

Uso actual y necesidad potencial de fertilizantes en la Agricultura Chilena (II)¹

Elías Letelier A.²

RESPUESTA A LOS FERTILIZANTES

En la primera parte de este artículo³ se mostró cómo el consumo de fertilizantes ha aumentado notablemente en Chile en los últimos años. Al mismo tiempo se señaló que, a pesar de este aumento, el uso de abonos en Chile está lejos de alcanzar los niveles de la agricultura europea o de países asiáticos de alto grado de desarrollo y de agricultura intensiva. Dentro del marco del progreso de la agricultura chilena hacia su lógica intensificación, queda, por lo tanto, un largo camino que recorrer en lo referente al uso de fertilizantes. Estamos, entonces, en una situación en la que es especialmente útil preguntarse cuáles son las verdaderas necesidades nacionales de elementos fertilizantes.

Contestar esta pregunta es de esencial interés para cualquier tipo de planificación agrícola y ello es tanto más importante, si se considera que del elemento fertilizante que más consumimos, el fósforo, Chile no cuenta con reservas conocidas de materias primas de significación.

Si bien es cierto que una intensificación de la agricultura y un aumento de la productividad llevan aparejados necesariamente un uso elevado de fertilizantes, el problema de cuánto fertilizante hay que consumir y a qué elementos hay que dar preferencia, es asunto que debe resolverse a nivel nacional, pues ello depende de los tipos de clima y de suelo y de las modalidades regionales de la agricultura.

Afortunadamente existe la herramienta adecuada para resolver este problema, y ella es la *experimentación agrícola*. La experimentación puede orientar el uso de fertilizantes en una región, a través de ensayos de tipos y dosis de fertilizantes en diversas condiciones de clima, suelo y modalidades de uso de la tierra. Si estos ensayos abarcan un universo suficientemente amplio, es posible calibrar cuantitativamente los resultados con las características señaladas; esto abre la posibilidad de proporcionar un diagnóstico individual a cada agricultor, que le permita utilizar dosis económicas y hacer un uso más eficiente de los fertilizantes. La experimentación, por lo tanto, proporciona datos de interés en dos niveles diversos y aplicables, respectivamente, a la política agraria de la nación y a la planificación al nivel del predio.

La experimentación sobre fertilizantes a una escala adecuada, data en Chile de 1940, año en que el Departamento de Genética y Fitotecnia del Ministerio de Agricultura inició una red nacional de ensayos en trigo. Posteriormente, estos ensayos fueron extendidos a otros cultivos por este mismo Departamento (llamado después Departamento de Investigaciones Agrícolas). Otras instituciones desarrollaron también planes de experimentación en fertilizantes; debe citarse entre ellas a la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo de Chile, Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) e Industria Azucarera Nacional (IANSAN).

Actualmente el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y la Universidad Católica de Chile tienen en marcha planes de investigación de fertilidad del suelo, que

¹El autor agradece a los investigadores del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Industria Azucarera Nacional, Universidad Católica de Chile y Corporación de Ventas de Salitre y Yodo que le han permitido hacer uso de informaciones no publicadas hasta el momento.

²Ingeniero Agrónomo, Coordinador de la Línea de Suelos, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Profesor Extraordinario de la Cátedra de Enmiendas y Fertilizantes, Facultad de Agronomía, Universidad de Chile.

³Agricultura Técnica. Volumen 25, N° 2.

harán posible un conocimiento más preciso de las necesidades actuales y potenciales de nuestros suelos en materia de fertilizantes.

¿Hasta qué punto los resultados de estos programas de investigación agrícola han influido en las decisiones gubernamentales sobre política de fertilizantes, o en el uso de abonos por parte de los agricultores? No es posible decirlo con seguridad. En contra del uso adecuado de esta información han actuado diversos factores, entre los que se cuenta, especialmente, la falta de una difusión adecuada de los resultados experimentales y la acción de intereses comerciales, no siempre coincidentes con las necesidades reales del país. No obstante, el autor del presente trabajo es de opinión que, en sus líneas fundamentales, la agricultura chilena se ha beneficiado del trabajo experimental, como lo señalan la tendencia del consumo e importación de fertilizantes en los últimos años; existe, además, una mayor seriedad en las recomendaciones comerciales. Sin embargo, la economía del país y la del agricultor pueden sacar mucho más provecho de la experimentación; una prueba de ello la constituyen los agricultores remolacheros que, orientados por la experimentación efectuada por IANSA, han elevado en 10 años los rendimientos de remolacha hasta hacerlos comparables con los mejores del mundo.

RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACIÓN EN FERTILIZANTES

No se pretenderá en el presente trabajo hacer un resumen actualizado y completo de la experimentación sobre abonos, efectuada hasta la fecha en Chile por las diversas instituciones que han participado en ella. El autor se limitará a presentar algunos resultados de significación, ya sea por la extensión con que fueron ejecutados, ya porque apuntan sobre hechos que pueden ayudar a explicar ciertas modalidades de la fertilidad de nuestros suelos. Con estos elementos de juicio se podrá hacer una estimación general de las necesidades *potenciales* de los fertilizantes principales (N, P, K) y de cal en la agricultura chilena.

RESPUESTA DEL TRIGO A LOS FERTILIZANTES Y AL ENCALADO

Una idea general de la respuesta a los fertilizantes en la agricultura chilena puede basarse en los resultados de 100 ensayos efectuados en trigo por el Departamento de Investigaciones Agrícolas del Ministerio de Agricultura durante los años 1954, 1955 y 1956. En estos ensayos los tratamientos fueron, además del testigo sin abonos, una fórmula completa NPKCa o NPK y las correspondientes deficitarias en uno de los elementos. Las dosis aplicadas fueron: N, 64 Kg. N nítrico/ha.; P, 100 Kg. P_2O_5 /ha. en forma de fosfato "Melón"¹; K, 100 Kg. de K_2O /ha. como sulfato de potasio; Ca, 900 Kg. CaO/ha. en forma de carbonato de calcio. En el Cuadro I se señala el porcentaje de ensayos en que la fórmula completa (NPK o NPKCa) rindió un 30% o más sobre el testigo sin abono; se señala también el porcentaje de casos en que cada uno de los elementos considerados rindió más de un 30% sobre la fórmula deficitaria correspondiente (por ejemplo para el caso de K : NPK-NP o NPKCa-NPCa, en las que NP o NPCa = 100).

Del examen de este cuadro puede inferirse que:

- El efecto de la aplicación de abonos aumenta hacia el sur del país. Esto se puede aplicar también específicamente a los elementos fósforo, potasio y calcio; no así al nitrógeno, cuyo efecto tiende más bien a disminuir hacia el sur, por lo menos de Bío-Bío al sur.
- El nitrógeno es el elemento que presenta una respuesta más frecuente al norte de Bío-Bío y el fósforo es el que presenta la respuesta más frecuente al sur de dicha provincia. En todo caso, el número de respuestas para ambos elementos es considerable a través de todo el territorio estudiado. Estos dos elementos deben considerarse críticos en Chile; en cambio, la necesidad de potasio o calcio es más bien secundaria.

¹El fosfato "Melón" es un fosfato térmico cálcico-sódico de buena aprovechabilidad en diversas clases de suelos. Contiene 20% de P_2O_5 total y 18% soluble al citrato de amonio neutro.

Cuadro 1 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Efecto de los fertilizantes en la Zona Central de Chile, según 100 ensayos en trigo.

ZONA	Nº DE ENSAYOS	PORCENTAJE DE CASOS CON 30% O MAS DE EFECTO					RENDIMIENTO MEDIO DEL TESTIGO, QQ/HA.	INCREMENTOS MEDIOS, QQ/HA.				
		N	P	K	Ca	FORMULA COMPLETA		N	P	K	Ca	FORMULA COMPLETA
Coquimbo a Colchagua inclusives	24	33	17	0	—	42	22,9	2,3	1,3	0,7	—	3,1
Linares, Maule, Ñuble y Concepción	43	49	28	2	9	58	15,7	5,5	3,5	0,4	2,0	7,2
Bío-Bío, Malleco y Cautín	15	27	40	13	10	67	18,1	3,3	6,4	1,2	1,6	8,6
Osorno y Llanquihue	18	17	72	32	25	89	11,4	1,4	9,9	2,5	2,4	10,7

N = 64 Kg. N. como salitre sódico.
P = 100 Kg. P_2O_5 como fosfato "Melón".
K = 100 Kg. K_2O como sulfato de potasio.
Ca = 900 Kg. CaO como carbonato de calcio.

Desde el punto de vista económico, más que el efecto relativo, importa el incremento absoluto producido por el fertilizante; dicho efecto es mucho más variable que el relativo, debido a la influencia de las limitantes de orden climático, edáfico y cultural. Desde este punto de vista, este grupo de 100 ensayos constituye una muestra aceptable, pues el 70% de los ensayos se efectuó fuera de las estaciones experimentales, en fundos privados, y sometidos a las limitantes comunes de las siembras de los agricultores respectivos. El nivel técnico de los agricultores en que se verificaron los ensayos es, claro está, superior, en general, al promedio de los agricultores chilenos.

En la segunda parte del Cuadro 1 se señalan los incrementos absolutos producidos por cada uno de los fertilizantes considerados en presencia de los otros y el incremento absoluto producido por la fórmula completa con respecto al testigo.

De los rendimientos de los testigos puede inferirse que el grupo de agricultores con los que se verificaron los ensayos en las tres primeras zonas (Coquimbo a Cautín), es de un nivel técnico superior al promedio en las zonas respectivas, puesto que dichos testigos son mayores que los rendimientos zonales. Sin embargo, los rendimientos obtenidos con abono completo distan bastante de los obtenidos por los mejores agricultores de esas zonas. En Osorno y Llanquihue, por el contrario, se trata de agricultores corrientes, aunque de nivel técnico aceptable, como es lo normal en la región.

Los incrementos obtenidos en este grupo de ensayos no son espectaculares, con excepción del caso del fósforo en Osorno y Llanquihue, zona en que la deficiencia de dicho elemento constituye un factor crítico sin el cual los rendimientos son muy bajos.

Lo interesante de estos resultados deriva de que ellos señalan que los grandes incrementos derivados del uso de fertilizantes sólo se obtienen cuando no existen otras limitantes de orden cultural o climático, que fijen un "techo" a los rendimientos máximos. Los rendimientos máximos obtenidos en este grupo de ensayos indican que dicho techo existió en la mayor parte de los casos; y esto es lo frecuente en Chile.

Es cierto que también se obtienen grandes incrementos cuando existe deficiencia muy pronunciada de un elemento fertilizante (caso de Osorno y Llanquihue), pero en estos casos, la adición de fertilizante constituye una necesidad sin la cual el agricultor no podría solventar los costos generales del cultivo. En cierto modo, en estos casos el fertilizante no ayuda a intensificar la agricultura, sino simplemente permite que ella exista.

En general, los resultados de ensayos de dosis de nitrógeno y fósforo efectuados en trigo con posterioridad al grupo de 100 ensayos resumidos en el Cuadro 1 indican que: — El efecto del nitrógeno, tiende a ser mayor que el señalado en ese grupo de ensayos, aun cuando se consideren los rendimientos máximos obtenidos en dichos en-

sayos. Esto es especialmente cierto para las zonas de Coquimbo a Colchagua y zona de la Frontera (Bío-Bío, Malleco y Cautín).

- El efecto del fósforo es mayor que el indicado en el Cuadro 3 cuando el fertilizante se localiza adecuadamente. El efecto de la localización es mayor en los suelos de trumao que en otros suelos, lo que significa que dicho efecto aumenta hacia el sur.
- Tanto el efecto del nitrógeno como el del fósforo aumentan notablemente cuando se superan las limitantes no nutricionales que determinan el techo máximo de productividad de un cultivo. A este respecto, debe tomarse en cuenta que los cultivos efectuados en algunas regiones del país están sometidos a limitantes de orden climático o edáfico, difíciles de contrarrestar económicamente: sequías primaverales, suelos erosionados y densos, etc.

Con el objeto de ilustrar las conclusiones anteriores, se señalan a continuación los resultados de varios grupos de ensayos en trigo, efectuados en diversas zonas del Llano Central.

a) *Zona Central* (Aconcagua a Talca). En el Cuadro 2 se indica el efecto de dosis crecientes de nitrógeno en un grupo de 61 ensayos efectuados en esta zona¹. Para

Cuadro 2 — Efecto absoluto producido en trigo por la adición de diversas dosis de nitrógeno en la zona regada del Llano Central, según resultados de 61 ensayos de campo.

RENDIMIENTO MÁXIMO OBTENIDO qq/ha	INCREMENTO MEDIO (qq/ha.) PRODUCIDO POR:		
	0 A 40 KG N/ha	40 A 70 KG. N/ha.	100 A 130 KG N/ha
10 a 20	0	3,0	5,3
20 a 30	1,5	3,8	8,7
+ de 30	4,2	6,5	12,9

confeccionar este cuadro se seleccionaron sólo aquellos ensayos o tratamientos en los que se había aplicado uniformemente fósforo en dosis normales o altas, de modo que, presumiblemente, no existían otras limitantes nutricionales, con excepción de la de nitrógeno. Se agruparon los resultados de acuerdo con los rendimientos máximos obtenidos, o techos de productividad, determinados, probablemente, por limitantes de orden no nutricional. Estos resultados indican claramente la "elasticidad" del efecto del nitrógeno y las grandes posibilidades

que existen de aumentar los rendimientos mediante la aplicación de este fertilizante, cuando se han superado las limitantes de orden climático o cultural.

La preponderancia de la deficiencia de nitrógeno sobre las demás en esta zona, está ilustrada también por los resultados de 23 ensayos efectuados por el Departamento de Edafología de la Universidad Católica en las provincias de Aconcagua, Santiago y O'Higgins, según se puede apreciar en el Cuadro 3. El incremento máximo promedio obtenido por la aplicación de nitrógeno fue de 19,1 qq/ha., oscilando los incrementos individuales entre 8,5 y 28,1 qq/ha.

El mayor incremento medio obtenido en este grupo de ensayos con respecto al grupo anterior, se explica por una mayor uniformidad de condiciones agronómicas adecuadas, lo que determinó un techo de productividad más elevado.

Los incrementos máximos se obtuvieron en 8 casos, con 98 Kg. de N/ha.; en 6 casos, con 122 Kg. de N/ha., y en 4 casos, con 144 Kg. de N/ha.

El efecto del fósforo, en los casos en que lo hubo, fue muy variable, traduciéndose en un incremento entre 7 y 32 qq/ha.

Cuadro 3 — Universidad Católica de Chile, Departamento de Edafología. Resumen del efecto de N, P, K y Mg en 23 ensayos en trigo efectuados en Aconcagua, Santiago y O'Higgins.

	ELEMENTO			
	N	P	K	Mg
Número de ensayos con el elemento	23	23	10	8
Número de casos con respuesta significativamente positiva	19	7	2	2
Número de casos con respuesta significativamente negativa	0	0	3	1

¹La mayor parte de estos ensayos fue realizada por el Departamento de Investigaciones Agrícolas.

b) *Provincia de Ñuble.* El Instituto de Investigaciones Agropecuarias ha efectuado una serie de ensayos de interacción N × P en diversas series de suelos de esta provincia. En el Cuadro 4 se resumen los resultados de estos ensayos, en cuanto al efecto del nitrógeno. Considerando que se trata de ensayos con techo de rendimiento elevado, los incrementos obtenidos son moderados en relación a las provincias centrales. Los testigos presentan también un rendimiento bastante regular, lo que es un índice de cierta

Cuadro 4 — Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Efecto de la aplicación de nitrógeno en trigo en diversas series de suelos de la provincia de Ñuble.

SERIE DE SUELOS	INCREMENTO MEDIO, qq/ha		Nº DE ENSAYOS	RENDIMIENTO FORMULA MAXIMA QQ/HA.
	CON 96 KG.	CON 192 KG.		
	N/HA.	N/HA.		
Arrayán	4,4	1,0	5	34,1
Mañil	11,6	17,0	5	42,8
Mirador	13,4	12,1	3	47,2
Bulnes	8,0	7,9	6	33,5

Fertilización uniforme: 240 Kg. P₂O₅/ha.

Cuadro 5 — Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Efectos de la aplicación de fósforo al trigo en diversas series de suelos de la provincia de Ñuble.

SERIE DE SUELOS	INCREMENTO MEDIO qq/ha		Nº DE ENSAYOS CON EFECTO POSITIVO	RENDIMIENTO FORMULA MAXIMA, QQ/HA.
	CON 120 KG. P ₂ O ₅ /HA.	CON 240 KG. P ₂ O ₅ /HA.		
	Arrayán	0,9		
Mañil	14,1	17,9	5	42,9
Mirador	7,6	11,5	3	47,2
Bulnes	3,4	1,0	6	32,5

Fertilización uniforme: 192 Kg. N/ha

disponibilidad de nitrógeno en estos suelos. En la mayoría de los casos los incrementos máximos se alcanzan con aplicaciones del orden de los 96 Kg. de nitrógeno por hectárea.

En el Cuadro 5 se indican los incrementos producidos por la aplicación de fósforo en estos mismos ensayos. Estos efectos son muy importantes en la serie Mañil, que es un trumao; regulares en la serie Mirador (arcilla roja), y muy modestos en las series Bulnes y Arrayán, no obstante que esta última es un trumao.

c) *Provincia de Cautín.* En el Cuadro 6 se presentan resultados de dos ensayos NPK efectuados en 1962/63 en la provincia de Cautín en los que el fósforo se aplicó localizado. En uno de ellos, correspondiente a un fundo con rotación a base de trigo y pradera de trébol, el efecto del nitrógeno es moderado. En el otro, efectuado en una comunidad indígena, el nitrógeno constituye la principal limitante. En estas comunidades predomina el monocultivo de trigo. Este tipo de explotación agrícola es muy frecuente en las provincias de Malleco y Cautín y ello indica una necesidad elevada de nitrógeno en esa vasta zona. En ambos ensayos, el techo de productividad es bastante elevado y es presumible, por lo tanto, que los fertilizantes estaban en condiciones de mostrar toda su potencialidad.

Cuadro 6 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Resultados de dos ensayos NPK en trigo, efectuados en trumao de la provincia de Cautín.

FERTILIZANTES, KG/HA.			RENDIMIENTO, qq/ha	
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	ESTACION EXPERIMENTAL SUR (ROTACION TRIGO-PRADERA DE TREBOL)	COMUNIDAD DOMINGO CANO MONOCULTIVO TRIGO)
128	200	100	41,8	37,8
128	200	0	43,9	38,5
128	0	100	25,2	19,4
0	200	100	36,7	18,0
0	0	0	14,7	13,9

En el Cuadro 7 se señalan los resultados de dos ensayos de dosis de nitrógeno y fósforo efectuados en la precordillera de Cautín, en los que el fósforo se aplicó localizado en el surco de siembra; el incremento máximo producido por la adición de nitrógeno y fósforo fue de 16 qq., correspondiendo al nitrógeno una buena parte de este incremento.

d) *Provincia de Osorno.* En la Figura 1 se muestran los resultados de un grupo de cinco ensayos efectuados en la hacienda Rupanco, provincia de Osorno. En este ensayo, el fósforo no se aplicó localizado. No obstante, los incrementos producidos por los fertilizantes fosfatados son bastante elevados y también lo es la productividad máxima obtenida.

Estos resultados comprueban que en las provincias del sur (Osorno-Llanquihue) no es posible obtener rendimientos satisfactorios sin aplicaciones de fósforo; en cambio, dosis adecuadas de fósforo producen incrementos del orden de los 20 qq/ha. El nitrógeno muestra un efecto bastante inferior al que produce en la zona de la Frontera.

Cuadro 7 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Ensayo de interacción N × P en trigo. Provincia de Cautín. Promedio de dos ensayos.

P ₂ O ₅ KG/HA	NITROGENO KG/HA			
	0	32	64	128
0	18,5	21,1	22,2	21,0
50	26,9	26,7	29,2	27,6
100	27,2	31,0	29,3	34,4
200	27,9	29,9	32,4	33,8

EFFECTOS DE LOS FERTILIZANTES EN EL MAÍZ.

El maíz es un cultivo que se verifica bajo condiciones intensivas y con regadío en la Zona Central de Chile. El efecto de los abonos en este cultivo puede ilustrar bastante bien respecto a la necesidad de fertilizantes en dichas zonas. En una serie de 10 ensayos efectuados por el Ministerio de Agricultura en la provincia de O'Higgins durante la temporada 1960/61 se obtuvieron los resultados que se indican en el Cuadro 8.

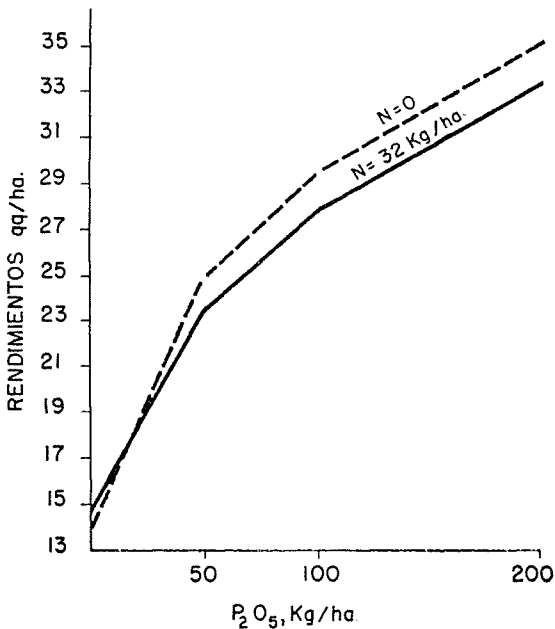


Figura 1 — Sociedad Agrícola Ñuble y Rupanco. Promedio de 5 ensayos N x P en trigo. Provincia de Osorno.

efecto de los fertilizantes, especialmente del nitrógeno en el maíz, puede aumentar notablemente cuando se intensifica el cultivo, vale decir, cuando se eliminan las limitantes no nutricionales que imponen un techo al rendimiento máximo. Una de las limitantes culturales más frecuentes en este cultivo es una densidad de siembra inapropiada. Una serie de ensayos efectuados por el Departamento de Investigaciones Agrícolas, indica que un buen aprovechamiento del abono nitrogenado sólo se logra con un número elevado de plantas por hectárea (Cuadro 10). Con densidades sobre 60.000 plantas por

El único fertilizante que produjo efectos importantes en estos ensayos fue el nitrógeno, no obstante haberse aplicado en dosis relativamente baja.

En una serie de 5 ensayos de interacción nitrógeno × fósforo efectuados por el Ministerio de Agricultura en la provincia de O'Higgins, durante la temporada 1961/62, se obtuvieron los resultados que se indican en el Cuadro 9.

Nuevamente se observa en este grupo de ensayos una primacía notable del efecto del nitrógeno sobre el fósforo en el cultivo del maíz. Es probable, sin embargo, que este cultivo tienda a ocupar los suelos más fértiles en esta zona.

Tal como en el caso del trigo, el

Cuadro 8 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Resultados de 10 ensayos de abonos en maíz. Provincia de O'Higgins.

FORMULA	RENDIMIENTOS MEDIOS 10 ENSAYOS qq/ha
Testigo	69,1
P	68,5
N	80,5
NP	82,9
NPK	81,6

N = 64 Kg N/ha (salitre sódico).
P = 100 Kg P₂O₅/ha (superfosfato triple).
K = 100 Kg K₂O/ha (sulfato de potasio).

hectárea los incrementos son muy notables.

El Departamento Técnico de la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo, efectuó en la temporada 1963/64 una serie de 9 ensayos de dosis de nitrógeno en la zona Aconcagua-Ñuble, todos con una densidad uniforme de siembra de 75.000 plantas por hectárea y aplicación de 80 Kg. de P_2O_5 por hectárea; los resultados se encuentran en el Cuadro 11. Puede apreciarse que los incrementos son muy superiores a los obtenidos en O'Higgins por el Departamento de Investigaciones Agrícolas (Cuadro 9), lo que debe atribuirse a la adecuada densidad de siembra.

Los resultados expuestos anteriormente sobre la fertilización del maíz en la Zona Central, han sido comprobados por un grupo de 17 ensayos efectuados en la provincia de Santiago por el Departamento de Edafología de la Universidad Católica. En todos estos ensayos hubo respuesta al abono nitrogenado; en 4 hubo respuesta positiva al fósforo y en otros 3 esta respuesta fue dudosa. El abono potásico no tuvo prácticamente efecto y, en algunos casos, éste fue negativo. La dosis que produjo mayor incremento en este grupo de ensayos fue, en la mayoría de los casos, 128 Kg. de N por hectárea. El aumento máximo medio inducido por los fertilizantes fue de 26,4 qq/ha, del que la mayor parte debe atribuirse al nitrógeno.

Cuadro 10 — Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Efectos de la aplicación de nitrógeno en maíz con diversas densidades de plantas. Resultados de 7 ensayos efectuados en las provincias de Santiago y O'Higgins.

KG. N/HA	NUMERO DE PLANTAS POR HECTAREA			
	30.000	45.000	60.000	75.000
	Incremento quintales por hectárea			
50	9,2	12,7	18,8	20,8
100	7,4	19,3	26,1	33,4
200	6,5	22,2	36,0	38,6

suelos llamados trumaos, originados por cenizas volcánicas. En general, estos suelos tienen condiciones físicas muy favorables, de modo que, fertilizados convenientemente, producen excelentes rendimientos. Como se ha expresado en un párrafo anterior, el cultivo de la remolacha es una prueba de ello. Sin embargo, los trumaos deben ser abonados con dosis muy elevadas de fósforo (600 a 800 Kg. de P_2O_5 por hectárea) para obtener óptimos rendimientos. Más aún, en algunos cultivos sucede frecuentemente que si no se aplica fósforo el rendimiento es nulo. La remolacha es uno de estos cultivos. En general, y en cualquier cultivo, deben aplicarse ciertas dosis de fósforo para que los rendimientos compensen los gastos generales de él. Sólo las dosis superiores a este mínimo producen una verdadera utilidad al agricultor. Todos estos hechos configuran el problema que se conoce como "fijación del fósforo en los trumaos".

Al instaurarse el cultivo de la remolacha por la Corporación de Fomento de la Pro-

Cuadro 9 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Incrementos producidos por aplicación de nitrógeno y fósforo al maíz en la provincia de O'Higgins.

FUNDOS	INCREMENTOS PRODUCIDOS POR 192 KG N/ha qq/ha	INCREMENTOS PRODUCIDOS POR 150 KG P_2O_5 /ha qq/ha
1	11,9	3,5
2	10,0	1,8
3	7,9	12,4
4	16,1	4,6
5	19,4	0,9
Incrementos promedio	13,1	4,5
Fertilización uniforme:	500 Kg P_2O_5 /ha.	192 Kg N/ha.

FERTILIZACIÓN DE

LA REMOLACHA AZUCARERA.

La remolacha se cultiva desde Curicó hasta Llanquihue, en el Llano Central. En esta zona predominan los

Cuadro 11 — Departamento Técnico de la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo. Resultados promedios de nueve ensayos de dosis de nitrógeno en maíz efectuados en la zona Aconcagua-Ñuble.

KG. NITROGENO POR HECTAREA	RENDIMIENTO GRANOS qq/ha	INCREMENTO GRANOS qq/ha
0	67,4	—
60	83,2	15,8
120	100,2	32,9
240	119,4	51,8

Densidad uniforme de siembra: 75.000 plantas por hectárea. Fertilización uniforme: 80 kilos P_2O_5 /ha.

ducción (CORFO) se pensó que él iba a necesitar de fuertes encalados y aplicaciones de abonos potásicos, como sucede en Europa. Sin embargo, la experimentación, desarrollada al principio por CORFO y posteriormente por la Industria Azucarera Nacional, S. A. (IANSA), demostró que ello no era efectivo en los suelos remolacheros chilenos; en cambio, se demostró desde el principio, que la carencia de fósforo constituía un factor crítico. Estos resultados reforzaron las conclusiones obtenidas en trigo por el Ministerio de Agricultura.

En el Cuadro 12 se indican los resultados de 14 ensayos en remolacha, efectuados por CORFO desde Linares a Llanquihue en 1955 y 1956.

Estos resultados prueban la importancia del fósforo en esta zona, no obstante que la dosis de P_2O_5 fue muy inferior a la que la experimentación posterior ha demostrado como óptima. La respuesta a la aplicación de nitrógeno es más bien baja, pero la dosis usada fue también baja según lo señala la experimentación posterior.

La Figura 2 muestra los promedios de 30 ensayos efectuados por IANSA en las zonas correspondientes a las tres plantas de elaboración de azúcar: Linares, Bío Bío y Llanquihue. Los resultados están expresados en porcentajes del rendimiento obtenido con 600 Kg. de P_2O_5 /ha. Evidentemente, ésta no es todavía la dosis óptima en Bío-Bío y Llanquihue. Se aprecia que a medida que aumenta el número de suelos de trumao, es decir, hacia el sur, se necesita una mayor dosis de fósforo para alcanzar los rendimientos máximos; además, el rendimiento de los testigos sin fósforo es cada vez menor. Estas son dos de las principales características agronómicas del problema de la fijación del fósforo en los trumaos. Ahora bien, en estos ensayos se aplicaron 50 Kg. de P_2O_5 /ha. en el surco de siembra y el resto al voleo enterrado con rastra. Sin embargo, el efecto de la aplicación total en forma localizada es muy importante en los trumaos y ello permite disminuir apreciablemente las dosis del fertilizante fosfórico, sin disminuir los rendimientos. La figura 3 muestra los resultados de un grupo de ensayos de localización del abono fosfatado efectuados por IANSA en la temporada 1962/63.

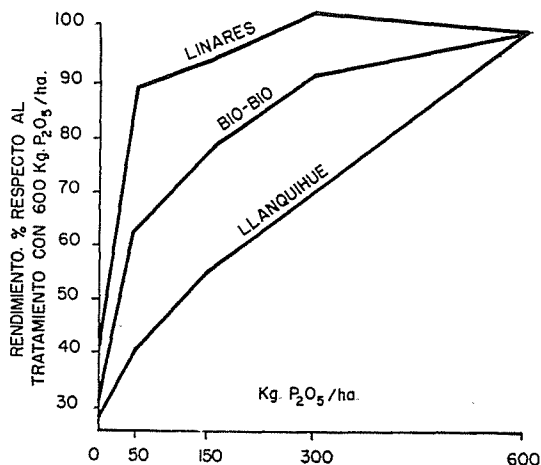


Figura 2 — Industria Azucarera Nacional. Efecto del fósforo en remolacha en diversas zonas.

rendimientos de los testigos son muy bajos y el efecto de la localización del abono es notable; esta práctica permite alcanzar los rendimientos máximos con dosis relativamente normales de fósforo.

Un factor importante de considerar con respecto a las dosis de aplicación de fertilizantes fosfatados, es su efecto residual. Se ha comprobado que el efecto residual de las altas dosis de fósforo aplicadas a la remolacha en los trumaos, es poco notorio en el cultivo de trigo que sigue a la remolacha en la rotación. En cambio, las dosis mucho menores aplicadas al trigo tienen bastante efecto sobre el trébol que sigue al trigo (ensayos de IANSA, 1960 a 1963). Probablemente esto se debe a que el fósforo localizado, puesto a la remolacha, es diluido con las labores de preparación de suelo

Cuadro 12 — Corporación de Fomento de la Producción. Resultados de 14 ensayos de abonos en remolacha (Linares a Llanquihue).

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTOS PROMEDIOS TON/HA (RAICES)
NPKCa	51,0
NPCa	50,7
NKCa	28,5
PKCa	46,9
NPK	48,8
Testigo	24,7

N = 80 Kg. N/ha K = 75 Kg. K_2O /ha
P = 120 Kg. P_2O_5 /ha Ca = 2 Ton. carbonato de calcio/ha

para el trigo; si esta explicación es efectiva, ello abre la posibilidad de aumentar el efecto residual en los trumaos mediante una granulación más efectiva de algunos tipos de fertilizantes fosfatados.

La experimentación efectuada en los últimos años por IANSA indica que las posibilidades del uso de abonos nitrogenados son grandes en el sur de Chile, no obstante el elevado porcentaje de materia orgánica que tienen los trumaos (sobre 10%). En los ensayos efectuados en la temporada 1962/63 los rendimientos de las fórmulas sin nitrógeno fueron, en promedio, de un 71% en Linares, 64% en Bio-Bío y 81% en Llanquihue, con respecto a la fórmula que recibió 200 Kg. de nitrógeno por hectárea. Sin embargo, en Linares y Bio-Bío se estuvo lejos de alcanzar el rendimiento máximo con dicha aplicación. La tendencia de los incrementos obtenidos es casi rectilínea para la mayoría de los ensayos y sugiere que los rendimientos alcanzarían un techo de producción de 100 Ton/ha., si se aplica la debida cantidad de nitrógeno y en ausencia de otros limitantes críticos. Al descontar el factor climático, estos limitantes críticos se reducen frecuentemente a dos: fertilización fosfatada y número de plantas por hectárea y ellos están ya superados por los trabajos de investigación de IANSA, lo que quiere decir que las posibilidades de aumentar los rendimientos mediante dosis masivas de nitrógeno son muy amplias en el cultivo de la remolacha. Ello sugiere también que dicha posibilidad se puede generalizar a otros cultivos en el sur del país, cuando ellos hayan alcanzado el nivel tecnológico que tiene actualmente el cultivo de remolacha en esa zona.

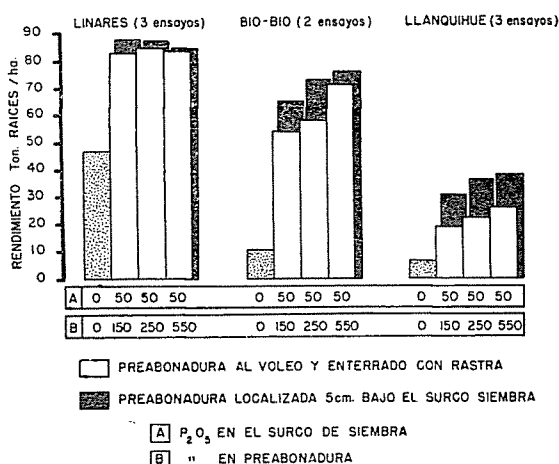


Figura 3 — Industria Azucarera Nacional. Efecto de la localización del abono fosfatado en remolacha. Temporada 1962-63.

FERTILIZACIÓN DE LA PAPA Y DEL RAPS (COLZA).

Se han efectuado algunos ensayos de fertilizantes en estos cultivos, limitados, generalmente, al área de las estaciones y fundos experimentales del sur del país. Sus resultados comprueban el gran efecto de los abonos fosfatados y del nitrógeno; este último especialmente en el caso del raps. Ambos cultivos han respondido también en forma moderada al potasio, aunque esto no es seguro en el caso del raps, pues dicho elemento se aplicó en forma de sulfato de potasio. Como ha habido cierto número de casos de respuesta al azufre en el sur de Chile, incluso en raps, no se puede saber hasta qué punto el efecto observado debe atribuirse al potasio o al azufre.

Las respuestas de la papa al encalado han sido francamente negativas.

FERTILIZACIÓN DEL ARROZ.

Este cultivo tiene la particularidad de utilizar suelos en que, generalmente, no se hacen otros cultivos intensivos (series Bulnes y Quella). El efecto medio de la aplicación de 60 Kg. de N por hectárea en presencia de fósforo, fue de sólo 3,7 qq/ha. en una serie de 12 ensayos efectuados por el Departamento de Investigaciones Agrícolas en las temporadas 1955/56 y 1956/57. Sin embargo, los efectos individuales fueron muy variables, oscilando entre valores negativos y 17 qq/ha. Parecen existir varias limitaciones que deben ser superadas para obtener un buen efecto del uso del nitrógeno en el arroz, una de las cuales es la frecuencia de temperaturas bajas, especialmente en la zona más austral de este cultivo; el retardo de la madurez provocado por este factor climático es reforzado por la adición de nitrógeno, con la consiguiente disminución de los rendimientos.

El efecto del abono fosfatado fue muy escaso en esta serie de ensayos. Esto refuerza los resultados obtenidos en trigo en estas mismas series de suelo.

FERTILIZACIÓN DE PRADERAS

En la primera parte de este artículo¹ se indicó que el nivel relativo de productividad de las praderas chilenas está muy por debajo del correspondiente a los cultivos anuales. También se ha señalado que la fertilización de mantención de las praderas, es una práctica excepcional. Ambos hechos están, por supuesto, muy relacionados: una pradera de baja productividad no responde a una fertilización elevada, ya sea porque está dominada por especies rústicas, ya porque el sistema radicular de las especies mejoradas es suficiente para subvenir las necesidades de una producción limitada. Una serie de ensayos efectuados en las haciendas Vilcún (Cautín) y Rupanco (Osorno), tiende a comprobar dicho aserto: hubo respuesta a la fertilización de mantención cuando los ensayos se aislaron, mejorándose el manejo con respecto al resto del potrero; no hubo respuesta cuando los ensayos se tuvieron en las condiciones corrientes del potrero, o cuando los ensayos aislados se manejaron en forma deficiente. La respuesta de las praderas a la fertilización de mantención en ensayos aislados de las condiciones corrientes del potrero, especialmente para fósforo y nitrógeno, resulta evidente en algunos ensayos efectuados por el Departamento de Investigaciones Agrícolas, Oficina de Estudios Especiales y Departamento Técnico de la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo. Por cierto que los resultados son muy variables, según la composición y estado de la pradera.

En el Cuadro 13 se presentan algunos resultados de la aplicación de nitrógeno y fósforo a praderas mixtas en las provincias australes. Llama la atención el hecho que el efecto del nitrógeno resultó claramente superior al del fósforo. Este fenómeno ha sido observado también en ensayos efectuados en la hacienda Rupanco (Osorno); también se han observado efectos del nitrógeno en praderas de leguminosas solas (Estación Experimental Carillanca).

El efecto relativamente bajo del fósforo aplicado en cobertera a las praderas, podría estar determinado por las siguientes circunstancias:

- Efecto residual del abono fosfatado aplicado en el establecimiento de la pradera. Como este abono se aplica generalmente localizado, su efecto es de cierta duración, aun en suelos de alta capacidad de fijación como son los trumaos.
- Alta capacidad de las leguminosas de asimilar el fósforo poco soluble del suelo. Esta capacidad se ha atribuido al sistema radicular muy desarrollado de la leguminosa adulta.

Sin embargo, a veces el efecto del fósforo aplicado en cobertera resulta bastante notable, como lo señala el Cuadro 14 que indica los resultados de un ensayo efectuado por el Departamento de Investigaciones Agrícolas en la zona de Linares. Posiblemente este efecto dependa, entre otras cosas, de la cantidad de fósforo aplicado en el establecimiento y de la edad de la pradera.

Los resultados de este ensayo indicarían también que el efecto residual de la aplicación de fertilizantes fosfatados en cobertera, es de poca duración.

Si el uso de abonos en praderas establecidas puede tener un efecto muy variable por las razones que se señalan anteriormente, la aplicación de fertilizantes para el establecimiento de los pastos es una práctica cuya utilidad es evidente, tanto para asegurar un buen establecimiento como para obtener altos rendimientos de forraje en los primeros años de vida de la pradera. Todos los agricultores progresistas hacen fertilización de establecimiento, ya sea en forma directa al establecer una pradera sola, ya en forma indirecta al abonar el cereal que se asocia generalmente a la siembra de la pradera. Como por lo general el aprovechamiento del primer año de pradera es

Cuadro 13 — Departamento Técnico de la Corporación de Ventas de Salitre y Yodo. Efecto de la aplicación de nitrógeno y fósforo a praderas establecidas de trébol y gramíneas en las provincias de Osorno y Valdivia. Temporada 1963-64. Promedios de 7 ensayos.

NITRÓGENO KG/HA	P ₂ O ₅ KG/HA	RENDIMIENTO EN PASTO VERDE TON/HA
0	0	33,9
0	180	40,8
120	0	49,5
120	180	53,1

¹Agricultura Técnica - Volumen 25. Nº 2.

bastante intensivo, es evidente que una dosis fuerte de fertilizante en el establecimiento se justifica ampliamente.

En el Cuadro 15 se indican los rendimientos relativos del trigo y del pasto de primero y segundo año, en un ensayo de aplicación de fósforo y cal en el establecimiento de una pradera de trébol sembrada en asociación con trigo, efectuado en suelo de trumao en la provincia de Bío Bío. Puede observarse que el efecto residual del fósforo baja mucho en el segundo año. Esto podría atribuirse al poder de fijación fosfórica de los trumaos, ya que hubo un efecto de la aplicación de fósforo en cobertera en el segundo año, pero el hecho de que este efecto fue relativamente bajo indica que hay otros factores que reducen el efecto residual a medida que la pradera envejece. Estos factores son, probablemente, el menor rendimiento de la pradera antigua (techo de productividad determinado por el manejo) y la mayor capacidad de las leguminosas adultas para utilizar el fósforo del suelo.

El efecto inmediato del encalado en el trigo, y residual sobre el trébol, fue bastante bajo en este ensayo; parece que esto es lo corriente en los trumaos, con la posible excepción de algunos suelos de la provincia de Llanquihue. El efecto del encalado sobre las praderas de leguminosas es bastante más notorio en las arcillas rojas y en los suelos graníticos de la costa. También cuando se trata de establecer alfalfa en suelos de trumao, el encalado adquiere una mayor significación, como lo señala un resultado obtenido en la provincia de Cautín por la Oficina de Estudios Especiales (Cuadro 16).

Cuadro 15 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Efecto comparativo de la aplicación de cal y fósforo en diversas dosis al trigo y efecto residual de estas aplicaciones en el trébol. Los Angeles.

		RENDIMIENTOS EN PORCIENTOS DE CA, P, Y O		
FERTILIZANTE		TRIGO	TRÉBOL 1.º AÑO	TRÉBOL 2.º AÑO
Sin cal	En presencia	100	100	100
CaO 2.000 Kg/ha	de	89	98	93
CaO 4.000 Kg/ha	fósforo	93	111	98
Sin fósforo	En presencia	100	100	100
P ₂ O ₅ 150 Kg/ha	de	164	165	112
P ₂ O ₅ 300 Kg/ha	cal	200	205	119

muestran un efecto favorable del potasio en la composición de la pradera, mas no en el rendimiento. En estos mismos suelos la cal tuvo un efecto bastante favorable en el rendimiento de la pradera mixta.

FERTILIZACIÓN DE ARBOLEDAS FRUTALES Y VIÑAS.

Una encuesta efectuada por la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) indica que después de los cultivos industriales y las hortalizas mayores, son las arboledas y viñas los cultivos chilenos que más reciben fertilizantes. La frecuencia con que

Cuadro 14 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Efecto inmediato y residual de la aplicación de abonos en cobertera a una pradera mixta. Linares.

RENDIMIENTO EN 1959 TON/HA FORRAJE VERDE			
TRATAMIENTOS	ABONOS APLICADOS EN 1957	ABONOS APLICADOS EN 1958	ABONOS APLICADOS EN 1959
NPKCa	24,0	30,6	41,3
NPK	26,1	25,4	40,1
NPCa	24,5	26,4	38,8
NKCa	22,6	26,3	27,1
PKCa	23,0	26,0	28,9
Testigo	24,0	24,6	26,7

N = 64 Kg. N/ha.
P = 100 Kg. P₂O₅/ha.
K = 100 Kg. K₂O/ha.
Ca = 2.000 Kg/ha carbonato de calcio.

Para el establecimiento de praderas mixtas en las provincias del sur, el fósforo es el elemento crítico. El nitrógeno y el potasio son de importancia secundaria. Esto es lo que se infiere de un grupo de 5 ensayos de establecimiento de praderas mixtas, efectuados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en diversas series de suelos de la provincia de Osorno (Cuadro 17). Otros ensayos efectuados por la Oficina de Estudios Especiales en la provincia de Llanquihue (serie Trumao Puerto Octay)

Cuadro 16 — Oficina de Estudios Especiales. Efecto del encalado aplicado en el establecimiento de la alfalfa. Provincia de Cautín.

CARBONATO DE CALCIO APLICADO EN EL ESTABLECIMIENTO (1960) KG/HA.	PRODUCCION EN VERDE TON/HA.	
	1960-1961	1961-1962
0	15,2	26,9
6.400	17,8	41,4
25.600	20,2	53,6

se usan los fertilizantes es: 1) nitrógeno; 2) potasa, y 3) fósforo. La supremacía del potasio sobre el fósforo es única en Chile y obedece, posiblemente, más a influencias de carácter comercial que a necesidades efectivas. En efecto, la experimentación de fertilizantes en esta clase de cultivos perennes es difícil y su desarrollo ha sido muy exiguo en nuestro país, hasta el punto de que no se dispone, para los efectos del presente artículo, de un grupo importante y coherente de experimentos que acusen en forma clara las necesidades de estos cultivos.

En general, se considera que los frutales, como cualquier otro cultivo, necesitan abonos nitrogenados, y la observación de los fruticultores y viticultores chilenos parece comprobar dicha necesidad, pero sólo hasta cierto límite, pues las dosis usadas son más bien moderadas. No se ve motivo para que estas dosis no se eleven, a menos que existan limitantes de orden sanitario o de manejo que impidan un aprovechamiento eficiente del nitrógeno.

Si bien es cierto que los frutales y la vid, por su gran arraigamiento, son rústicos en cuanto a su aprovisionamiento de fósforo, parece difícil comprender que no exista cierta respuesta a la aplicación de este fertilizante en suelos realmente pobres en materia orgánica y fósforo aprovechable, como son algunos de los del valle del Maipo. Es posible que en este caso, la limitante esté constituida por la escasez de raíces en la zona de penetración del abono, escasez producida por los cultivos superficiales. Si ello se comprobara, una localización adecuada del fertilizante produciría buenos resultados.

NECESIDAD DE ELEMENTOS SECUNDARIOS Y MENORES.

En los párrafos anteriores se ha revisado la respuesta a los elementos principales: nitrógeno, fósforo y potasio, de los principales cultivos de la agricultura chilena. Se ha efectuado también una experimentación más limitada sobre efecto de algunos elementos secundarios y menores. Los resultados de esta experimentación pueden resumirse en los siguientes puntos:

- La respuesta al azufre es de cierta frecuencia en los suelos graníticos de la costa, en los trumaos de Bío-Bío y Llanquihue, y en las arenas del Laja.
- Es posible observar efecto de boro en remolacha en suelos de trumao. Las zonas más afectadas parecen ser las provincias de Linares y Llanquihue. En Linares, la deficiencia ha sido comprobada experimentalmente.
- En las provincias centrales es posible observar, con cierta frecuencia, síntomas de deficiencia de hierro. Esta deficiencia ha sido comprobada en experimentación de macetas, en suelos afectados por deficiencia de cobre de la provincia de O'Higgins.
- Otras deficiencias se han observado en forma esporádica, pero sin una comprobación experimental adecuada.

En esta oportunidad no se pretenderá evaluar las necesidades de elementos secundarios y menores ya que, por el momento, ellas aparecen como de importancia limitada. Además, las experiencias y observaciones no son suficientes todavía para fijar las zonas de incidencia y la verdadera importancia de estas deficiencias. Cabe hacer notar aquí que, habiéndose reconocido que existe deficiencia de azufre en algunos suelos del sur de Chile, es posible que muchos de los casos experimentales de deficiencia de potasio, no lo sean tales sino de azufre, ya que el potasio se aplicó en ellos en forma de sulfato de potasio.

Cuadro 17 — Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Fertilización de establecimiento en praderas mixtas. Promedios de 6 ensayos en la provincia de Osorno.

N	FERTILIZANTES, KG/HA.		RENDIMIENTO, PRIMER AÑO TONELADAS DE MATERIA SECA POR HECTAREA
	P ₂ O ₅	K ₂ O	
64	0	100	6,8
0	200	100	11,1
64	200	0	10,8
64	200	100	12,1

EFFECTO DE LA CAL EN ALGUNOS SUELOS ESPECIALES.

Anteriormente se ha mostrado que el encalado no es una necesidad crítica en la mayor parte de los suelos de trumao, que constituyen la mayor parte de los suelos agrícolas de las provincias situadas entre Linares y Llanquihue. Las causas de este hecho no serán discutidas en detalle en este artículo, cuyo principal objeto es presentar hechos experimentales que permitan deducir la necesidad potencial de fertilizantes. Sin embargo, no está de más señalar que estos suelos tienen un pH moderadamente ácido (5,5 a 6,0), y un alto contenido de materia orgánica, factores que probablemente tienen que ver con la conducta de estos suelos ante el encalado. No es probable esperar tampoco una respuesta importante en los suelos del Llano Central al norte de Linares, cuyo pH se acerca a la neutralidad.

Hay, sin embargo, algunos suelos chilenos en los que es posible obtener una mayor respuesta al encalado. Los mismos trumaos cuando están recién incorporados al cultivo, o cuando por razones de drenaje deficiente tienen una materia orgánica de relación C/N elevada, responden favorablemente a las aplicaciones de cal. Estos suelos son también más ácidos que el resto de los trumaos, siendo frecuente los pH comprendidos entre 4,3 y 4,6.

Cuadro 18 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Efecto del encalado en trigo en un suelo rojo arcilloso (Collipulli) y uno granítico (Cauquenes). 1941-1947.

LOCALIDAD	PROMEDIO DE CaO APLICADO KG/HA.	INCREMENTO MEDIO PRODUCIDO POR EL ENCALADO EN EL RENDIMIENTO DEL TRIGO (EN PRESENCIA DE NPK) QQ/HA	RENDIMIENTO DE LA FORMULA NPK	Nº DE AÑOS DE ENSAYOS
Collipulli (rojo arcilloso)	492	1,4	11,2	5
Cauquenes (granítico)	593	4,4	16,7	6

cillosos y graníticos que en los trumaos, y cómo esta diferencia se acentúa notablemente al manifestarse en forma residual en la pradera que sigue al trigo.

Por otra parte, tanto en los suelos rojos arcillosos como en los graníticos se observa una respuesta cada vez menor al encalado en el trigo, a medida que se aumentan las aplicaciones de fósforo (Cuadro 20). Lo mismo se ha visto en algunos ensayos en remolacha verificados sobre ñadis. Sin embargo, no hay datos experimentales que prueben que esto suceda también en praderas de leguminosas.

RESPUESTA A LOS FERTILIZANTES EN SUELOS SITUADOS FUERA DEL LLANO CENTRAL.

Los datos sobre respuesta a los fertilizantes que se han presentado anteriormente se refieren a los suelos más representativos del Llano Central, desde Santiago a Puerto

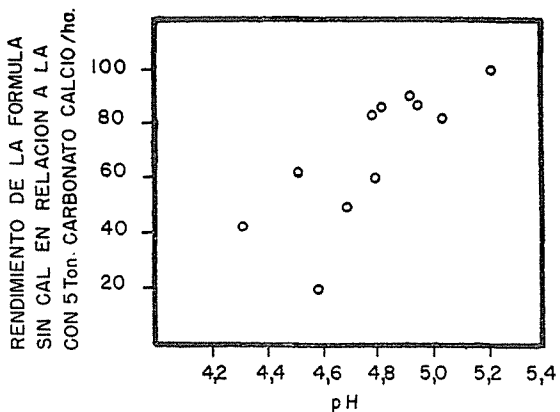


Figura 4 — Industria Azucarera Nacional. Relación entre el incremento de rendimiento de remolacha producido por la adición de 5 toneladas de carbonato de calcio por hectárea, y el pH en suelos de la Isla de Chiloé.

La Figura 4 ilustra este hecho para 11 ensayos efectuados sobre remolacha en la isla de Chiloé. Estos suelos son frecuentes también en las provincias de Valdivia y Llanquihue. Muchos de los trumaos llamados ñadis y otros tipos de trumaos húmedos, responden posiblemente en esta forma al encalado.

Otros suelos que responden al encalado son los rojos arcillosos (Series Collipulli, Mirador, Fresia), bastante frecuentes al sur de Linares, y los suelos graníticos de la costa. El Cuadro 18 ilustra esta respuesta para el cultivo del trigo.

En el Cuadro 19 se puede observar nuevamente que el efecto del encalado es mayor en los suelos rojos ar-

Montt, y a los del valle del Aconcagua. La experimentación en todos estos suelos ha sido relativamente escasa, pues la mayor parte de ellos tienen limitaciones que reducen su importancia agrícola.

Suelos del desierto. La mayor parte de los suelos agrícolas del desierto tiene limitaciones importantes por salinidad y/o alcalinidad del suelo, salinidad del agua y texturas arenosas. A estos últimos corresponde una gran parte de los suelos en proceso de ser entregados a la agricultura, como por ejemplo los de La Chimba, en Antofagasta. La necesidad de nitrógeno en este tipo de suelos es obvia. Ella, por lo demás, ha sido demostrada en ensayos de terreno y de maceta efectuados en suelos de La Chimba. Estos suelos han mostrado también una necesidad crítica de fósforo. En cambio, y a pesar de la textura arenosa, en los ensayos en maceta no se notaron otras deficiencias; es posible, sin embargo, que ellas aparezcan a medida que los riegos lixivien los restos de salinidad que quedan después de la habilitación de estos suelos.

Cuadro 19 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Efecto del encalado en el trigo y efecto residual del encalado en la pradera que sigue al trigo (según 4 ensayos en diversos tipos de suelo).

LOCALIDAD	TIPO DE SUELO	RENDIMIENTO RELATIVO DE LA FORMULA SIN CAL (CON CAL = 100)	
		TRIGO %	PASTO %
Collipulli	Rojo arcilloso	77	25
Cauquenes	Granítico	89	76
Victoria	Trumao	87	92
Osorno	Trumao	106	95

Cal aplicada: 900 Kg. cal apagada por hectárea.
 Fertilización uniforme, Kg/ha.: N = 72; P₂O₅ = 54; K₂O = 75.
 Pradera: Collipulli, trébol encarnado; Victoria, trébol rosado; Cauquenes y Osorno, pradera natural.

tipos de suelos relacionados con diversas edades de las terrazas aluviales; tal vez el carácter más común a todos ellos lo constituye el ser suelos neutros o básicos. Son frecuentes las texturas pesadas en las terrazas antiguas, lo que induce la formación de manchas salinas; este fenómeno es favorecido, además, en algunos casos, por la presencia de aguas salinas. Los cultivos de las partes superiores de los valles son afectados, en muchas ocasiones, por falta de agua, ya sea debido a la presencia de las limitantes aludidas en el párrafo anterior, ya por condiciones favorables del suelo, o por la frecuente inclusión de alfalfa en la rotación; los abonos han mostrado en esta zona, en general, un efecto inferior al que muestran en la Zona Central.

En el Cuadro 21 se indica el efecto de N, P y K en cebada en las terrazas altas del valle del Huasco. Hay un moderado efecto de fósforo y potasio y algo más de nitrógeno. En otra serie de 10 ensayos el efecto medio de la aplicación de 32 kilos de N por hectárea fue de 3,8 qq/ha de cebada para un rendimiento máximo medio de 31,2 qq/ha. Este incremento es del mismo orden que el obtenido para trigo en la Zona Central (Cuadro 2).

Sin embargo, en estos mismos suelos no se pudo obtener incremento con adiciones de nitrógeno sobre 40 Kg/ha e, incluso, el rendimiento tendía a disminuir.

El Departamento de Investigaciones Agrícolas efectuó, en la temporada 1960/61, una serie de ensayos en papas en la provincia de Coquimbo, especialmente en los alrededores de La Serena. Los resultados de estos ensayos (Cuadro 22 y Figura 5) son similares, en general, a los obtenidos en cebada en el valle del Huasco, es decir, hay un efecto moderado de los tres elementos principales. Cabe hacer notar que en la serie de ensayos correspondiente a la Figura 5, también hubo casos individuales de efecto negativo de dosis elevadas de nitrógeno.

Suelos de Chiloé. Una serie de ensayos exploratorios en remolacha efectuados por

Suelos de los valles transversales de las provincias de Atacama y Coquimbo. En esta zona se presentan diversos

Cuadro 20 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Interacción P x Ca en trigo, promedios de 3 años. Rendimientos relativos.

Kg/ha		RENDIMIENTOS		
CaO	P ₂ O ₅	COLLIPULLI (ROJO ARCILLOSO)	CAUQUENES (GRANITICO)	LOS ANGELES (TRUMAO)
0	0	100	100	100
4.000	0	142	138	98
0	300	222	155	162
4.000	300	232	166	150

IANSA en la temporada 1963/64 señala que, en general, se pueden distinguir 2 tipos de suelos en Chiloé, en cuanto a su respuesta a los fertilizantes:

Cuadro 21 — Sociedad Agrícola Ñuble y Rupanco. Ensayo NPK en cebada, terrazas del río Huasco.

TRATAMIENTO	INCREMENTO PORCENTUAL EN RELACION AL TESTIGO SIN ABONO. PROMEDIO DE TRES ENSAYOS %
N ₂ PK	20,4
NPK	12,8
NP	11,7
NK	11,2
PK	11,8

N = 32 Kg. N/ha.
N₂ = 64 Kg. N/ha.

P = 110 Kg. P₂O₅/Ha.
K = 50 Kg. K₂O/Ha.

pografía plana y con dificultades en el drenaje. Estos suelos tienen un pH inferior a 4,8. Presentan una gran respuesta al encalado (Figura 4) y, no obstante su alto nivel orgánico, requieren dosis muy elevadas de abono nitrogenados. Su respuesta al fósforo es la corriente en los suelos de trumao. Además parecen necesitar del aporte de un conjunto de elementos secundarios y menores, especialmente boro. Tienen limitaciones graves, probablemente derivadas de un drenaje deficiente, que fijan un techo bajo de productividad.

Suelos de Magallanes. En Magallanes dominan los suelos de texturas arenosas, neutros o ligeramente ácidos. El clima es apropiado para praderas, pues las precipitaciones, sin ser muy elevadas, se reparten uniformemente a través de todo el año.

Siempre que se cuente con especies mejoradas, el uso de fertilizantes puede resultar económico. Esto es lo que se infiere de una serie de experimentos efectuados por el Departamento de Investigaciones Agrícola (Cuadro 23).

Cuadro 22 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Resultados medios de 10 ensayos de abonos en papas efectuados en la provincia de Coquimbo.

TRATAMIENTOS KG/HA.			RENDIMIENTOS QQ/HA.
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
100	100	100	211
100	100	—	199
100	—	100	188
—	100	100	190
—	—	—	171

- a) Suelos de antigua habilitación agrícola, generalmente en lomajes y sin limitaciones en el drenaje. Están situados, principalmente, en las islas Quinchao y Lemuy y en la faja costera oriental de la isla, cercana a la ciudad de Castro. Estos suelos se parecen a los trumacos agrícolas continentales en su respuesta a los fertilizantes. Necesitan abonos fosfatos en dosis elevadas y responden normalmente a las aplicaciones de nitrógeno. Su respuesta al encalado es moderada.
- b) Suelos de reciente incorporación a la agricultura, generalmente de to-

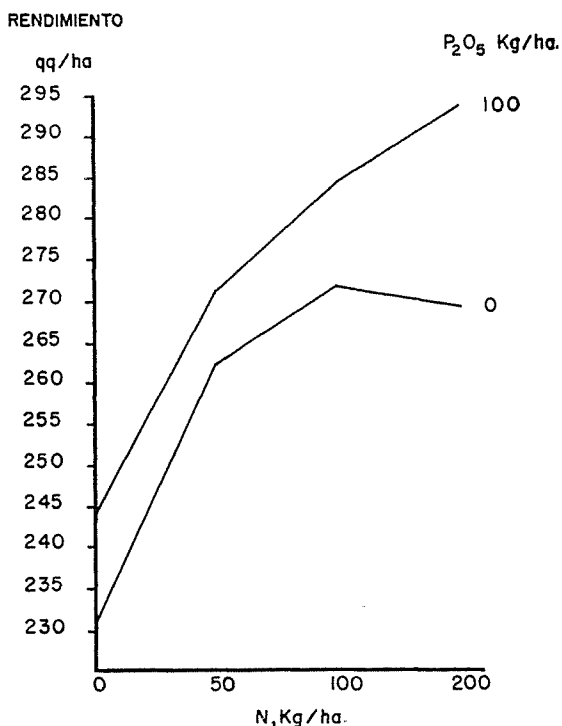


Figura 5 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Promedio de 5 ensayos N x P en papas. Provincia de Coquimbo, 1960-61.

El principal limitante parece ser, en muchos casos, el nitrógeno. Este nutriente fue el que tuvo principal efecto en Estancia Pecket, en pradera mixta a base de trébol blanco de Nueva Zelanda; en cambio en Río Tranquilo, al parecer, las leguminosas cumplieron su función de aportar nitrógeno al suelo y el efecto de los fertilizantes fue moderado y limitado al potasio.

Suelos de la costa. Los suelos de la Cordillera de la Costa comprenden

varios tipos, entre los cuales se destacan por su extensión los derivados de granodiorita, los de micaesquistos y las terrazas marinas. Entre estas últimas las hay de texturas arenosas y arcillosas. Los suelos de lomajes, que corresponden especialmente a los dos primeros grupos, están muy erosionados en la zona comprendida entre Aconcagua y Cautín y esta circunstancia determina, sin duda, un cuadro de baja fertilidad, tanto desde el punto de vista físico como del nutricional.

Otra circunstancia que es necesario tomar en cuenta respecto a la posible respuesta de estos suelos a los fertilizantes y al uso económico de ellos, es la disponibilidad de agua. La mayor parte de la agricultura de esta zona es de secano y su productividad depende de las precipitaciones invernales, las que son escasas desde el norte hasta la provincia de Cautín. Dentro de la zona de la Cordillera de la Costa, las localidades de la vertiente occidental están favorecidas con respecto a la vertiente oriental, o secano interior, por precipitaciones más abundantes y por una evapotranspiración más baja.

Si a las circunstancias enumeradas se agrega una gran diversidad de los suelos en cuanto a su capacidad de retención de humedad (se considera que las terrazas marinas son las mejores en este aspecto) se aceptará que las respuestas a los fertilizantes, y sus posibilidades económicas, deben ser muy variables en estos suelos. Pero una circunstancia común a casi todas ellas es la existencia de limitantes permanentes, ya sean climáticas o edáficas, que determinan un techo de productividad bajo, por lo menos en la zona Coquimbo-Cautín. Más al sur de Cautín, los datos experimentales sobre fertilización son muy escasos. Sin embargo, es posible suponer que en dicha zona, los efectos absolutos del uso de fertilizantes y de la cal deben ser mayores, pues allí la humedad es generalmente suficiente, la erosión no es tan grave todavía y los suelos son probablemente más ácidos y sometidos a una mayor lixiviación.

En párrafos anteriores se ha analizado el efecto de la cal en los suelos graníticos de la costa. En el Cuadro 24 se aprecia nuevamente dicho efecto en el trigo y, además, el de los otros nutrientes principales.

Los incrementos obtenidos son porcentualmente elevados, pero bajos en su valor absoluto. El nitrógeno y el fósforo son, como en el Valle Central, los elementos más críticos, pero el efecto de los abonos potásicos y de la cal es también importante, y es lo que se debe esperar en este tipo de suelos altamente erosionados, ácidos y desprovistos de materia orgánica.

El Cuadro 25 muestra los resultados de una serie de ensayos en los que se aplicó nitrógeno, fósforo y azufre en el establecimiento de trébol subterráneo, en diversos tipos de suelos costeros desde la provincia de Coquimbo hasta la de Concepción. El

Cuadro 23 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Ensayos de fertilizantes en praderas de Magallanes. Rendimientos en qq/ha. de materia verde en 1959. Abonos aplicados en cobertera en 1958.

FERTILIZANTES	PRADERAS NATURALES				PRADERAS ARTIFICIALES (MEZCLA TRÉBOL BLANCO NUEVA ZELANDIA, PASTO OVILLO Y FESTUCA K_{31})			
	LOCALIDAD		LOCALIDAD		LOCALIDAD		LOCALIDAD	
	RIO VERDE	FENTON	RIO TRANQUILO	PECKET OAZZI HARBOUR	RIO VERDE	FENTON	RIO TRANQUILO	PECKET OAZZI HARBOUR
NPKCa	24	42	190	119	42	27	218	142
NPK	42	27	218	142	28	30	166	118
NPCa	28	30	166	118	29	30	195	109
NKCa	29	30	195	109	12	15	242	94
PKCa	12	15	242	94	24	20	142	78
Testigo	24	20	142	78				

N = 64 Kg/ha.
 P_2O_5 = 100 Kg/ha.
 K_2O = 50 Kg/ha.
 Ca = 2.000 Kg. carbonato de calcio por hectárea

Cuadro 24 — Departamento de Investigaciones Agrícolas. Incrementos producidos en el rendimiento del trigo por la aplicación de fertilizantes y cal en suelos graníticos de la costa (Maule y Ñuble). Promedios de seis ensayos.

FERTILIZANTES				INCREMENTOS QQ/HA
N	P	K	Ca	7,4
—	P	K	Ca	3,9
N	—	K	Ca	3,4
N	P	—	Ca	5,8
N	P	K	—	5,4

Rendimiento medio de la fórmula completa: 13,5 qq/ha.
 Fertilizantes aplicados:
 N = 35 Kg/ha
 P_2O_5 = 71 Kg/ha.
 K_2O = 58 Kg/ha. (5 años, en forma de cloruro).
 CaO = 560 Kg/ha.

Cuadro 25 — Oficina de Estudios Especiales. Efecto comparativo de la aplicación de fósforo, potasio y azufre en el establecimiento de trébol subterráneo en suelos de secano de la costa.

FERTILIZANTES KG/HA.			LOCALIDAD, TIPO DE SUELO Y PRECIPITACION MEDIA ANUAL						
P ₂ O ₅	K ₂ O	S	LOS VILOS	CONCON	SANTO DOMINGO	PARRONAL	LORA	CAUQUENES	CONCEPCION
			Terraza Marina	Terraza Marina (arena sobre arcilla)	Terraza Marina (arena profunda)	Suelo granítico	Suelo formado sobre micaes-quisto	Suelo granítico	Terrazas Marinas (arcillas densas)
			377 mm	469 mm.	520 mm.	838 mm.	863 mm.	807 mm.	1.239 mm.
110	125	100	100	100	100	100	100	100	100
—	125	100	73	62	76	81	75	66	14
110	—	100	97	79	80	127	97	86	86
110	125	—	97	114	74	107	101	90	91
Rendimiento M.S. fórmula completa Ton./ha./año			4,5	3,7	3,7	3,2	9,6	3,3	10,2

efecto principal es el del fósforo. Hay, en general, cierta respuesta secundaria al potasio. Sin embargo, tanto las respuestas absolutas como las porcentuales no son extraordinarias, con excepción del ensayo de Concepción, localidad que recibe una precipitación bastante elevada. Es probable que en las otras localidades la humedad disponible haya limitado, no sólo los rendimientos, sino también la respuesta a los fertilizantes. Esta limitación estaría corroborada, además, por otros resultados obtenidos en las mismas localidades anteriores (sin Concepción), también en trébol subterráneo. Uno de ellos indica que el promedio de incremento obtenido por la aplicación de 75 Kg. de P₂O₅ en el establecimiento del trébol, fue, prácticamente, el mismo que el obtenido cuando, además de las 75 unidades fosfóricas aplicadas en el establecimiento, se aplicaron otras 75 unidades en el primer año de pradera. Otra serie de ensayos muestra una respuesta bastante moderada al uso de dosis crecientes de fósforo (Figura 6).

Por otra parte, algunos ensayos efectuados en los mismos lugares sobre gramíneas, señalan un techo de productividad más elevado en forrajeras de esta familia que en leguminosas y un correspondiente efecto más elevado del uso de fertilizantes.

Algunos ensayos efectuados sobre vid en la Estación Experimental de Cauquenes, aunque bastante erráticos debido a la desuniformidad del material experimental, señalan: a) un techo de productividad bajo; b) un efecto reducido del nitrógeno en relación a lo que podría esperarse en estos suelos graníticos erosionados; c) un efecto más consistente de aquellas fórmulas complejas, que, además de N y P, aportan azufre y otros elementos nutritivos. Se deduce de estos resultados que existen en estos suelos limitantes de variada naturaleza, algunos nutricionales, otros probablemente climáticos y edáficos (profundidad y densidad del suelo). Últimamente, una serie de síntomas en la vid han sido atribuidos a deficiencia de boro.

En general, los resultados indican que aunque en los suelos de la costa pueden esperarse respuestas no sólo al nitrógeno y al fósforo, sino a una serie de elementos

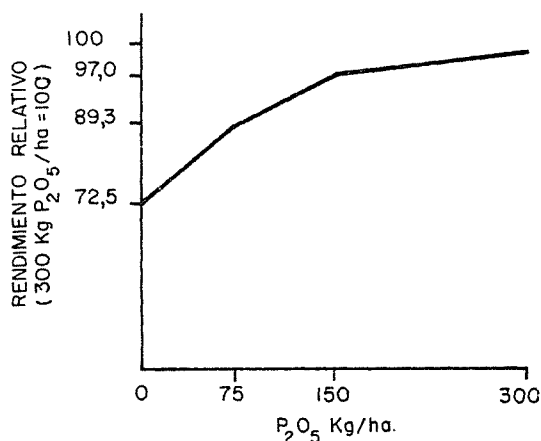


Figura 6 — Oficina de Estudios Especiales. Efecto porcentual de la aplicación de fósforo en el establecimiento de trébol subterráneo, en 6 suelos de la costa (Coquimbo a Maule).

fertilizantes, ellas son relativamente bajas, sobre todo medidas en unidades absolutas, lo que significa que las dosis económicas de aplicación deben ser también bajas. Como se ha expresado anteriormente, de Concepción al sur y en algunas terrazas marinas con buenos suelos, deben esperarse efectos superiores; aun en localidades situadas bastante hacia el norte (Concón), cerca del mar, se obtienen ocasionalmente efectos del fósforo bastante notables.

LITERATURA CONSULTADA

1. BARAHONA S., JORGE. Ensayos de abonos con azufre y fósforo en praderas. Simiente, 1959. Fertilizantes en arroz: *Maximiliano Martínez*.
2. BARIGGI, CLAUDIO. Importancia de los fertilizantes en la producción de trébol subterráneo. Agric. Técn., 1962. Fertilizantes en praderas: *Guillermo Müller, Ljubo, Goic, Talía Gutiérrez, Jaime Vicens, Maximiliano Martínez*.
3. CONRAD, JOHN P. Sulfur as a plant nutrient in Chile, 1957 (mimeografiado).
4. CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN, DEPARTAMENTO AGRÍCOLA. Informe del Ing. Agrónomo Sr. Raimundo Parot, sobre experimentación con remolacha azucarera, 1955-57 (mimeografiado).
5. DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA. Memoria Anual 1958-59; Memoria Anual 1959-60, y Memoria Anual 1960-61 (mimeografiado).
6. ——— Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento, 1962. Boletín Nº 15 (mimeografiado).
7. ——— Síntesis de trabajos presentados en las reuniones técnicas del Departamento, 1963. Boletín Nº 22 (mimeografiado).
8. DEPARTAMENTO TÉCNICO AGRONÓMICO DE LA CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE. Resumen de resultados de cuatro ensayos con distintas dosis de salitre y fosfato en praderas establecidas: trébol y gramíneas. Serie de suelo: Corte Alto; temporada 1963-64. Experiencias realizadas por el Ingeniero Agrónomo Sr. Hernán Landman. Sin publicar.
9. ——— Resumen de los resultados de ocho ensayos con distintas dosis de salitre sódico y fosfato constante en el cultivo de maíz para grano M. A. 2 con 75.000 plantas por hectárea, campaña 1963-64 (mimeografiado).
10. FARANDATO, PEDRO. Ensayos de fertilización en papas en la provincia de Coquimbo, 1957-59. Informe al Departamento de Investigación Agrícola. No publicado.
11. INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL (IANSA), DEPARTAMENTO AGRÍCOLA. Investigación agronómica 1960-61 en remolacha; Investigación agronómica 1961-62, en remolacha; Investigación agronómica 1962-63, en remolacha; Investigación agronómica 1963-64, en remolacha.
12. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. Informes de los siguientes investigadores:
Fertilizantes en trigo: *Maximiliano Martínez, Fernando Araos, Osvaldo Inostroza*.
Fertilizantes en maíz: *Maximiliano Martínez, Isabel San Cristóbal*.
13. LETELIER, ELÍAS y otros. 100 ensayos NPK en trigo. Departamento de Investigación Agrícola. Bol. Técn. Nº 9, 1961.
14. ——— "Abonos" en "Siete años de investigación agrícola". Departamento de Investigación Agrícola, Santiago, 1950.
15. ——— Interacción de nitrógeno y fósforo en trigo. Agric. Técn., 1957.
16. ——— Ensayos de aplicación de nitrógeno y fósforo en trigo. Agric. Técn. 1951.
17. ——— Resumen de la experimentación sobre fertilizantes en trigo efectuada en los fundos Quicharco, Macarena y Esmeralda (Tinguiririca) en la temporada 1962-63. Sin publicar.
18. ——— Informes sobre ensayos de fertilizantes efectuados en los fundos de la Sociedad Agrícola Nuble y Rupanco, 1958 a 1962. Sin publicar.
19. ——— Efecto residual sobre la pradera, de los fertilizantes aplicados en diversos ensayos de abonos en trigo y efecto de la aplicación de abonos fosfatados en cobertera sobre praderas establecidas. Agric. Técn. 1955.
20. ——— Efectos del encalado sobre el rendimiento del trigo en Chile. Agric. Técn. 1953.
21. LETELIER, ELÍAS y RUSSI, ENRIQUE. Informe a la Corporación de Fomento de la Producción sobre sistemas de fertilización para los suelos de La Chimba, 1960. No publicado.
22. NORERO, ALDO. Experiencias de abonos en trigo, 1965. Sin publicar.
23. ——— Experiencias de abonos en maíz. Sin publicar.
24. OFICINA DE ESTUDIOS ESPECIALES. Memoria Anual, 1960. Memoria Anual, 1961. Memoria Anual, 1962.
25. SOTOMAYOR, INÉS y LETELIER, ELÍAS. Sobre una deficiencia de hierro observada en algunos fundos regados por el río Cachapoal. Simiente, 1963.
26. VOGEL, OTTO. Problemas de carencias minerales en betarraga. Ensayos de abonos con seis elementos. Simiente, 1959.