

**Exploración de deficiencias nutritivas
con suelos en macetas.
XV. Comportamiento de algunas fórmulas
de fertilización. Provincia de Chiloé¹**

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

INTRODUCCION

Los suelos de Chiloé se ubican dentro de la categoría de suelos trumaos fuertemente intemperizados. Además presentan claramente los efectos de la lixiviación, favorecido por la circunstancia que no ha habido adición importante de cenizas volcánicas en años recientes (Wright, 1965).

En el diagnóstico de carencias nutritivas que se hizo de estas muestras (Schenkel *et al.*, 1973, Parte XIV) se determinó que el potasio y el fósforo se ubican entre las principales. A menudo coexisten las deficiencias anteriores con las de alguno de los demás nutrientes (magnesio, azufre, micronutrientes) y sólo excepcionalmente con la de calcio.

Un factor esencial en el buen aprovechamiento que se puede hacer de los suelos de Chiloé lo constituye el uso adecuado de los fertilizantes. Así lo reconoce Riffart, 1959, cuando insiste en "la necesidad de difundir el uso de los fertilizantes apropiados y de estudiar una reducción de sus costos". También IANSA, 1963-1964, sostiene que "en Chiloé hay problemas de fertilidad que se desconocen y

¹Recepción originales: 25 de mayo de 1973.

²Ingeniero Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, 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, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

son de vital importancia para el futuro del cultivo de la remolacha".

Las aplicaciones de abonos fosfatados son beneficiosas en Chiloé para diversos cultivos: remolacha, papas, trigo y praderas (IANSA 1963-1964; IANSA 1964-1965; Letelier 1969; Alcayaga *et al.*, 1963 y Wright, 1965 y 1959-1960). "En los suelos nuevos, recién incorporados a la agricultura, la necesidad de nitrógeno es generalmente más crítica que en los suelos de uso antiguo", propiedad que se refleja bien con remolacha y trigo (Letelier, 1964).

"Los cuatro nutrientes ensayados —N, P, Ca y S— se encuentran en niveles críticamente bajos en la isla de Chiloé". Sin embargo, en "suelos nuevos bajo cultivo, los rendimientos —de remolacha— son bajos, incluso en la fórmula que recibió la dosis máxima de todos los productos ensayados (1.500 Kg/ha de salitre sódico; 1.980 Kg/ha de superfosfato triple; 5.000 Kg/ha de carbonato de calcio y 1.500 Kg/ha de yeso agrícola). Esto sugiere la presencia de otras limitantes que no sean N, P, Ca y S; estas limitantes podrían estar constituidas parcial o totalmente por deficiencia de otros nutrientes: magnesio, potasio y microelementos" (IANSA, 1963-1964). Síntomas de deficiencia de potasio se han observado en papas (Wright, 1965).

Una atención especial merece el encalado. Letelier, 1969, sostiene que "en trumaos muy ácidos (pH inferior a 5) de las provincias de Cautín, Osorno, Llanquihue y Chiloé, se han encontrado efectos importantes del encalado". También Alcayaga *et al.*, 1963 indican que las adiciones de cal serían favorables a algunos cultivos. Sin embargo, ensayos de cal al voleo (0-12.000 Kg/ha), versus en línea (0-400 Kg/ha) en ballica inglesa y trébol rosado muestran que en el fundo Bellavista de Ancud no hay respuesta para las distintas dosis y formas de aplicación (Gutiérrez, 1964). Letelier, 1964 circunscribe "el efecto crítico de la cal en trumaos de incorporación reciente al cultivo, de alto contenido en materia orgánica y de drenaje algo deficiente".

La Parte xv se aboca al estudio del comportamiento que tienen tres fórmulas de fertilización distintas con 43 muestras de suelo de Chiloé, en ensayos de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*. Dichas fertilizaciones son: nitrato de amonio (N); N + superfosfato triple (NP), y NP + sulfato de potasio (NPKS).

A lo largo de este trabajo se usa el diagrama de fertilidad como elemento de juicio que permite dos cosas. Primero, un diagnóstico de la respuesta probable que tendrá un nutriente determinado en base a su línea de fertilidad y,

segundo, la verificación del diagnóstico anterior, por medio de la correspondiente línea de producción. Cuando los antecedentes de campo existan, se incluirá esta información.

MATERIALES Y METODOS

La técnica del ensayo de macetas se ha descrito detalladamente en trabajos precedentes, donde puede consultarse (Schenkel y Baherle, 1971; Schenkel *et al.*, 1971, Parte v).

La identificación de las 43 muestras de suelo de Chiloé sembrados con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* y otros detalles de siembra se entregaron en la Parte xiv (Schenkel *et al.*, 1973).

Todas las producciones de materia seca de ballica obtenida en los diferentes cortes se interpretan por medio del diagrama de fertilidad, asumiendo que las líneas de producción (+N, +NP y +NPKS) siguen una ecuación de la forma $\log Y = \log A + mX$ (Schenkel, Pino y Floody, 1971, Parte iii).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro I se presentan los valores que asumen los coeficientes angulares y de posición en las ecuaciones de las respectivas líneas de producción para todas las muestras de Chiloé. Las tres fórmulas de fertilización —N, NP y NPKS— originan niveles de fertilidad muy diferentes, apreciándose, sobre todo, la buena respuesta obtenida con NPKS en la Figura 1.

En general, la sola aplicación de nitrógeno no tiene posibilidad alguna de mejorar sensiblemente la fertilidad de los suelos de Chiloé. La producción obtenida con nitrato de amonio (N) en ballica para las muestras estudiadas, representa menos del 15% de su potencial máximo. Conviene comparar este resultado con la conclusión formulada por Letelier, 1969, según la cual "en los suelos trumaos recientemente incorporados al cultivo de Chiloé y Llanquihue, se han observado deficiencias anormalmente altas de nitrógeno". Además, IANSA 1963-1964 complementa la observación anterior destacando que "estos suelos, no obstante su alto nivel orgánico, requieren dosis muy elevadas de abonos nitrogenados".

La discordancia que existe entre los antecedentes de esta Parte xv y los trabajos de Letelier, 1964 y 1969; IANSA 1963-1964 y 1964-1965, justifican la búsqueda de una interpretación del comportamiento que tiene la fertilización nitrogenada en los diferentes suelos de Chiloé. Es necesario evaluar las siguientes observaciones experimentales:

a) En todos los suelos de Chiloé, sin excepción, hay ineficacia de la fertilización +N

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 Chiloé.

MUESTRA de laboratorio	FORMULA DE FERTILIZACION AGREGADA					
	+ N		+ NP		+ NPKS	
	A	m*	A	m*	A	m*
8766	26,5	-3135	52,5	-2118	90	- 67
8767	16,7	-1873	45,5	-1065	73,5	+ 478
8788	33	-2412	58	-1958	98	0
8789	14,5	-1883	64	-1596	131	- 235
8790	23	-2261	49	- 790	120	+ 57
8791	35	-3400	56,5	-1617	85	+ 543
8792	33	-2305	80	-1505	84	- 497
8793	14	-1461	94	-1200	127	- 330
8794	17,7	-1340	48	-1250	83	- 311
8795	15,6	-1332	40	-1095	81,5	- 472
8796	14	-1720	74	-1625	120	- 63
9015	13,1	-1303	18,3	-1474	75	- 231
9016	9,5	-2328	20,8	-1818	98	-1638
9017	5,9	- 904	28	-2417	116	-1389
9018	11,5	-1134	57	-2100	97	- 472
9019	12,7	-1840	18,4	-1177	83	+ 27
9020	5,3	-2634	20	-2737	111	-1884
9021	3,4	- 621	38,5	-2091	101	- 536
9022	11,0	- 855	29,5	-1342	87	- 129
9023	7,0	-2012	27	-1961	105	- 117
9024	5,6	-2625	27	-2157	127	- 649
9025	5,2	-2652	10,4	- 44	94	- 919
9026	6,5	-2323	20,2	-1745	125	- 151
9027	13,2	-1507	25	-1372	94	- 719
9028	16	-1824	22,1	-1466	80	+ 359
9029	3,8	-2828	29	-1745	102	- 903
9030	Perdido		26,9	-2392	77	- 517
9031	17,7	-1771	22,5	-1761	86	+ 445
9032	11,6	-2129	17,5	-2143	115	- 337
9033	20	- 885	63	-1648	74	+ 727
9034	33,5	-1842	75	-1591	105	- 39
9035	25	-1224	37	-1125	118	- 163
9504	19,2	-1828	42	-2010	85	+ 642
9505	17,2	-1240	16,8	- 715	109	+ 46
9506	25,5	-1196	80	-1075	78	+ 419
9507	9,1	-2664	26,5	-2228	82	- 806
9508	14,8	-1473	20	-1672	93	- 627
9509	13	-2279	26,8	-1647	80	-1445
9510	11,8	-1817	30,5	-2232	99	-1120
9511	11,6	-1468	32,5	-2652	95	- 288
9512	13	-2504	18,5	-2060	140	-1879
9513	17,2	-2479	27	-2212	88	- 954
9514	20	-1771	41,5	-2575	142	-1298
Promedio de 43 suelos						
	15,6	-1882,9	38,5	-1702,4	98,9	-405,6

*Todos los valores de m deben multiplicarse por 10^{-5} .

para elevar por sí misma la fertilidad de los suelos en forma satisfactoria. El rango dentro del cual varía el valor del coeficiente de posición A es 3,4 hasta 35;

b) Cuando del conjunto de 43 suelos de Chiloé se separan las cinco muestras más ricas (8795, 9018, 9019, 9510 y 9513) y las cinco más pobres (8789, 8792, 8796, 9504 y 9506) en materia orgánica, los correspondientes valores promedios de A son 13,8 y 21,2 y los de m $-0,017204$ y $-0,017864$, respectivamente. Si se deseara ponderar la diferencia entre estos promedios, ella indicaría una mejor respuesta en las muestras menos orgánicas, lo que se opone al planteamiento de IANSA 1963-1964 y de Letelier 1964 y 1969. Sin embargo, para cualquier efecto práctico no hay diferencias en la respuesta al nitrógeno entre muestras ricas y pobres en materia orgánica;

c) También se confirma el mejor comportamiento de la fertilización nitrogenada en los suelos más pobres en materia orgánica cuando se consideran las seis muestras con mayor (8766, 8788, 8791, 8792, 9034 y 9035) y menor (9017, 9020, 9021, 9024, 9025 y 9029) valor del coeficiente A para la línea de producción del nitrógeno. Los respectivos promedios de A y de contenido de materia orgánica son 31,0 y 13,3% para el primer grupo de suelos, mientras que para el segundo son 4,9 y 18,2%;

d) El efecto atribuido al nitrógeno cuando este nutriente se aplica exclusivamente a la forma de salitre sódico en dosis N_2 (IANSA 1963-1964, pág. 129) no se repite en cuatro ensayos de remolacha de la zona insular de Chiloé, cuando se usa guano especial IANSA que recibe una cantidad suplementaria de salitre para completar la dosis (IANSA, 1964-1965, pág. 111), y

e) La remolacha responde claramente a las aplicaciones de potasio. (IANSA, 1965-1966, pág. 3 (informe no publicado)¹ y 1964-1965, pág. 28), indistintamente a si se agrega como cloruro o sulfato. A su vez, el guano especial IANSA contiene 1,90% de K_2O ; 3,70% de S y 0,20% de B (IANSA, 1964-1965, pág. 110). Para la dosis aplicada de 2.000 Kg/ha (IANSA, 1964-1965, pág. 113) representa un aporte considerable de nutrientes potasio, azufre y boro agregados al suelo, capaz de subsanar los efectos más graves de estas deficiencias. Es poco probable que frente a estas cantidades de guano especial IANSA contribuyan con algún efecto notorio los elementos nutritivos contenidos en el salitre suplementario de la experiencia referida; toda su acción es imputable al nitrógeno.

¹Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1965/66. IANSA, Depto. Agrícola, Los Angeles.

En concordancia con el pronóstico que se hace a partir de la línea de producción +N del ensayo de macetas, la dosis suplementaria de salitre no produce efecto adicional sobre los rendimientos de remolacha, cuando se les compara con los obtenidos sin ésta pero manteniendo los 2.000 Kg/ha de guano especial IANSA.

El análisis anterior permite atribuir a otros nutrientes contenidos en el salitre, antes que al nitrógeno propiamente tal, el efecto observado en el terreno con las altas dosis de salitre sódico (1.500 Kg/ha) aplicado a la remolacha.

Cuando junto al nitrógeno se añade superfosfato triple, se corrige la deficiencia de fósforo, cuya carencia ha sido destacada en los suelos de Chiloé (Schenkel *et al.*, 1973, Parte XIV). Pero, como generalmente coexisten las deficiencias de fósforo y potasio, poco valor tiene subsanar una de ellas, si la otra queda actuando. Súmase a ello, que en promedio es más intensa la deficiencia de potasio que la de fósforo (Figura 1) aunque la primera presenta mayor fluctuación para su coeficiente de posición. En consecuencia, la adición de NP a los suelos de Chiloé debería dar como resultado que esta línea de producción produzca niveles de fertilidad semejante a los de la línea de fertilidad del potasio, situación que efectivamente se alcanza en la presente experiencia como se ve en la Figura 1.

Una valiosa evidencia experimental proporciona IANSA (1964-1965, pág. 81) con un ensayo de Chonchi. No hay producción de remo-

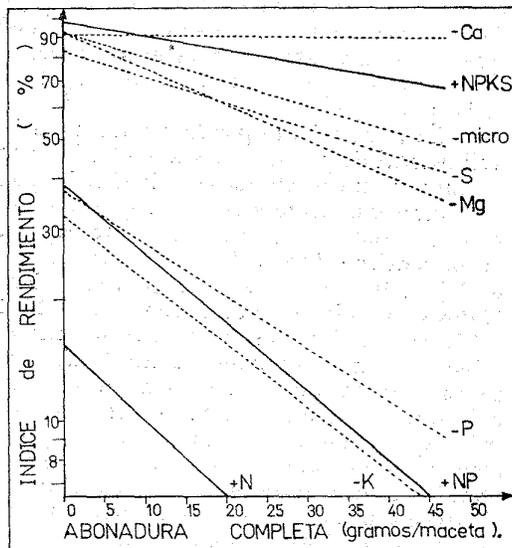


Figura 1 — Diagrama de fertilidad de los suelos de la provincia de Chiloé (promedio de 43 muestras).

lacha en el tratamiento testigo ni en el que recibió 900 Kg/ha de salitre sódico más 300 Kg P_2O_5 /ha aplicado como superfosfato triple (Cuadro 2). Se alcanza a 7,9 ton/ha de raíces cuando en la fertilización anterior se sustituye el superfosfato triple por el fosfato Rhenania, manteniendo las dosis de nitrógeno y fósforo. En mérito del trabajo de Goic, 1967, debe admitirse la superioridad del fosfato Rhenania sobre el superfosfato triple en suelos pobres en potasio, precisamente debido al potasio que contiene el primero de ellos y no el segundo.

Este mismo ensayo de IANSA, 1964-1965 muestra que un incremento drástico de los rendimientos de remolacha sólo se produce si a la fórmula NP se agregan los demás nutrientes. En efecto, cuando junto al nitrógeno y fósforo se incluye cal, sulfato de potasio y magnesio, bórax, sulfato de manganeso, sulfato de hierro, sulfato de zinc, sulfato de cobre y molibdato de sodio, se elevan las producciones hasta 30 ton/ha de raíces. Cuando al año siguiente se repite la experiencia en Achao —isla de Quinchao— se vuelve a manifestar la superioridad de la abonadura que lleva NPKS, Mg y micronutrientes, respecto de la NP (IANSA 1965-1966, no publicado)¹, como se ve en el Cuadro 2.

A la misma conclusión se llega cuando se interpreta el diagrama de fertilidad en la Figura 1. Únicamente se logra un mejoramiento sustancial en la fertilidad de las muestras de Chiloé cuando al suelo se incorpora la fórmula de fertilización NPKS. Nada tiene de extraño que así sea, pues con la mencionada abonadura se agregan al suelo justamente los elementos nutritivos más intensamente deficientes, consiguiéndose una elevación drástica de su fertilidad actual.

Vogel (1959), IANSA (1965-1966, pág. 17, no publicado)¹, y también el diagrama de fertilidad (Figura 1) conceden cierta importancia a la carencia de magnesio en los suelos de Chiloé. La circunstancia especial que el abono comercial sulfato de potasio usado contenga pequeñas cantidades de magnesio como impurezas (Schenkel *et al.*, 1973, Parte XIII) permite alcanzar una corrección parcial o total de esta deficiencia según sea la intensidad de ella. La inclusión del sulfato de potasio en la fórmula de fertilización NPKS debería reflejarse en un aumento del valor del coeficiente de posición de la línea de producción NPKS respecto del que posee la línea de fertilidad del magnesio, antes que en una modificación de sus coeficientes angulares. Esto se observa en la Figura 1.

¹Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1965/66. IANSA, Depto. Agrícola, Los Angeles.

Cuadro 2 — Rendimientos de raíces de remolacha (ton/ha) obtenidos con dos tipos de fosfatos para diferentes dosis, forma de localización del abono fosfatado y fórmulas de fertilización en dos localidades de la isla de Chiloé. Datos de IANSA 1965/66¹ y 1964/65.

Abono*	Localización (Kg P ₂ O ₅ /ha)				Lugar	
	surco	5 cm bajo surco	Voleo	Chonchi	Achao	
Superfosfato triple	50	50	—	0	5,7	
	50	—	50	0	2,8	
	50	250	—	0	16,6	
	50	—	250	0	10,7	
	**	50	250	—	29,9	37,5
Fosfato Rhenania	**	50	—	250	32,9	35,5
	50	50	—	3,0	8,2	
	50	—	50	2,3	2,6	
	50	250	—	7,9	15,2	
	50	—	250	2,5	16,1	
Testigo	**	50	250	—	31,6	34,2
	**	50	—	250	31,2	35,6
Fuente de información:	—	—	—	0	0	
				IANSA	IANSA	
				1964/65	1965/66 ¹	
				pág. 81	pág. 89	

¹Resultados de la investigación agrónómica en remolacha azucarera. Temporada 1965/66. IANSA. Depto. Agrícola, Los Angeles (no publicado).

*Todas las parcelas reciben 900 kg/ha de salitre.

**3 ton/ha CaCO₃; 200 kg/ha sulfato de potasio y magnesio; 20 kg/ha bórax; 20 kg/ha sulfato de manganeso; 36 kg/ha sulfato de hierro; 37 kg/ha sulfato de zinc; 33 kg/ha sulfato de cobre; 1,5 kg/ha molibdato de sodio.

Una incógnita no aclarada todavía es la que surge con los micronutrientes. Su línea de fertilidad indica que hay insuficiencia de uno o más de ellos (B, Mo, Zn, Cu o Mn) sin que se haya identificado al nutriente carencial. Ocurre que la fertilización NPKS parece subsanarlas parcialmente, por cuanto la línea de producción NPKS no coincide con la de fertilidad de los micronutrientes (Figura 1) sino que se desplaza más allá de ella, aproximándose más a la condición de la fórmula completa.

La diferencia que existe entre la producción óptima obtenida con la fórmula completa (A=100, m=0) y la línea de producción NPKS en la Figura 1, da cabida para pensar que los micronutrientes y/o magnesio pueden mejorar aún más la fertilidad de los suelos de Chiloé. Unos pocos predios visitados —del Centro de Capacitación Agrícola Agrosol, próximo a Ancud; de don Miguel Rosas Márquez (Petanes), próximo a Chonchi, y de don Ce-

cilio Alvarez, próximo a Chonchi— llevan a sospechar que el estiércol constituye una valiosa fuente de incorporación de estos elementos nutritivos, sin omitir los demás. En todos esos predios se vio que la fertilización NPKS mejora notoriamente cuando además lleva estiércol. Por tratarse de un subproducto de la ganadería, comúnmente existente en los pequeños predios de la isla, debería estimularse su uso racional por todos los medios como un complemento de la abonadura NPKS. Los buenos efectos del estiércol no sólo son válidos para papas sino que también se hacen extensivos a praderas, avena y otros cultivos.

En las Figuras 2 y 3 se ve lo que ocurre con cada una de las líneas de producción cuando éstas se comparan para muestras que proceden de un mismo perfil de suelo, pero a distinta profundidad. De inmediato se advierte que la sola aplicación de nitrato de amonio (N) es excepcionalmente desfavorable, confirmándose en todas sus partes las observaciones formuladas con respecto a la Figura 1. En las macetas con el tratamiento (+N) se comprueba que la ballica no sobrevive más allá del tercer corte, y en algunos casos especiales sólo hasta el segundo corte, siendo particularmente afectadas las muestras subsuperficiales. Todavía más, en los cuatro perfiles (Figuras 2 y 3) siempre fue más beneficiosa la abonadura (+N) en la muestra superficial que en la subsuperficial, lo que contrasta con la idea general que hay menos necesidad de nitrógeno en la superficie, por existir aquí las mayores reservas de materia orgánica y, por tanto, de nitrógeno. Aunque no se tiene explicación sobre esta característica, podría ocurrir que la frecuente y bien distribuida precipitación pluviométrica en los suelos de Chiloé fuese la responsable del agotamiento de nitrógeno disponible en la superficie, provocando su acumulación a mayor profundidad.

Otra singularidad de la influencia que tiene la profundidad sobre los diagramas de fertilidad, reside en la diferencia de fertilidad que se alcanza entre la fertilización NP y la abonadura incompleta por falta de potasio ("completa menos potasio"), favoreciendo a la primera de ellas. Tal conducta de los suelos es consistente con la ya observada en la Figura 1 y lleva a creer que dentro de la abonadura incompleta —donde sólo falta el potasio— hay un constituyente no agregado con la fertilización NP, que actúa en forma depresiva sobre los rendimientos que se obtendrían sin su inclusión.

Para aislar aún más este factor negativo es conveniente referirse a la línea de producción NPKS. Hay un primer caso donde generalmente coincide que ahí donde con la fertilización

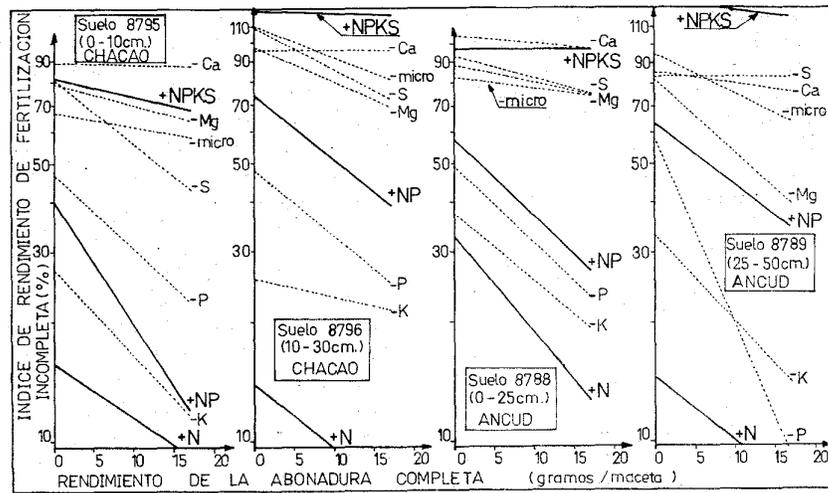


Figura 2 — Influencia de la profundidad sobre los diagramas de fertilidad de 2 perfiles del norte de la isla de Chiloé.

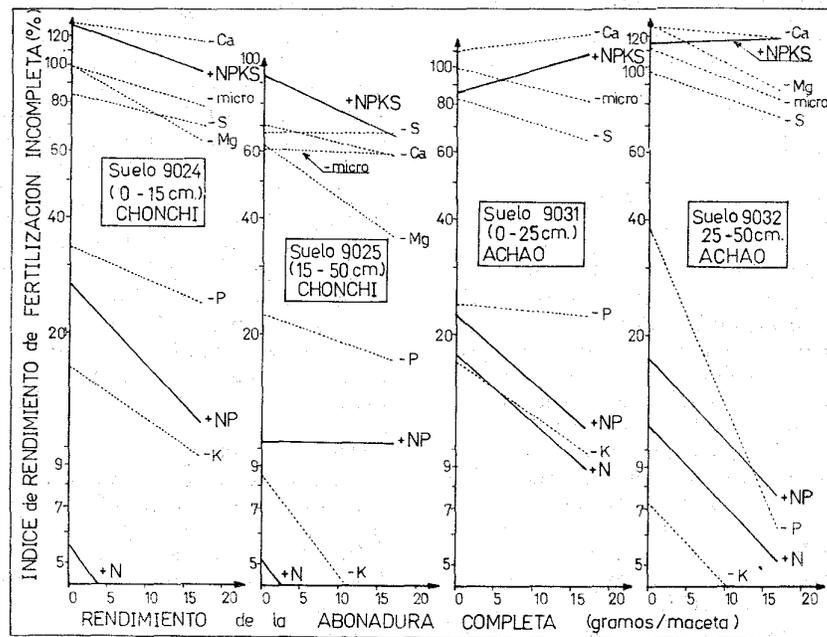


Figura 3 — Influencia de la profundidad en el diagrama de fertilidad de 2 perfiles de Chiloé, región central.

NPKS se sobrepasa la producción de ballica de la respectiva fórmula completa, también con el tratamiento "completo menos calcio" se logra igual meta (Figura 4). Ocurre que la fertilización completa lleva carbonato de calcio, componente excluido de las mezclas de abonos agregadas en los otros dos tratamientos. Por tanto existen serias sospechas para atribuir al carbonato de calcio un efecto depresivo sobre la producción de ballica en algunos suelos de Chiloé. Para otras muestras (9514 en Figura 4) pasa a ocupar una función similar el carbonato de magnesio. Finalmente hay suelos de Chiloé (9032, 9035, 9021 en Figura 4) para los cuales parece coexistir una acción negativa común de ambos carbonatos sobre los rendimientos. La semejanza que tienen en su efecto depresivo la adición de carbonato de calcio y la de carbonato de magnesio sobre los rendimientos de ballica, cuando se comparan con la producción de la abonadura completa, permiten responsabilizar de esta depresión al anión carbonato. Si así fuese, habría que dudar seriamente de las ventajas que tendría el encalado en los suelos de Chiloé, aun cuando se trate de muestras tan ácidas como las consideradas aquí (Schenkel *et al.*, 1973, Parte xiv) —pH¹ (KCl) 3,7 a 4,6.

Conviene hacer mención del hecho que la línea de producción NPKS posee a menudo coeficientes de posición superiores a 100, como ocurre en todos los casos presentados en la Figura 4. Este parámetro de la ecuación debe asociarse con el coeficiente angular; se ve que con la sola excepción de la muestra 9505 siempre tiene signo negativo. Esto significa que la mayor producción inicial del tratamiento NPKS tiende a disminuir a medida que se aumenta la cantidad de materia seca producida con la abonadura completa.

Del mismo modo, la depresión de rendimientos que causa la adición de carbonato de calcio o de carbonato de magnesio, tiende a disminuir cuando aumenta el desarrollo de la ballica (Figura 4). Dos excepciones las constituyen las muestras 9505 (con carbonato de calcio) y 9514 (con carbonato de magnesio), donde el coeficiente angular positivo respectivo origina siempre menores rendimientos en los tratamientos donde éstos están presentes, cualquiera sea la edad de la ballica y la cantidad de materia seca producida con la abonadura completa.

Hay suelos en los cuales las ecuaciones de las líneas de fertilidad del calcio y/o del magnesio superan el valor 100 para A, sin que los respectivos coeficientes de posición de las líneas de producción NPKS tengan igual característica. Aquí sucede que cuanto más severa

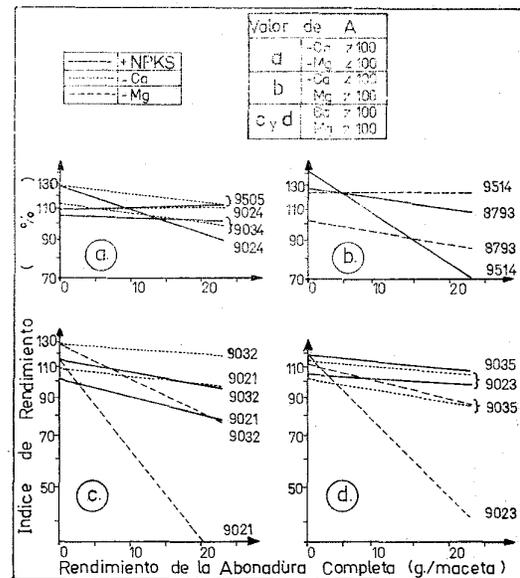


Figura 4 — Tres tipos de diagramas de fertilidad en suelos de Chiloé, cuyas líneas de producción NPKS tienen un valor superior a 100 para A.

sea la incidencia de las carencias de magnesio y micronutrientes —sólo excepcionalmente debe considerarse la deficiencia de calcio (Schenkel *et al.*, 1973, Parte xiv) — tanto más difícil será lograr la fertilidad potencial con la abonadura NPKS. Así, por ejemplo, en la Figura 5 (muestras 8792 y 8794) puede ocurrir que la carencia de micronutrientes imponga tan serias limitaciones sobre la fertilidad, que será imposible llevar el suelo a su fertilidad potencial a menos que se incluyan también estos elementos deficientes en la fórmula de fertilización, junto a NPKS.

Los antecedentes en poder de Gläser correspondiente al predio del Centro de Capacitación Agrícola "Agrosol" ubicado 4 Km al Oeste de Ancud, realzan el valor de la fertilización NPKS + estiércol. Se concede al estiércol (20 ton/ha) una función muy importante por los beneficios que trae en la composición botánica y producción de los componentes de la pradera. Según Gläser (comunicación personal)¹, durante cuatro años producen más forrajes las praderas sembradas que las mejoradas, cuando ambas reciben igual fertilización. Esta superioridad se mantiene todavía en el cuarto año, pero con la característica que las diferencias anuales se van haciendo cada

¹Jurgen Gläser, Técnico del Centro de Capacitación Agrícola "Agrosol", Casilla 119, Ancud.

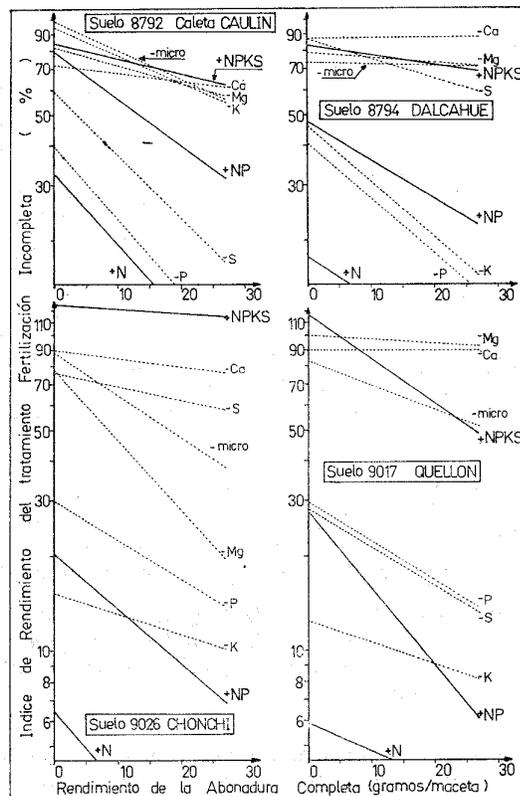


Figura 5 — Diagramas de fertilidad, de cuatro suelos de Chiloé que tienen una isoyeta de 2.500 mm anuales.

vez menores. La mayor producción de la pradera sembrada se atribuye a la mejor recuperación que tiene la ballica y a su crecimiento invernal, situación que no se produce con la pradera mejorada.

La importancia práctica de la fertilización NPKS (más estiércol cuando se puede) para la producción lechera de la isla de Chiloé se demuestra con el Cuadro 3. Estos rendimientos son susceptibles de mejorarse más aún, por las inadecuadas cantidades de sulfato de potasio incorporadas (40 a 60 Kg/ha).

Cuadro 3 — Producción de leche (litros) por vaca en ordeña, en el predio del Centro de Capacitación Agrícola "Agrosol", Ancud¹.

Año	Producción promedio por vaca (litros) ²	
	Periodo de lactación	Diario
68/69	1.243	4,6
69/70	1.624	6,08
70/71	1.774	6,85
71/72	2.212	8,5

¹Datos de Jurgen Gläser (comunicación personal).

²Alimentación basada exclusivamente en la pradera.

Se había visto en la Parte xiv (Schenkel *et al.*, 1973) que predominaban las características del material original sobre la influencia que podría tener la pluviometría en la jerarquía de las deficiencias nutritivas observadas en los suelos de Chiloé. Con cuatro muestras situadas sobre la isoyeta 2500 mm anuales (Figura 5) se observa también una diferencia en la respuesta que tienen los diferentes suelos a la fertilización NP y NPKS. La primera de ellas es la resultante de las distintas reservas de potasio existentes en las diversas muestras, que no se corrigen con ninguno de los abonos integrantes de la fórmula NP. Como sucede que la deficiencia de potasio es más intensa en los suelos de la zona centro-sur de Chiloé, se espera que precisamente ahí tenga menor éxito la abonadura NP (Figura 5).

¿Por qué responden peor a la abonadura NPKS los suelos ubicados en la parte norte de la isla de Chiloé? Sin duda se trata de una mayor complejidad en los problemas de fertilidad, donde participan los micronutrientes y tal vez magnesio y calcio.

Respaldan la conclusión anterior, la sintomatología de deficiencias de boro y magnesio frecuentemente observada en praderas beneficiadas con una fertilización más intensiva (NPKS). También en los ensayos de praderas del año 1970/71 de la Corporación de Fomento de la Producción, Instituto CORFO de Chiloé, con distintos fertilizantes, se vio a menudo la carencia de magnesio y boro en las leguminosas. Sin embargo, sólo los ensayos de IANSA (1963/64, p. 136) evidencian la complejidad que adquieren los problemas de fertilidad en los suelos de Chiloé. Dichos trabajos demuestran respuestas claras de la remolacha a cada uno de los micronutrientes boro, manganeso, fierro, zinc, cobre y molibdeno, cuando estos elementos suplementan separadamente a la fórmula de fertilización NPKSMg, sin que pueda deducirse una tendencia definida para el comportamiento de un elemento dado en todos los suelos. Así se confirma también con los ensayos de campo realizados por IANSA en los años siguientes. En efecto, los mayores rendimientos de remolacha se obtienen en el suelo Dalcahue de Achao (IANSA 1965/66, p. 94, no publicado)¹, para NPKS + Mn (20 Kg/ha de sulfato de manganeso), situación que no se repite para el año subsiguiente (IANSA, 1966/67, p. 54, no publicado)², porque "contrariamente a lo sucedido el año anterior, el manganeso es deprimente". En esta temporada se

¹Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1965/66. IANSA, Depto. Agrícola, Los Angeles.

²Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1966/67. IANSA, Depto. Agrícola, Los Angeles.

destacan como más beneficiosas las aplicaciones de 1,5 Kg/ha de molibdato de sodio, 33 Kg/ha de sulfato de cobre y 20 Kg/ha de bórax, alcanzando a rendimientos de 56,0; 55,0 y 53,8 ton/ha, en comparación con las 49,3 ton/ha obtenidas con la abonadura NPKSMg (690 Kg/ha superfosfato triple, 855 Kg/ha salitre sódico y 136 Kg/ha de sulfato de potasio y magnesio). Esta complejidad impide predecir la incidencia que tiene cada micronutriente en la fertilidad de los suelos de Chiloé. Tampoco esta Parte xv permite evaluar o identificar la participación de los distintos micronutrientes en los problemas de productividad de los suelos de Chiloé, ya que para ello se requiere un estudio especial.

CONCLUSIONES

Los suelos de Chiloé se caracterizan por presentar gran complejidad en sus problemas de fertilidad. Se distinguen de otros suelos procedentes de las demás provincias exploradas, salvo los fiadis, por manifestar carencias muy graves de potasio, que sólo se corrigen con una fertilización portadora de este elemento.

El diagrama de fertilidad se convierte en una herramienta muy valiosa para las muestras de Chiloé. Permite anticipar el comportamiento que tienen las tres fórmulas de fertilización estudiadas (+N, +NP y +NPKS). Invariablemente se cumple que la sola abonadura nitrogenada es incapaz de elevar la fertilidad del suelo, no sobrepasando nunca el 15% de la lograda con la abonadura completa. Además, siempre la línea de fertilidad del elemento más deficiente posee mayores índices de rendimiento que la respectiva línea de producción +N. La sola fertilización nitrogenada de los suelos de Chiloé es inconveniente y debería descartarse definitivamente por ineficaz.

Cuando se evalúa la participación que tiene el contenido de materia orgánica de las muestras de Chiloé en la respuesta que éstas tienen a la fertilización nitrogenada, no se encuentra una relación definida, tienden a responder mejor a ella los suelos menos orgánicos.

Con la aplicación de NP se subsana una de las dos principales deficiencias nutritivas. Pese a lo anterior es moderado su efecto sobre la productividad de los suelos de Chiloé, dependiendo éste fundamentalmente de la incidencia que tiene la carencia de potasio. En el hecho coinciden las líneas de producción +NP y de fertilidad del potasio. De aquí surge que cuanto más grave sea la falta de potasio en el suelo, tanto menos efectiva resulta la abonadura NP. Con ello se demuestra que tiene poco valor subsanar una de las dos deficiencias, si la otra de igual o mayor intensidad sigue

imperando. Esta situación no sólo corresponde al resultado de numerosas muestras incluidas en el ensayo de macetas. También se ha observado en el terreno con el cultivo de la remolacha, donde para dosis tan elevadas como 300 Kg P_2O_5 /ha (superfosfato triple) y 900 Kg/ha de salitre no se obtiene producción de raíces.

Un mejoramiento sustancial se logra en la fertilidad de los suelos de Chiloé únicamente cuando se fertiliza simultáneamente con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre. Por su intermedio se alcanza entre un 73,5 y un 140% del rendimiento respectivo de la abonadura completa.

Dos interpretaciones diferentes se hacen a partir de los valores que asume A en la línea de producción NPKS. Valores inferiores a 100, unido a la buena respuesta que se observa a la aplicación de estiércol sobre la pradera de los suelos de Chiloé, permiten atribuir a los micronutrientes y/o magnesio un efecto mejorador de la fertilidad, más allá del nivel definido por la línea de producción NPKS. Por el contrario, cuando el valor de A es superior a 100 en la línea de producción NPKS puede colegirse un efecto depresivo del anión carbonato que acompaña al calcio y/o magnesio, sobre los rendimientos de ballica. Así se desprende de los tratamientos que excluyen los carbonatos, ya sea de calcio o magnesio (línea de producción NPKS y líneas de fertilidad del calcio y magnesio), que tienden a producir más que la misma abonadura completa. Este resultado tiene trascendencia porque, de confirmarse en una escala más amplia, significaría que aun suelos tan ácidos como los aquí empleados no se benefician con la aplicación de enmiendas. Con todo, ajeno a si el efecto negativo del encalado se cumple en otros suelos de Chiloé, es preciso reconocer que su daño no es permanente sino temporal. Como consecuencia de la pendiente negativa que tiene la mayoría de las líneas de producción o de fertilidad consideradas para los respectivos suelos de Chiloé, ocurre que el mayor daño de la enmienda se manifiesta en las plantas jóvenes.

Los antecedentes disponibles del escaso número de muestras subsuperficiales confieren mayor beneficio a la fertilización nitrogenada en la muestra superficial. Este resultado se opone a la idea corrientemente escuchada en virtud de la cual las muestras subsuperficiales tendrían mayores necesidades de nitrógeno por ser más pobres en materia orgánica y poseer las menores reservas de nitrógeno.

También las muestras más profundas, con la sola excepción del suelo Chonchi (9025), tienen mejores producciones con la abonadura

NP y NPKS que las respectivas muestras superficiales.

Las características propias del material generador del suelo son tan dominantes que ellas se manifiestan en el diagrama de fertilidad con propiedades diferentes aún para muestras situadas sobre la misma isoyeta. Los suelos pro-

cedentes de la parte norte de la isla responden peor que otros de Chiloé a la abonadura NPKS. Se estima que las diferentes reservas de micronutrientes y/o magnesio que poseen los suelos de distinta ubicación geográfica en la isla no son ajenas a esta distinción.

RESUMEN

Se estudia el comportamiento de 43 muestras de suelo procedentes de Chiloé insular, con tres fórmulas de fertilización en ensayos de macetas. La producción de ballica obtenida con N (nitrato de amonio), NP (N + superfosfato triple) y NPKS (NP + sulfato de potasio) se compara con el rendimiento de la respectiva abonadura completa. En las correspondientes líneas de producción ($\log Y = \log A + mX$) se determinan los siguientes valores promedios para A: 15,6; 38,5, y 98,9 y para m: -0,01883; -0,01702 y -0,00410.

Unicamente cuando se incorporan juntos al suelo los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y azufre se eleva eficientemente su fertilidad. El fracaso observado con la abonadura NP se explica porque subsiste la deficiencia de potasio, pese a remediarse la de fósforo.

No se observan diferencias notables en las respuestas obtenidas con las tres fertilizaciones mencionadas, para muestras que proceden de distinta profundidad. La abonadura nitrogenada parece comportarse mejor en las muestras superficiales, ocurriendo lo inverso con las fertilizaciones NP y NPKS.

Se asigna importancia a los micronutrientes para elevar la fertilidad de los suelos de Chiloé, especialmente cuando no satisface el nivel alcanzado con la abonadura NPKS.

Para algunas muestras se ve un efecto depresivo causado por la adición de carbonatos, ya sea de calcio y/o magnesio.

SUMMARY

The behaviour of 43 soil samples from island's sites of Chiloé are studied with three fertilization mixtures in pot experiments. The yields of rye grass obtained separately by the use of N (ammonium nitrate), NP (N + triple superphosphate) and NPKS (NP + potassium sulphate) are compared with the yield of a complete fertilization treatment. In the corresponding production lines ($\log Y = mX + \log A$) the following average values are determined for A: 15.6; 38.5 and 98.9 and for m: -0.01883; -0.01702 and -0.00410.

Only when nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur are incorporated together into the soil, its fertility is increased efficiently. The failure observed with the NP fertilization is explained because the potassium deficiency subsists, even though phosphorus scarcity is overcome.

There are no significant differences among the results obtained with the same fertilization mixtures, when applied to samples of different depths. Apparently the N fertilization behaves better on top soil samples. The contrary is true for NP and NPKS.

Micronutrients are considered important in order to increase the fertility level of the Chiloé soils, mainly when the level obtained by the NPKS applications is low.

For some of the samples, a depressive effect caused by the addition of magnesium or calcium carbonates is observed.

LITERATURA CITADA

- ALCAYAGA, S. NARBONA, M., ASTUDILLO, J. y WALTER, O. 1963. Carta Agrológica de la isla grande de Chiloé. Santiago. Corporación de Fomento de la Producción, Departamento de Agricultura. (informe técnico). 63 p.
- GOIC, L. 1967. Tipos de fosfatos en el establecimiento de praderas de Osorno. Ministerio de Agricultura, Circular informativa Nº 5. 6 p.
- GUTIÉRREZ, T. 1964. Ensayo de cal al voleo versus

- 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, Dirección de Agricultura y Pesca. Boletín especial N° 22. p. 121.
- IANSA. 1964-65. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1964-65. Santiago. Industria Azucarera Nacional, Departamento Agrícola. pp. 15-153.
- . 1963-64. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1963-64. Santiago. Industria Azucarera Nacional, Departamento Agrícola. pp. 13-173.
- LETELIER, E. 1969. Respuesta a la fertilización de los suelos volcánicos chilenos (trumaos), según resultados de ensayos de campo. *In* IICA, Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6-13 julio 1969. Turrialba (Costa Rica), Centro de Enseñanza e Investigación. pp. C3.1-C3.14.
- . 1964. Fertilidad de los trumaos. *In* Sociedad Agronómica de Chile. Mesa redonda de suelos volcánicos, Valdivia. Santiago. Sociedad Agronómica de Chile. (publicación especial N° 1). pp. 109-117.
- RIFFART, C. 1959. Agricultura y Ganadería en Chiloé. *Simiente* (Chile) 29(1-4): 27.
- SCHENKEL, G. 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. 1973. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIV. Macronutrientes, provincia de Chiloé. *Agricultura Técnica* (Chile). 33(4): 214-224.
- . 1973. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XIII. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Llanquihue. *Agricultura Técnica* (Chile). 33(3): 121-128.
- . 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. V. Comportamiento de algunas fórmulas de fertilización, provincia de Malleco. *Agricultura Técnica* (Chile). 31(3): 136-142.
- , PRNO, 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.
- VOGEL, O. 1959. Problemas de carencias minerales en betarraga. Ensayos de abonos con seis elementos. *Simiente* (Chile). 29(1/4): 31-36.
- WRIGHT, CH. 1965. The volcanic ash soils of Chile. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 201 p. (Report N° 2017).
- . 1959-60. Observations on the soils of Central Chile. *Agricultura Técnica* (Chile) 19-20: 96-124; en español: *Agricultura Técnica* (Chile). 19-20: 65-95.