. *Journal of Horticultural Science*. 32: 149-161.
- CARMONA, P. 1966. Algunas características hídricas en suelos de trumaos y ñadis en la provincia de Osorno. *Simiente (Chile)*. 36 (1-3): 24-34.
- , 1964. Algunas características hídricas en suelos trumaos y ñadis en la provincia de Osorno. In *Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos*. Valdivia, 1964. Santiago, Chile. Publicación especial Nº 1. pp. 15-18.
- CLARKE, M. 1972. Antecedentes de deficiencias de elementos minerales en los suelos de la provincia de Osorno y parte de la provincia de Valdivia a través de análisis foliar de plantas forrajeras. *Cooperativa Agrícola y Lechera de Osorno. Boletín Técnico*, mayo.
- y WINKLER, A. 1969. Lechería intensiva y manejo de las praderas para lograrlo. Separata de la memoria y recopilación de conferencias dictadas con ocasión de la Asamblea General de la Asociación Bertram Kalt, Villarrica, Chile, agosto, 1969. s/p.
- CONRAD, J. 1957. Sulfur as a plant nutrient in Chile. Ministerio de Agricultura, Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola and University of California, Berkeley-California. 20 p. (mimeografiado).
- CUBILLOS, G., BARNES, R., NOLLER, C., CERVIÑO, D. y ORTIZ, F. 1970. Efecto de la edad de la planta en la composición química y digestibilidad *in vitro*, de la materia seca de ballica perenne, *Lolium perenne*, L. *Agricultura Técnica (Chile)*. 30 (1): 1-6.
- CULLEN, N. 1971. Establishment of pasture on yellow-brown loams near the Anau. vi Pasture responses to rates of phosphorus, sulphur and molybdenum. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 14 (1): 10-17.
- CHILE, DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA. 1964. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 2-6 septiembre 1963. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 22. 441 p.
- , ———, 1962a. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 3-7 septiembre 1962. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 15. 350 p.
- , ———, 1962b. Memoria Anual 1959-1960. Santiago, Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 12. 402 p.

- _____, _____. 1961a. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 11-15 septiembre 1961. Santiago, Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 9. 148 p.
- _____, _____. 1961b. Memoria Anual 1958-1959. Tomo I. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 7. 384 p.
- _____, IANSA. 1965. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1964/1965. Santiago, Chile, Subgerencia Agrícola, Departamento Técnico, Industria Azucarera Nacional. 374 p.
- _____, _____. 1964. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1963/1964. Santiago, Chile, Departamento Agrícola, Industria Azucarera Nacional, S. A. 359 p.
- _____, _____. 1963. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1962/1963. Santiago. Departamento Agrícola. Industria Azucarera Nacional. 310 p.
- _____, INIA. 1972. Investigación Agropecuaria. Santiago, Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 446 p. (memoria quinquenal).
- _____, SOCIEDAD AGRONÓMICA. 1969. Utilización intensiva de la pradera en la producción láctea. Mesas redondas sobre producción ganadera. Simiente (Chile) 39 (1/3): 22-23.
- DÍAZ, C., ASTUDILLO, J. y ARANDA, G. 1960. Reconocimiento de suelos de las provincias de Osorno y Llanquihue. Agricultura Técnica (Chile). 19/20: 125-205.
- DUBE, S. and MISRA, P. 1970. Effect of sulphur deficiency on growth, yield and quality in some of the important leguminous crops. Journal of the Indian Society of Soil Science 18 (4): 375-378.
- ENSMINGER, L. 1954. Some factors affecting the adsorption of sulphate by Alabama soils. Soil Science Society of America, Proceedings 18 (3): 259-264.
- ENWEZOR, W. 1967. Significance of the C: organic-P ratio in the mineralization of soil organic phosphorus. Soil Science 103: 62-66.
- FULTON, J. and FINDLAY, W. 1966. Influence of soil moisture and ambient temperature on nutrient percentage of oat tissue. Canadian Journal of Soil Science 46: 75-81.
- GOIĆ, L. 1969. Potencialidad de las praderas naturales de la región sur en zonas de baja producción forrajera. Simiente (Chile). 39 (1-3): 12-16.
- _____. 1968a. Fertilización en establecimiento de praderas en cinco series de suelos de Osorno. Agricultura Técnica (Chile). 28 (1): 16-22.
- _____. 1968b. Diferentes niveles de fósforo y nitrógeno en establecimiento de mezcla forrajera, en cinco series de suelos de la zona de Osorno. Agricultura Técnica (Chile). 28 (1): 38-41.
- GUTIÉRREZ, T. 1964a. Ensayo de cal al voleo versus cal en línea, en ballica inglesa y trébol rosado. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 2-6 septiembre 1963. Santiago, Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 22 p. 121.
- _____. 1964b. Ensayo de cal y fosfato en línea. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 2-6 septiembre 1963. Santiago. Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 22 p. 119.
- _____. 1964c. Ensayo de abonos exploratorio N-P-K con y sin cal. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 2-6 septiembre 1963. Santiago. Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 22 p. 116.
- _____, y ORTIZ, F. 1962. Ensayos de abonos NPK en mezcla forrajera. Series Fresia y ñadi Frutillar. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 3-7 septiembre 1962. Santiago. Ministerio de Agricultura. Boletín especial Nº 15 pp. 179-180.
- HENRÍQUEZ, A. y BUDNIK, H. 1952. Influencia de los abonos en el rendimiento y composición química de los trigos. Agricultura Técnica (Chile). 12 (2): 80-92.
- IGUE, K., FUENTES, R. y BORNEMISZA, E. 1971. Mineralización de P-orgánico en suelos ácidos de Costa Rica. Turrialba (Costa Rica) 21 (1): 47-52.
- JARA, F. 1964. La fijación de fósforo en los suelos "trumaos" de Chile y la respuesta a la fertilización fosfatada en la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*). In Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos. Valdivia 1964. Santiago, Chile. Publicación especial Nº 1. pp. 103-107.
- JUL, G. y BUSTOS, R. 1951. Ensayos de dosis y elementos fertilizantes en remolacha azucarera. Simiente (Chile) 21 (1/4): 41-45.
- LECHAPTOIS, J. 1943. A propósito de abonos. Simiente (Chile) 13 (4): 193.
- LETELIER, E. 1969. Respuesta a la fertilización de los suelos volcánicos chilenos (trumaos), según resultados de ensayos de campos. In IICA. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América latina, 6-13 julio 1969. Turrialba (Costa Rica), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. p. C.3.1.-C.3.14.
- _____. 1967. Manual de Fertilizantes para Chile. Santiago, Chile. Editorial del Pacífico. 99 p.
- _____. 1964. Fertilidad de los trumaos. In Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos. Valdivia 1964. Santiago, Chile. Publicación especial Nº 1. pp. 109-117.
- _____. 1961. Cien ensayos NPK en trigo. Santiago, Chile, Departamento de Investigación Agrícola, Ministerio de Agricultura. Boletín Técnico Nº 9 43 p.
- _____. 1957. Interacción de nitrógeno y fósforo en trigo. Agricultura Técnica (Chile). 17 (1): 5-15.

- . 1954. Comparación de diversos abonos fosfatados en trigo y su efecto residual en la empastada. *Agricultura Técnica (Chile)*. 14 (1): 17-26.
- . 1953. Efecto del encalado sobre el rendimiento del trigo en Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*. 13 (2): 109-154.
- . 1952. Aspectos económicos de la aplicación de abonos en trigo. *Simiente (Chile)*. 22 (1/2): 14-15 y 93-99.
- . 1951. Ensayos de aplicación de nitrógeno y fósforo en trigo. *Agricultura Técnica (Chile)*. 11: 134-139.
- . 1950. Abonos. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Siete años de investigación agrícola. Memoria del ex Departamento de Genética y Fitotecnia. 1940-1947. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. pp. 177-232.
- . 1946. La fertilización de la papa en la zona del lago Llanquihue. *Simiente (Chile)* 16 (1): 40-42.
- . 1944. Tres años de ensayos de abonos en trigo. *Agricultura Técnica (Chile)*. 4 (2): 209-223.
- y MONTALDO, A. 1954. Ensayos de abonos en papas, 1947-1952. *Agricultura Técnica (Chile)*. 14 (1): 50-67.
- y ———. 1945. Ensayos de abonos en papas realizados en la Estación Genética de Centinela. *Agricultura Técnica (Chile)*. 5 (2): 111-128.
- MACLEOD, L., GUPTA, V. and CUTCLIFFE, J. 1971. Effect of N, P, and K on root yield and nutrient levels in the leaves and roots of rutabagas grown in a greenhouse. *Plant and Soil*. 35 (2): 281-288.
- Mc CALL, W., DAVIS, J. and LAWTON, K. 1956. A study of the effect of mineral phosphates upon the organic phosphorus content of organic soil. *Soil Science Society of America, Proceedings*. 20 (1): 81-83.
- MARULL, J. 1945. Necesidad de cal en los suelos chilenos. *Simiente (Chile)*. 15 (3): 113-116.
- MATTHEWS, C. 1945. La realidad del problema del calcio en nuestros suelos. *Simiente (Chile)*. 15 (3): 99-107.
- METSON, A. and SAUNDERS, M. 1962. Comparison of potassium chloride, bicarbonate and metaphosphate, and calcined orthoclase as sources of potassium for white clover. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 5 (1/2): 145-157.
- MÖLLER, E. 1962. Beiträge zur Frage der Kalkduengung auf Suedboeden. In Bund der Landwirte Dr. Bertram Kalt. Tagungsberichte. Temuco. Santiago, Chile, August 1962. Talleres Gráficos Claus v. Plate. pp. 108-115.
- MUJICA, R. y VALDÉS, A. 1966. Uso económico de fertilizantes. Análisis en base a función de respuesta incorporando los niveles de fertilidad natural. *Simiente (Chile)* 36 (1-3): 20-21.
- MULLER, G. 1962. Ensayos de abonos en raps. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Investigación en Raps. Santiago. Ministerio de Agricultura. Boletín Técnico Nº 11. pp. 33-42.
- NARBONA, M. 1964. Asociación ñadi-frutillar. In Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos. Valdivia, 1964. Santiago, Chile. Publicación especial Nº 1. pp. 37-42.
- OVERSTREET, R. and DEAN, L. 1953. The availability of soil anions. In Truog, E. Mineral nutrition of plants. Wisconsin. The University of Wisconsin Press. pp. 79-105.
- RAMÍREZ, C., MARTÍNEZ, M., IBARRA, E. y PALENCIA, A. 1971. Exploración de la respuesta del trigo a la fertilización con N,P,K,Mg en suelos de las series Quezaltenango y Tecpan. *Agronomía (Guatemala)* 2 (1): 5-22.
- RATHSACK, K. 1962. Der Nachstoffhaushalt landwirtschaftlicher Kulturboeden Suedchiles. In Bund der Landwirte Dr. Bertram Kalt. Tagungsberichte 1962, Temuco. Santiago, Chile. Talleres Gráficos Klaus v. Plate. pp. 59-72.
- ROCKEFELLER FOUNDATION. 1962. Program in the agricultural sciences. Annual Report 1961-1962. N. York. Rockefeller Foundation. pp. 219-220.
- RODRÍGUEZ, M. 1950. Reconocimiento de suelos en las provincias de Osorno y Llanquihue. In Chile, Departamento de Investigaciones Agrícolas. Siete años de investigación agrícola. Memoria del ex Departamento de Genética y Fitotecnia 1940-1947. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura. pp. 271-282.
- . 1945. El empleo de la cal. *Simiente (Chile)*. 15 (3): 109-111.
- ROJAS, O. 1970. Respuesta de la remolacha a la fertilización fosfatada. In Chile, Industria Azucarera Nacional. El fósforo como nutriente y su importancia para la remolacha. Santiago. pp. 78-81.
- y LETELIER, E. 1961. Principales aspectos del programa de experimentación en fertilizantes en remolacha azucarera. *Simiente (Chile)* 31 (1-4): 60-61.
- SCHAEFER, R., URBINA, A. y SAN MARTÍN, E. 1969. Actividades microbianas como un sistema de regulación del ecosistema en suelos hidromórficos derivados de cenizas volcánicas del sur de Chile. In IICA. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América latina, 6-13 julio, 1969. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. pp. B. 6. 1-B. 6. 14.
- SCHALSCHA, E., RIQUELME, R., VERGARA, G. y VERGARA, I. 1968. Elementos trazas en suelos derivados de cenizas volcánicas. I. "Disponibilidad" de cinc, cobre, hierro y manganeso. Estudio comparativo de diversos métodos de extracción. *Agricultura Técnica (Chile)*. 28 (4): 137-143.
- SCHAEFER, F. and SCHACHTSCHABEL, P. 1960. Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. 5. Auflage. Stuttgart, Enke Verlag. pp. 56-74.
- 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, T. y GAJARDO, M. 1972a. —. X. Macronutrientes, provincia de Osorno. *Agricultura Técnica (Chile)*. 32 (2): 99-111.
- , —, — y —. 1972b. —. IX. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Valdivia. *Agricultura Técnica (Chile)*. 32 (1): 48-55.
- , —, — y —. 1971a. —. VII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Cautín. *Agricultura Técnica (Chile)*. 31 (4): 181-191.
- , —, — y —. 1971b. —. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Malleco. *Agricultura Técnica (Chile)*. 31 (3): 136-142.
- y GAJARDO, M. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. III. Fórmula de fertilización del abonamiento de corrección. *Turrialba (Costa Rica)* 21 (3): 272-279.
- , PINO, E. y FLOODY, T. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. III Cálculo de las líneas de fertilidad sobre el diagrama de fertilidad. *Agricultura Técnica (Chile)*. 31 (2): 106-115.
- SCHUFFELEN, A. 1958. Die Mineralduengung als Voraussetzung fuer die Umwandlungsmoeglichkeiten von "Naturboeden" in "Kulturboden". In Schmitt, L. und Ertel, H. Hundert Jahre erfolgreiche Duen-gewirtschaft. Frankfurt a. Main, Sauerlaender's Verlag. pp. 46-56.
- SCHWABE, G. 1961. Duengungsversuche zu Koerner-fruechten im suedlichen Chile unter Beruecksich-tigung mikroklimatischer Einfluesse. Die Phos-phorsaure 21 (34): 113-141.
- SILVA, A. y SCHAEFER, R. 1971. Interacción entre materia orgánica y aluminio en un suelo hidro-mórfico derivado de cenizas volcánicas (Nadi, Sur de Chile). *Turrialba (Costa Rica)* 21 (2): 149-156.
- STORIE, R. 1945. Inventario de suelos de Chile Central. *Agricultura Técnica (Chile)*. 5 (1): 79-94.
- SUÁREZ, J. 1945. Falaris —*Phalaris tuberosa* L. Simiente (Chile) 15 (4): 178-182.
- TEJEDA, H. 1970. Factores que afectan la minera-lización del nitrógeno en suelos trumaos y no trumaos. *Agricultura Técnica (Chile)*. 30 (3): 126-133.
- TISDALE, S. and NELSON, W. 1968. Soil fertility and fertilizers. 2nd. ed. N. York, Mc. Millan. 694 p.
- TRUONG, N., ANDREW, C. and WILSON, G. 1971. Man-ganese Toxicity in Pasture Legumes. II. Effects of pH and Mo levels in the substrate. *Plant and Soil*. 34 (3): 547-560.
- ULRICH, A. and HYLTON, L. 1968. Sulfur nutrition of italian ryegrass measured by growth and mineral content. *Plant and Soil*. 39 (2): 274-284.
- URBINA, A. 1964a. Interacción Ca/P en suelos de cenizas volcánicas. I Parte. In Sociedad Agronó-mica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos, Valdivia, 1964. Santiago, Chile. Publicación espe-cial N° 1 pp. 127-135.
- . 1964b. Interacción fósforo/calcio en sue-los de cenizas volcánicas. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos pre-sentados en las reuniones técnicas del Departamen-to. 2-6 septiembre 1963. Santiago, Chile, Minis-terio de Agricultura. Boletín especial N° 22. p. 441.
- . 1964c. Interacción cal y fósforo en sue-los de cenizas volcánicas de la región sur. II Par-te In Sociedad Agronómica de Chile. Mesa re-donda de suelos volcánicos. Valdivia, 1964. Santi-a-go, Chile. Publicación especial N° 1. pp. 137-149.
- . 1964d. Relación entre algunas caracte-rísticas físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. In Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos, Valdi-via, 1964. Santiago, Chile. Publicación especial N° 1 pp. 47-66.
- . 1962a. Ensayo de localización de carbo-nato de calcio en suelos de trumaos. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento. 3-7 septiembre 1962. Santi-a-go, Chile, Ministerio de Agricultura. Boletín es-pecial N° 15 p. 314.
- . 1962b. Interacción cal y fósforo en sue-los de cenizas volcánicas. In Chile, Departamento de Investigación Agrícola. Síntesis de trabajos pre-sentados en las reuniones técnicas del Departamen-to. 3-7 septiembre 1962. Santiago, Chile, Minis-terio de Agricultura. Boletín especial N° 15 p. 283.
- , SAN MARTÍN, E. y SCHAEFER, R. 1969. La actividad metabólica de algunos grupos fisio-lógicos de microbios en suelos ñadis de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*. 29 (4): 145-160.
- VOGEL, O. 1959. Problemas de carencias minerales en betarraga. Ensayos de abonos con seis elemen-tos. Simiente (Chile) 29 (1-4): 31-36.
- . 1945. ¿Existe en realidad un problema de falta de cal en nuestros suelos? Diario "El Mer-curio". Santiago, Chile. Junio, 16.
- VOLKE, V. 1964. Análisis químicos de muestras de suelo de Osorno y Llanquihue. In Sociedad Agro-nómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcá-nicos, Valdivia, 1964. Santiago, Chile. Publicación especial N° 1. pp. 67-84.
- . 1963. Comparación de métodos extractivos de fósforo en suelos representativos de las pro-vincias de Llanquihue y Osorno. Tesis Ing. Agró-nomo. Chillán, Facultad de Agronomía. Universi-dad de Concepción. 149 p. (mimeografiada).

WALKER, T. and ADAMS, A. 1958. Residual effects of calcium sulphate on the yield and composition of a grass-clover association. *Plant and Soil*. 10 (2): 176-182.

—, ——— and ORCHISTER, H. 1956. The effect of levels of calcium sulphate on the yield and composition of a grass and clover pasture. *Plant and Soil*. 7: 290-300.

WINKLER, A. 1972. Incidencia de la fertilización sobre productividad de praderas y animales. Cooperativa Agrícola y Lechera Osorno. s/p. (Informe mecanografiado).

ZAMBRANO, L. 1964. Intercambio catiónico de algunos grandes grupos de suelos chilenos. In Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos. Valdivia, 1964. Santiago, Chile. Publicación especial Nº 1. pp. 85-94.

Efecto de nemacidas postplantación en el control del nematodo de los cítricos (*Tylenchulus semipenetrans*, Cobb., 1913)¹

Jorge Pinochet B.², Héctor González R.³ y Domingo Godoy H.³

INTRODUCCION

Existen una serie de factores que inducen a los cítricos a una disminución de vigor y consiguiente baja en la producción. Uno de estos factores lo constituyen los nematodos fitoparásitos, especialmente el "nematodo de los cítricos", *Tylenchulus semipenetrans*, Cobb. 1913. Este nematodo se encuentra en todos los países donde se cultivan citrus, causando un decaimiento de los árboles, que se traduce en muerte de ramillas terminales, crecimiento restringido, clorosis en las hojas, defoliación y disminución de la producción. La fruta y las hojas son de menor tamaño en los árboles infestados.

En Chile, este nematodo se encuentra distribuido desde la provincia de Tarapacá (Arica) hasta Colchagua (Santa Cruz), siendo más grave en las provincias de Santiago y O'Higgins (Allen, M. W., Noffsinger, E. M. y Valenzuela, A., 1969).

La presente investigación tuvo como objetivos principales estudiar el efecto de diferentes nemacidas y dosis en el control de nematodos fitoparásitos en cítricos en producción, con énfasis en el nematodo de los cítricos, *Tylenchulus semipenetrans*. Al mismo tiempo, se estudiaron las variaciones en las poblaciones de nematodos a través del año, en huertos de la comuna de Peñablanca, provincia de Valparaíso.

REVISION DE LITERATURA

En 1889, Neal, J. C., observó raíces de cítricos infestados con nematodos y los identificó como *Heterodera radiculicola*.

Posteriormente, en 1912, Hodges, citado por Thomas, E. E. (1913) encontró nematodo de los cítricos en California, lo cual fue confirmado ese mismo año por este autor.

En 1913, este nematodo fue descrito por Cobb, N. A., con el nombre de *Tylenchulus semipenetrans*. Se ha determinado 39 géneros y 189 especies de nematodos asociados con raíces de cítricos (Ducharme, E. P., 1969) en muchas áreas del mundo, de las cuales solamente 6 especies se han constatado como patógenos: *Tylenchulus semipenetrans*, *Radopholus similis*, *Belonolaimus gracilis* y *Trichodorus christiei*, *Pratylenchus brachyurus*, *Hemicycliophora arenaria*. De estos nematodos, sólo *Tylenchulus semipenetrans* (Baines, R. C., Van Gundy, S. D. y Sher, S. A., 1959) y *Radopholus similis* (Suit, R. F. y Ducharme, E. P., 1953), causan daño económico en cítricos, especialmente reduciendo la producción.

T. semipenetrans, fue encontrado en Florida en 1914, en Arizona en 1926 y en Texas en 1950. También ha sido mencionado como existente en Algeria, Argentina, Australia, Brasil, Chile, Egipto, Malta, Natal, Palestina y Sud Africa, (Reynolds, H. W. y O'Bannon, J. H., 1963).

Aproximadamente, el 90% de los cítricos en California están infestados con *Tylenchulus semipenetrans* (Baines et al., 1959). En Chile, alrededor del 70% de los huertos se encuentran infestados (Allen et al., 1969).

Según Baines, R. C. y Martin, J. P. (1957), el nematodo de los cítricos puede reducir el crecimiento en árboles jóvenes de limoneros y naranjos en un 40-60%.

¹Parte de la tesis de grado del autor principal para optar al título de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Católica de Valparaíso. Trabajo presentado a la XXII Jornadas Agronómicas realizadas en Temuco, del 15 al 20 de noviembre de 1971.

Recepción originales: 12 de junio de 1972.

²Ingeniero Agrónomo. Actualmente en Davis, California 95616, U.S.A. (Department of Plant Pathology).

³Ings. Agrs. Proyecto Fruticultura, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Casilla 5427, Santiago, Chile.