

# Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.

## XIV. Macronutrientes, provincia de Chiloé<sup>1</sup>

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

### INTRODUCCION

La información recogida en las provincias ya exploradas justifica extender el estudio de las carencias nutritivas a zonas más alejadas de la Estación Experimental Carillanca. Para dar cumplimiento a este propósito se estima muy ventajosa la peculiaridad del método de las macetas, por cuanto permite conocer el diagrama de fertilidad en una muestra pequeña y relativamente fácil de trasladar desde lugares distantes.

La parte XIV entrega los resultados obtenidos con 43 muestras de suelo de la provincia de Chiloé, preferentemente de la isla Grande. Para su interpretación es útil referirse a algunos estudios de suelos realizados en la zona.

"La mayoría de los suelos trumaos del extremo sur del país derivan de material subaéreo depositado directamente sobre el relieve en el caso de las zonas continentales; pero en la isla de Chiloé, un cierto número de suelos aparece incluyendo material del subsuelo que puede ser de origen de loess o aluvial" (Wright, 1965).

"Los suelos de la Isla Grande de Chiloé e islas adyacentes derivan, en su totalidad, de cenizas volcánicas evolucionadas bajo condiciones excesivas de humedad. Las cenizas son, en parte, de naturaleza ácida, principalmente riolíticas que se han depositado en estratas de espesor variable, pero fácilmente reconocibles" (Alcayaga *et al.*, 1963). "El material original del suelo varía mucho, pero le es característico que sea algo pumicítico" (Wright, 1965). "Todos los suelos muestran en común una banda de pómez más gruesa, que se presenta en una profundidad máxima de 70 cm en los suelos más profundos y alrededor de 50 cm

en los suelos más delgados. Esta banda no existe en la mayor parte de los suelos riolíticos" (Alcayaga *et al.*, 1963).

"Muchos de los depósitos de cenizas finas, que parecen ser preferentemente andesíticos contienen frecuentemente grandes granos de arena silícica porosa, semejando a la pómez fina" (Wright, 1965). Alcayaga *et al.*, 1963 sostienen que "en los sectores próximos a Dalcahue, Castro y Chonchi, las cenizas al parecer son de origen predominantemente andesítico y es por ello que muestran características químicas distintas al resto de los suelos de la isla".

Para los alrededores de Castro puede distinguirse en un perfil profundo una secuencia vertical típica de los diferentes materiales de origen. Según Wright, 1959-1960, pueden reconocerse, a lo menos, los siguientes, aunque uno u otro de estos materiales generadores pueden estar ausentes en algunos sitios debido a la erosión local:

- I. Depósitos fluvio glaciales (grava fina y arena gruesa de origen andesítico, en forma ocasional con pumicita).
- II. Capas lacustres, marinas y glaciales, principalmente arena y grava.
- III. Capas de cenizas volcánicas de depositaciones bien definidas, que corresponden por lo menos a cuatro periodos.
- IV. Mica esquistos, la roca basal de la región.

"Las cenizas volcánicas más recientes se semejan a los materiales andesíticos que dieron lugar a los suelos Santa Bárbara de más al norte del país" (Wright, 1959-1960). Esta característica se aprecia bien en los suelos ubicados en la isla de Achao y en la zona oriental de la Isla Grande de Chiloé (Rodríguez, 1959-1960). Además, "la región oriental de la isla de Chiloé presenta todas las características topográficas de clima, suelo y vegetación que caracteriza el llano Central en la región de Llanquihue y puede considerarse como su continuación si no fuera por su condición insular". Cabe decir lo mismo de la zona occidental de la isla "ya que se observan las mismas características de relieve, clima, vegeta-

<sup>1</sup>Los autores expresan su reconocimiento al Ing. Agrónomo José Fernández (SAG-Ancud), por facilitar notablemente la tarea de toma de muestras con su conocimiento de la zona estudiada.

Recepción originales: 9 de mayo de 1973.

<sup>2</sup>Ingeniero Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

<sup>3</sup>Ing. Agr., Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

<sup>4</sup>Laboratorista Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

<sup>5</sup>Ayudante de Laboratorio, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, INIA.

ción y suelos de la región boscosa de la Costa, diferenciándose por su carácter insular" (Rodríguez, 1959-1960).

Otros factores importantes de tomar en cuenta en Chiloé son:

a) La elevada pluviometría que ahí se registra. Ella varía entre 2.000 y 4.000 mm anuales (Almeyda y Sáez, 1958);

b) Las adiciones de cenizas volcánicas frescas a la superficie del suelo han sido mucho menos frecuente que en otros suelos trumaos situados más al norte de la provincia de Chiloé (Wright, 1965);

c) No ha habido adiciones importantes de cenizas volcánicas en años recientes (Wright, 1965);

d) Los subsuelos se encuentran normalmente muy húmedos en su estado natural (Wright, 1965) (Alcayaga *et al.*, 1963), y

e) En muchos perfiles se vuelve más pesada la textura con la profundidad, lo que se atribuye a la mayor edad de las capas de subsuelo más profundas (Wright, 1965).

Los factores antes mencionados explican el por qué en "prácticamente todos los suelos trumaos de la zona se evidencian los efectos de procesos de lixiviación muy severa" (Wright, 1965). Se supone que en dichos suelos existen fuertes pérdidas de nutrientes por lixiviación.

En Chiloé existen condiciones muy favorables a un amplio uso ganadero agrícola de los suelos (Rodríguez, 1959-1960), donde el empleo de fertilizantes fosfatados es indispensable para obtener buenos rendimientos (Rodríguez, 1959-1960) (Alcayaga *et al.*, 1963).

Un aspecto novedoso de este trabajo consiste en que por primera vez se incorporan muestras de suelo derivadas de cenizas volcánicas de material generador mucho más ácido, como ocurre con las muestras de cenizas riolíticas de la zona de Quellón.

## MATERIALES Y METODOS

Las 43 muestras de suelo empleadas en el ensayo de macetas se identifican en Cuadro 1. En el mismo cuadro se indica la profundidad en cm y el color del suelo seco al aire, medido con la ayuda de la tabla de comparación de colores de Munsell, 1954.

En la Figura 1 se ve la distribución de las muestras de suelo utilizadas. Ellas proceden exclusivamente de la zona insular, aunque, con preferencia, de la Isla Grande. Esta circunstancia se da por la gran dificultad que existe en alcanzar Chiloé Continental, sumado al escaso valor agrícola que tiene dicha zona, ya que predomina su aptitud forestal.

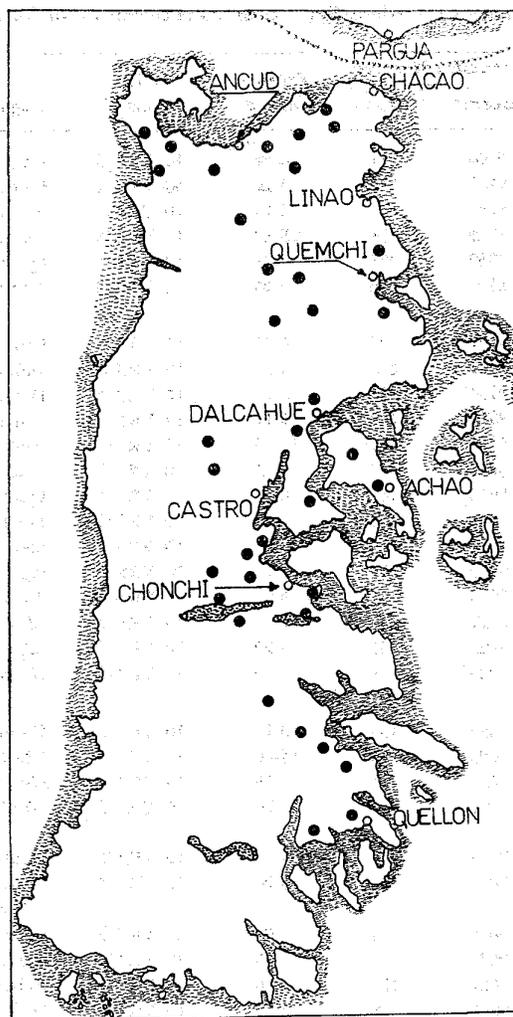


Figura 1 — Distribución de las muestras de suelo en la provincia de Chiloé.

Conviene mencionar que la mayor cantidad de muestras procede del sector oriental de la Isla Grande. Ello se explica por la mayor concentración de habitantes, suelos agrícolas y ganaderos y, fundamentalmente, por la ausencia de vías camineras en el resto de la isla.

### a) ENSAYO DE MACETAS.

En el ensayo de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* se siguió la técnica descrita en la parte II por Schenkel y Baherle, 1971.

En el Cuadro 2 se especifica la fecha de siembra de la ballaca de rotación corta, la cantidad de suelo usada por maceta y su conteni-

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

Muestra Número		Profundidad	Color Munsell	Lugar	Observaciones
Laborat.	Ensayo				
8766	211	0-20	10 YR4/3	Caipulli	Ancud; 1 Km al E puente Pudeto
8767	212	0-20	10 YR3/1	Chonchi	
8788	233	0-25	10 YR4/3	Ancud	7,5 Km al N puente Pudeto
8789	234	25-50	10 YR4/3	Ancud	igual a muestra 8788
8790	235	0-25	10 YR3/2	Quemchi	ruta 5; 300 m al N del cruce a Quemchi
8791	236	0-25	10 YR4/3	Ancud	18 Km al S. Fundo Santa Luisa, Eduardo Rutherford
8792	237	0-30	10 YR3/2	Chacao	Caleta Caulín. 6 Km al S de Chacao
8793	238	0-25	10 YR3/2	Dalcahue	4 Km al S, por camino antiguo a Castro
8794	239	0-20	10 YR3/2	Dalcahue	3,5 Km al N
8795	240	0-10	10 YR3/1	Ancud	18 Km al N
8796	241	10-35	10 YR5/4	Ancud	18 Km al N
9015	460	0-20	10 YR3/2	Quellón	11 Km al N y 6 Km al E (Huildad)
9016	461	0-20	10 YR3/1	Quellón	10 Km al SO (Yaldad)
9017	462	0-20	10 YR3/1	Quellón	2 Km al N
9018	463	0-20	10 YR3/2	lago Natri	3 Km al E
9019	464	0-20	10 YR2/2	lago Tepuhueico	9 Km al O de la ruta 5
9020	465	0-20	10 YR3/2	Tara	32 Km al S de Castro
9021	466	0-20	10 YR4/3	Chonchi	10 Km al E; Teupa
9022	467	0-20	10 YR3/2	laguna Huillinco	8 Km al O de ruta 5
9023	468	0-20	10 YR4/3	río Notué	8 Km al O, ruta 5 hacia Petanes Bajo. Miguel Rosas Márquez
9024	469	0-15	10 YR4/3	Chonchi	6,5 Km al O, ruta 5 hacia Dongo
9025	470	15-50	10 YR4/3	Chonchi	igual a muestra 9024
9026	471	0-15	10 YR4/3	Huildín	6 Km al E, y 6 Km al S de Chonchi
9027	472	0-20	10 YR4/2	Alcaldeo de Rauco	5 Km al N de entrada a Chonchi, y 6 Km al O de ruta 5
9028	473	0-20	10 YR4/3	Rauco Alto	2 Km al O de depósito COPEC
9029	474	0-20	10 YR5/4	Cordillera San Pedro	14 Km al NO de Castro
9030	475	0-20	10 YR3/2	Castro	7 Km al NO
9031	476	0-25	10 YR4/3	Achao	3 Km al O (isla Achao)
9032	477	25-50	10 YR4/2	Achao	3 Km al O (isla Achao)
9033	478	0-20	10 YR4/3	Quinchao	4 Km al NO, Isolina Saldívia
9034	479	0-20	10 YR4/2	Rilán	5 Km de Dalcahue a Rilán
9035	480	0-20	10 YR4/2	Rilán	1 Km al O
9504	481	0-20	10 YR4/3	Guabún	al O de Ancud, hacia Quetalmahue
9505	482	0-20	10 YR4/2	Pumiyahue	3 Km al N del cruce a Mar Brava
9506	483	0-20	10 YR4/2	Quetalmahue	13 Km al S de cruce Guabún-Mar Brava
					Cruce Tehuaco-Guabún. Ensayo praderas CORFO-Chiloé
9507	484	0-25	10 YR3/2	Pumanzano	10 Km al E de ruta 5, hacia Linao
					Escuela Nº 16, Pedro Ritter
9508	485	0-20	10 YR4/2	Linao	25,5 Km al E de ruta 5
9509	486	0-20	10 YR3/2	Huítte	7 Km al N de Quemchi. Fundo Papalguín, Manuel Soto
9510	487	0-20	10 YR3/2	Popetán	8 Km al SE de Quemchi, próximo a laguna Popetán. Heriberto Dörner
9511	488	0-20	10 YR3/2	Quemchi	2 Km al E de ruta 5, hacia Quemchi
9512	489	0-20	10 YR4/3	Cruce San Pedro	4 Km al N del cruce a San Pedro, sobre ruta 5
9513	490	0-25	10 YR3/1	Tentaucó	5 Km al E de ruta 5. Asentamiento Aguas Claras, CORA
9514	491	0-20	10 YR4/2	Ancud	6 Km al S, por ruta 5, y 2 Km al NO. Predio Escuela Normal, Sector Lajas Blancas

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

Datos de siembra				Propiedades de las muestras	
Suelo Número	Suelo* g/maceta	Humedad** %	Fecha	pH (KCl) (1:2,5)	Materia orgánica %
8766	1.210	60,6	12-xii-69	4,0	19,8
8767	1.160	78,6	12-xii-69	4,1	16,1
8788	1.360	95,6	20-viii-70	4,0	12,7
8789	1.410	80,0	20-viii-70	4,1	9,1
8790	1.260	85,5	20-viii-70	3,9	19,6
8791	1.360	38,2	20-viii-70	4,0	11,1
8792	1.560	122,3	20-viii-70	3,7	6,0
8793	1.260	77,9	20-viii-70	4,0	12,4
8794	1.260	71,6	20-viii-70	4,0	12,3
8795	1.110	138,4	20-viii-70	3,7	33,6
8796	1.210	105,9	20-viii-70	4,1	8,3
9015	1.110	108,0	6-iv-72	4,1	19,2
9016	1.010	125,4	6-iv-72	4,1	18,5
9017	1.010	170,5	6-iv-72	4,1	22,0
9018	1.010	172,4	6-iv-72	4,1	25,9
9019	1.010	160,1	6-iv-72	4,0	31,4
9020	1.060	124,1	6-iv-72	4,1	27,6
9021	1.110	107,6	6-iv-72	4,3	17,4
9022	1.110	110,2	6-iv-72	4,2	21,8
9023	1.110	90,2	6-iv-72	4,3	18,6
9024	1.110	89,3	6-iv-72	4,3	19,7
9025	1.010	121,3	6-iv-72	4,6	11,0
9026	1.060	123,4	6-iv-72	4,3	24,2
9027	1.110	116,0	6-iv-72	4,2	18,1
9028	1.110	56,4	6-iv-72	4,5	12,5
9029	1.110	90,1	6-iv-72	4,1	11,4
9030	1.060	130,7	6-iv-72	4,1	23,3
9031	1.160	59,0	6-iv-72	4,4	16,5
9032	1.110	86,1	6-iv-72	4,6	11,6
9033	1.210	70,3	6-iv-72	4,6	14,0
9034	1.110	54,2	6-iv-72	4,4	14,4
9035	1.160	64,9	6-iv-72	4,6	15,8
9504	1.160	96,7	20-iv-72	4,3	10,9
9505	1.160	91,0	20-iv-72	4,3	17,0
9506	1.260	55,7	20-iv-72	4,2	9,8
9507	1.210	80,3	20-iv-72	4,1	15,8
9508	1.110	108,9	20-iv-72	4,4	13,5
9509	1.060	151,5	20-iv-72	4,2	19,7
9510	1.010	153,2	20-iv-72	4,0	25,6
9511	1.060	132,5	20-iv-72	4,0	20,5
9512	1.110	145,6	20-iv-72	4,2	14,7
9513	1.010	155,6	20-iv-72	4,1	28,4
9514	1.160	66,5	20-iv-72	4,1	13,7

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

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

do de humedad en el momento de la siembra. Aunque para la mayoría de las muestras se ha efectuado la siembra con un contenido de humedad superior al 100%, e incluso, para unas pocas, con más de 150%, no se registró dificultad alguna. La gran retención de agua de los suelos de la provincia de Chiloé ha sido observada también por Wright (1965) y por Alcayaga *et al.* (1963).

#### b) MÉTODOS DE ANÁLISIS.

Las determinaciones de la reacción del suelo y de la materia orgánica se hicieron por los procedimientos descritos en la Parte I (Schenkel *et al.*, 1970). El pH del suelo se midió con electrodo combinado en una suspensión (1:2,5) del suelo en una solución normal de KCl. La materia orgánica se determinó por oxidación húmeda, con mezcla crómico-sulfúrica.

#### c) DIAGRAMA DE FERTILIDAD Y SU INTERPRETACIÓN.

Las cantidades de materia seca de ballica obtenida en los diferentes cortes para los respectivos tratamientos permitieron construir el diagrama de fertilidad para cada suelo (Schenkel, 1971). Sobre el diagrama de fertilidad se ubicaron las líneas de fertilidad, denominando así a todas aquéllas obtenidas por la técnica del elemento faltante.

Las líneas de fertilidad se identificaron por su ecuación, que se definen por sus coeficientes angular y de posición. El cálculo de la ecuación que caracteriza a la línea de fertilidad de cada nutriente investigado se hizo por el método gráfico expuesto en la Parte III (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

### RESULTADOS Y DISCUSION

Todas las muestras de los suelos usados en el ensayo de maceta son muy ácidas (Cuadro 2), a tal extremo que su pH en KCl N fluctúa entre 3,7 y 4,6. Esta propiedad es independiente de su contenido de materia orgánica por cuanto se determina el mismo valor de pH 3,7 —el más bajo del conjunto— para la muestra más rica (8795, con 33,6%) y la más pobre (8792, con 6,0%) en materia orgánica.

En el Cuadro 3 se presentan los parámetros de las líneas de fertilidad para cada nutriente y con los distintos suelos. La Figura 2 se construye con los valores promedios de los respectivos coeficientes angulares y de posición.

El fósforo y particularmente el potasio constituyen las dos carencias nutritivas más serias en los suelos de Chiloé —sin mencionar al nitrógeno que no se probó. Tal comportamien-

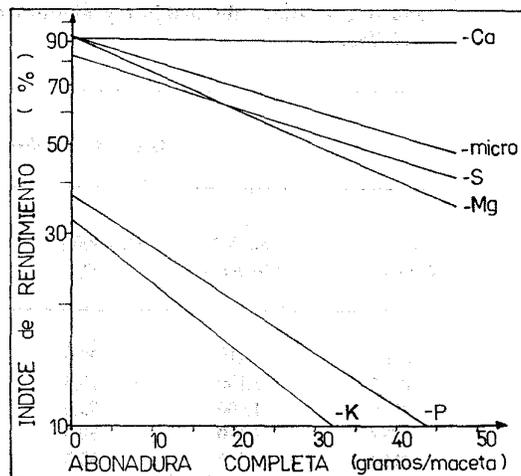


Figura 2 — Diagrama de fertilidad de los suelos de la provincia de Chiloé (promedio de 43 muestras).

to promedio de las muestras de Chiloé recuerda al de los suelos de la precordillera de los Andes en la provincia de Llanquihue, donde también la jerarquía de las deficiencias nutritivas principales es potasio-fósforo-magnesio-azufre-micronutrientes y sólo en último término calcio (ver muestra 2356 en Schenkel *et al.*, 1973, Parte XII). A partir de dicho resultado se puede plantear una interrogante ¿se mantienen las deficiencias de potasio y fósforo —en este orden— para todas las muestras de Chiloé, cualquiera sea su material generador? Cabe recordar que las cenizas volcánicas de Osorno y Llanquihue son andesíticas (Wright, 1965) (Rodríguez 1959-1960), mientras las de Chiloé —por lo menos en su parte sur— son riolíticas (Alcayaga *et al.*, 1963 y Wright, 1965). O dicho de otro modo ¿la similitud entre los dos diagramas de fertilidad antes mencionados es la resultante de su semejanza en la pluviometría?

Con el objeto de encontrar una respuesta a las preguntas antes formuladas se han seleccionado cuatro muestras de suelo. Ellas proceden de diferentes lugares de la isla de Chiloé, pero se ubican todas sobre la isoyeta 2.500 mm anuales (Almeyda y Sáez, 1958). La elección de esta isoyeta se hace por corresponder a la de la muestra 2356 de la precordillera de los Andes en la provincia de Llanquihue, tomada como muestra de comparación (Schenkel *et al.*, 1973, Parte XII).

Sobre la Figura 3 se ven grandes diferencias para los diagramas de fertilidad de las diversas muestras. La pluviometría no logra desplazar la preponderancia del material generador,

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

Suelo Nº	FOSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		AZUFRE		MICRONU- TRIENTES	
	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*	A	m*
8766	65	-1963	35,5	-1312	96,5	- 179	97	- 245	95	- 321	91	- 316
8767	53,5	-1781	45,5	-1262	84	+ 379	91	- 180	92	-1399	82,5	+ 52
8788	49,5	-1957	37,5	-1714	105	- 151	89	- 451	93	- 529	83	- 277
8789	59	-2336	33	-2206	85	- 281	82	-1842	83	- 29	95	-1014
8790	53	-2299	56,5	-2149	94	+ 117	95	- 105	83	- 587	98	- 430
8791	50	-1889	52,5	-1735	70,5	+ 394	84	- 293	74	- 228	85	- 259
8792	40	-2316	95	- 884	72,5	- 274	82	- 573	60	-2048	100	- 935
8793	46,5	-2225	74,5	-1115	96	+ 23	102	- 309	92	-1058	106	- 609
8794	41	-1776	46,5	-1648	88	+ 32	79	- 155	88	- 646	73,5	- 26
8795	47	-1920	27	-2157	89	- 41	79	- 552	81	-1652	67	- 357
8796	48	-1642	25,5	- 459	96	+ 24	98	- 896	109	-1038	110	- 774
9015	38	-1054	24	- 237	84	+ 329	80	- 297	74	- 477	102	- 830
9016	28,5	-1281	20,8	-2356	71,5	+ 200	60,5	-2005	89	- 644	100	- 904
9017	30	-1383	12,5	- 692	90	0	100	- 126	28,5	-1263	83	- 764
9018	33	-1313	60,5	-1612	91	+ 34	114	- 977	94	- 775	104	- 733
9019	37	-1515	28,5	-2333	91	+ 410	91	- 265	76	- 345	96	- 936
9020	35	-1183	31,2	-2496	80	+ 329	70	-2167	71,5	- 388	87	- 617
9021	32	- 971	38,5	-2129	109	- 220	115	-2496	81,5	- 533	67,5	- 125
9022	33	-1178	25,5	-1564	96	- 769	78	-1312	84,5	- 766	90	- 712
9023	54	-1450	28,5	-2459	115	- 193	118	-1949	96	- 425	111	- 821
9024	33,5	- 840	16,2	-1397	128	- 233	100	-1158	85	- 493	99	- 593
9025	22,3	- 683	8,5	-2618	70	- 477	62,5	-1421	67	0	61	- 107
9026	30	-1272	15,2	- 649	90	- 266	78	-2203	76	- 423	88	-1349
9027	36	-1294	12,8	- 564	88	+ 166	111	- 878	109	- 851	98	- 789
9028	30,5	-1309	12,5	-1384	86	+ 124	92	- 421	83	- 311	101	- 638
9029	29,5	- 824	23,5	- 593	122	-1172	105	-1536	75	0	100	- 627
9030	34	-1296	27	-2212	90	+ 235	88	- 210	46	+ 117	96	- 523
9031	24	- 193	17	-2413	109	+ 272	Perdido		82,5	- 658	99	- 503
9032	38,5	-4663	7,3	-2158	127	- 148	127	- 944	97	- 688	111	- 748
9033	24	- 563	63	-1817	92	+ 329	93	- 490	85	- 270	73	+ 346
9034	27,5	- 745	66	-1080	114	- 280	90	- 352	95	- 561	101	- 644
9035	29,5	- 930	43,5	-1502	102	- 377	112	- 518	84	- 374	106	- 806
9504	33,5	- 631	36,5	-1148	55	+ 504	104	- 936	58,5	+1012	86	+ 136
9505	31,5	- 702	20,2	-2036	110	+ 54	97	- 177	108	- 987	99	- 375
9506	33	-1265	81,5	-1351	90	+ 286	62	+ 270	115	-1202	89	- 526
9507	42	-1113	20	-2408	80	- 207	109	-1957	71,5	- 224	109	-1128
9508	31	-1260	18,5	-1670	88	- 406	86	- 654	72	- 884	76,5	- 606
9509	34	-1131	13,7	-1601	61,5	+ 454	70	-1743	73	- 284	75	- 708
9510	41,5	-1818	22	-1631	100	- 492	111	- 621	78	-2176	116	-1543
9511	Perdido		19	-2424	101	- 500	99	-1172	100	-1527	85	-1524
9512	42,5	-1083	21	-2222	95	- 499	89	-1253	80	- 654	75	-1563
9513	34,5	- 927	24,7	-2123	57	+ 740	Perdido		73,5	- 135	89	- 675
9514	22,4	+1358	19,5	-2522	85	+ 830	123	-1982	123	- 899	140	-1027
Promedio de 43 muestras de suelo												
	37,6	-1348,0	32,8	-1675,4	91,7	- 209	93,0	- 915,9	83,3	- 642,4	93,1	- 649,0

\*Todos los valores de m deben multiplicarse por 10<sup>-5</sup>.

constituyendo este último un factor más importante que el primero.

Además, parece existir una relación entre la posición geográfica del suelo del cual procede la muestra y su respectivo diagrama de fertilidad. La deficiencia de potasio es aún más grave que la de fósforo en todas las muestras procedentes de la zona sur de la isla, específicamente Chonchi y Quellón, con la sola excepción de la muestra del lago Natri (9018). Aunque la misma conducta se observa en algunos suelos ubicados en la parte norte de la isla, es frecuente determinar en ellos valores superiores para el coeficiente de posición de la línea de fertilidad del fósforo que del potasio (por ejemplo, Chacao 8792; Ancud 8791, 9504 y 9508; Dalcahue 8793, 8794, 9034 y 9035; Quemchi 8790 y Quinchao 9033). Especialmente llama la atención la muestra 8792 (Figura 3) ubicada cerca de Chacao (Caleta Caulin), porque es la muestra de mayores reservas de potasio; se explica, porque procede de terraza marina.

Las observaciones formuladas por Alcayaga *et al.*, 1963 y por Wright, 1965, permitirían suponer que esta distinción en los diagramas de fertilidad se puede atribuir a la propiedad que le imprime la ceniza riolítica en el primer caso (jerarquía K-P) y la ceniza andesítica en

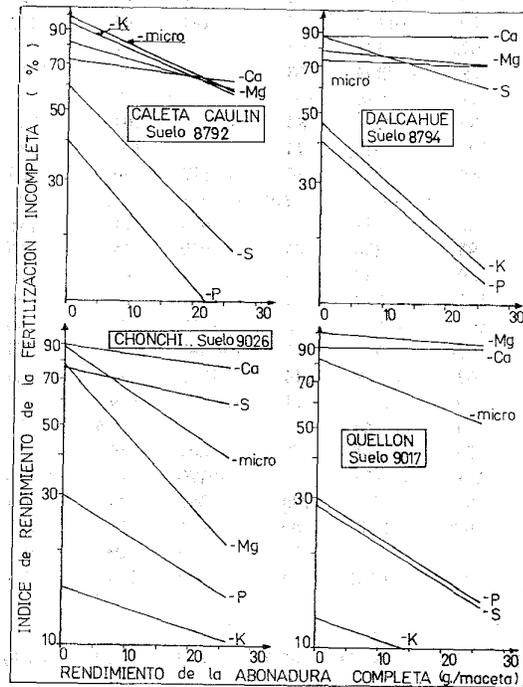


Figura 3 — Diagramas de fertilidad de cuatro suelos de Chiloe que tienen una isoyeta de 2.500 mm anuales.

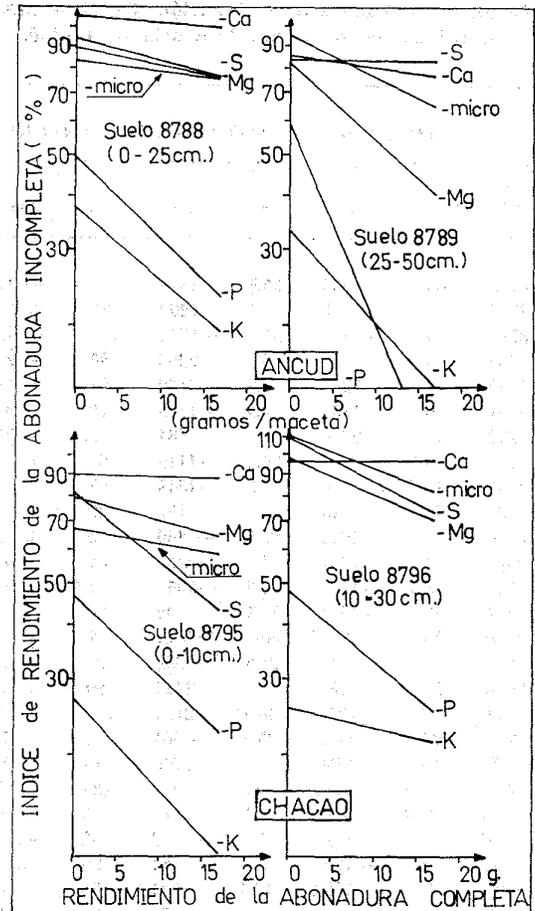


Figura 4 — Diagramas de fertilidad de dos suelos del norte de la isla de Chiloe.

el segundo (jerarquía P-K). Tal explicación no es del todo satisfactoria, porque el comportamiento de los suelos del extremo sur de Chiloe (cenizas riolíticas) es similar al de la precordillera de los Andes de la provincia de Llanquihue, en circunstancias que aquí se trata de cenizas andesíticas (Wright, 1965). En otros términos, no se mantiene la deficiencia de potasio para todas las muestras, afectándole su posición geográfica y/o material generador en Chiloe insular. Tampoco se encuentra relación alguna con el contenido de materia orgánica, ni con la reacción del suelo.

Otro factor de formación de suelo interesante de considerar es la temperatura. Los datos y resultados obtenidos indicarían que ésta incide en forma uniforme sobre toda la isla. La condición insular, unida a la escasa fluctuación de temperatura —isotermas 10 y 11°C anuales (Almeyda y Sáez, 1958) —

que se registra entre los distintos lugares de la isla de Chiloé de donde proceden las muestras usadas en este trabajo, no permiten atribuir a la temperatura la causa de las variaciones indicadas sobre el diagrama de fertilidad.

Del Cuadro 3 —y también de la Figura 3— se infiere que la deficiencia de fósforo es muy grave en todos los suelos de Chiloé empleados en el ensayo. Igual cosa sucede con el potasio, pero con la particularidad que el valor del coeficiente de posición A tiene mayor variación en las ecuaciones de las líneas de fertilidad del potasio que del fósforo.

El espectro de los diagramas de fertilidad se complica más todavía cuando se considera a los demás elementos nutritivos, siendo particularmente notables los suelos en los cuales coexisten simultáneamente tres o más deficiencias graves. Un buen ejemplo lo constituyen las muestras 9026 de Chonchi y 9017 de Quellón representadas en Figura 3. El primero de los diagramas mencionados se parece al de los suelos ñadis, aunque la jerarquía de las deficiencias se altera (comparar 9026 de Figura 3 con 2217 de la Parte XII, Schenkel *et al.*, 1973). En ambos diagramas hay carencia de todos los nutrientes, especialmente de potasio, fósforo, magnesio, y micronutrientes en orden decreciente. Sin embargo, un diagrama de fertilidad como el de la muestra de Quellón (9017) no se había visto aún, porque en él es extremo el agotamiento de potasio, y son escasas las reservas de azufre y fósforo. Por el contrario, hay suficiente calcio y sobre todo mag-

nesio, asumiendo las reservas de micronutrientes una posición intermedia.

Unos pocos perfiles se eligen para conocer la influencia que pudiere tener la profundidad de la muestra sobre su diagrama de fertilidad. En la Figura 4 se representan dos suelos de la parte norte de la isla (Chacao y Ancud), mientras en la Figura 5 se incluyen suelos de la zona central de la isla (uno de Chonchi y otro de la isla de Quinchao). En todos los casos sólo se comparan dos profundidades de un mismo perfil.

Cuando se analizan las Figuras 4 y 5 en su conjunto no puede sino expresarse que a la gran complejidad que reviste la distribución de las líneas de fertilidad sobre los diagramas de fertilidad de las muestras superficiales se agrega una complicación mayor. Ella deriva del hecho que la intensidad de las deficiencias y su jerarquía se modifican con la respectiva muestra subsuperficial. Aún así, pareciera que se pudiese hacer algunas consideraciones generales. En primer lugar, que las dos carencias nutritivas principales —fósforo y potasio— se mantienen para los cuatro perfiles, independientemente de su profundidad. Aunque la intensidad de estas deficiencias se modifica con la profundidad, nunca es tan drástico el cambio como para que en ambas, la muestra subsuperficial y superficial, no puedan calificarse como muy graves. Además, debe reconocerse que las mayores reservas de fósforo están siempre en la muestra superficial, lo cual también se cumple generalmente para el potasio, salvo con el perfil de Chacao, principalmente por-

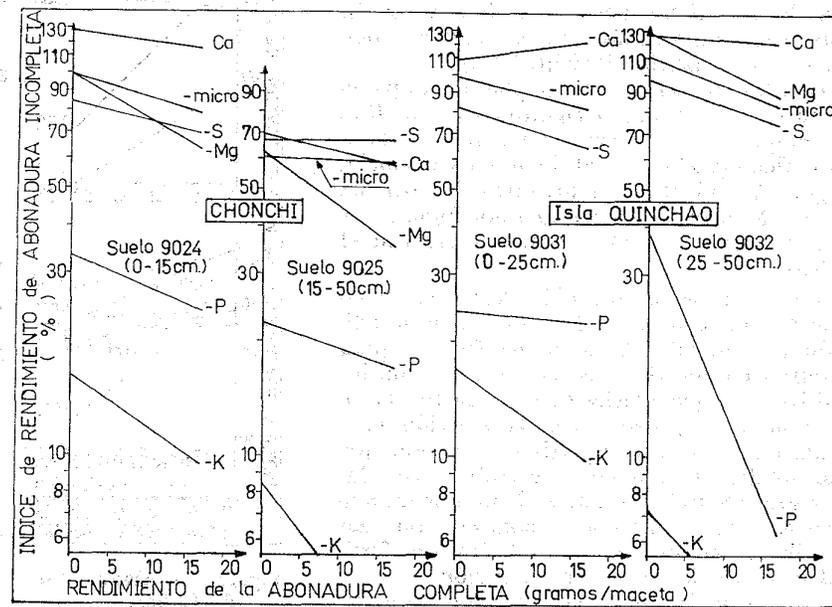


Figura 5 — Diagrama de fertilidad de dos suelos de Chiloé, región central.

que la velocidad de agotamiento de este elemento es más lenta en la muestra subsuperficial (8796) que en la superficial (8795). Tampoco se comprueba una alteración en la jerarquía de las deficiencias de fósforo y potasio con la profundidad, por cuanto si la deficiencia más severa en la superficie es potasio, ésta se mantiene en la muestra subsuperficial. Podría argumentarse que esta afirmación no es rigurosa para el perfil de Ancud (Figura 4) por cuanto se origina un punto de intersección entre las líneas de fertilidad del fósforo y del potasio por lo que la afirmación anterior no sería válida para una producción superior a 10 gramos de materia seca/maceta en la abonadura completa.

El magnesio es el elemento de comportamiento más concordante con el previamente observado en perfiles situados más al norte de la provincia de Chiloé. En efecto, las mayores reservas de magnesio se ubican siempre en la superficie.

Las dificultades surgen cuando se consideran los elementos calcio, azufre y micronutrientes, donde no existe una tendencia definida en lo concerniente a la influencia que tiene la profundidad sobre el diagrama de fertilidad. No se comprueba con los suelos de Chiloé que las menores reservas de azufre se ubiquen en la muestra superficial; su disponibilidad varía muy poco con la profundidad de la muestra. Igual conducta se había observado en un perfil de Osorno (Schenkel *et al.*, 1972, Parte x), donde se vio que si la textura se vuelve más pesada en profundidad, no se determina la mayor disponibilidad de azufre en el subsuelo. Sucede que en los suelos de Chiloé es común que la textura sea más arcillosa cuando se desciende en el perfil (Wright, 1965).

Con los micronutrientes se plantea un panorama muy confuso, por cuanto en dos perfiles se comprueba la mayor reserva en la muestra superficial (suelos Ancud, Figura 4 y Chonchi, Figura 5) mientras en los otros dos perfiles ocurre lo inverso (suelo Chacao, Figura 4 y Achao, Figura 5). Otro tanto ocurrirá con el calcio.

A menudo se sostiene (Alcayaga *et al.*, 1963) que los suelos de Chiloé requieren de la adición de cal, además de la de fósforo, para alcanzar en ellos buenos rendimientos con los cultivos. Los partidarios de esta práctica argumentan, generalmente, con la reacción muy ácida de los suelos respectivos, situación que por lo demás también se corrobora con las muestras incluidas en este trabajo. Por tal motivo se estima interesante analizar con más detalle el comportamiento de la línea de fertilidad del calcio de esta investigación.

A partir de la Figura 3 se adquiere la convic-

ción que el calcio no es deficiente en la mayoría de los suelos de Chiloé. En efecto, muchas de las muestras incluidas tienen un coeficiente de posición superior a 100 y/o un coeficiente angular positivo. Esto significa, en el primer caso, que habría un efecto depresivo del calcio agregado en la forma de una mezcla de fosfato de calcio + carbonato de calcio, ambos de pureza analítica, en el tratamiento de fertilización completa, respecto del tratamiento que no lo recibió; o, en el segundo caso, que la disponibilidad de calcio en el suelo se mejora con el desarrollo y la edad de la planta. Muy ilustrativa al respecto es la Figura 5 (muestras 9024, 9031 y 9032). Debe decirse también que sólo una minoría de las muestras responde favorablemente al calcio, y que ahí no será posible alcanzar su fertilidad potencial sin la adición de dicho elemento químico (en Figura 6 ver muestras 9025, 9509, 8792, 9504 y 9513). Para precisar aún más el resultado anterior debe manifestarse que haría mal uso de él, quien afirmare que ahí donde se observa un aparente efecto del calcio se necesita encalar, o por el contrario, donde se comprueba una depresión del calcio ésta también debe atribuirse al carbonato de calcio. Debe tenerse presente que la acción favorable o depresiva del calcio, medida a través de las líneas de fertilidad, fue obtenida con la adición simul-

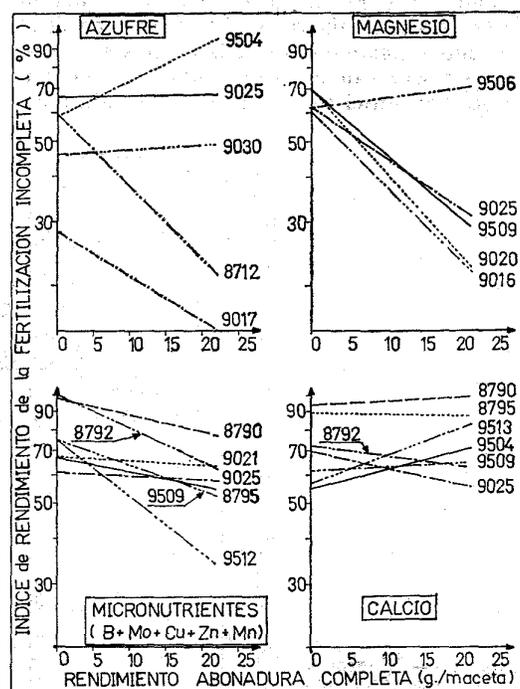


Figura 6 — Algunas líneas de fertilidad de suelos de Chiloé.

tánea de ambos productos —carbonato de calcio + fosfato de calcio (Schenkel *et al.*, 1970) — por lo que el efecto individual de los componentes de esta mezcla deberá probarse expresamente.

### CONCLUSIONES

En los suelos de Chiloé predominan ampliamente las deficiencias de fósforo y potasio. Mientras la carencia de fósforo es generalizada en todos los suelos, se determinan diferencias no despreciables en las disponibilidades de potasio. En todo caso, para la gran mayoría de las muestras es más grave la deficiencia de potasio que la de fósforo.

Los demás elementos nutritivos (azufre, calcio, magnesio y micronutrientes) están limitando la fertilidad de los suelos de Chiloé, y en algunas muestras, en forma muy severa. La deficiencia de calcio no es generalizada, pese a la condición muy ácida de todas las muestras.

Una comparación de los diagramas de fertilidad entre los suelos de Chiloé y los de las provincias ubicadas más al norte de ella, indica que los problemas de fertilidad tienen aquí una máxima gravedad y complicación. Es frecuente comprobar la coexistencia de tres y aún cuatro carencias nutritivas graves, que afectan simultáneamente a un mismo suelo (Figuras 3, 4 y 5).

La intensificación de las deficiencias nutritivas antes referidas se ha discutido en este trabajo en función de tres factores de formación del suelo: temperatura, precipitación pluviométrica y material generador.

Poca variación se observa entre las temperaturas de Chiloé y Llanquihue, pues ambas regiones están entre las isotermas 10 y 11°C anuales. El efecto de la temperatura sobre los suelos de ambas provincias puede estimarse semejante. Parecería posible atribuir la intensificación de las carencias nutritivas a la mayor pluviometría que existe en Chiloé insular. En apoyo de esta suposición está la gran seme-

janza de los diagramas de fertilidad correspondiente al promedio de las 43 muestras de Chiloé y al suelo de la precordillera de los Andes, provincia de Llanquihue (muestra 2356, en Schenkel *et al.*, 1972, Parte x). Sin embargo, cuando se comparan las líneas de fertilidad de cuatro suelos de Chiloé ubicados sobre la isoyeta 2.500 mm se comprueba gran diferencia entre las intensidades de las deficiencias nutritivas y el orden decreciente de ellas.

Sin desconocer la acción agravante que tienen 2.000 a 4.000 mm de precipitación sobre los suelos de Chiloé, pareciera que su material generador tuviese mayor trascendencia que la pluviometría en el diagrama de fertilidad. Hasta donde los antecedentes de este trabajo lo permiten establecer, se concluye que en suelos derivados de cenizas volcánicas riolíticas es siempre más severa la deficiencia de potasio que la de fósforo, aunque ambas deben calificarse como muy graves. Suelos ubicados sobre terrazas marinas parecen disponer de mayores reservas de potasio.

Las disponibilidades de nutrientes del suelo sufren alguna variación con la profundidad del perfil. Para fósforo, potasio y magnesio se determina una disminución de sus reservas con la mayor distancia desde la superficie, resultado que concuerda con el obtenido en las restantes provincias ya exploradas.

Las reservas de azufre parecen ser independientes de la profundidad, por lo menos hasta donde se probó. Los micronutrientes no muestran tendencia definida, siendo imposible indicar la relación que existe entre profundidad del perfil y su disponibilidad.

La gran pobreza en elementos químicos esenciales para el crecimiento de las plantas determinada en los suelos de Chiloé constituye seguramente la limitante más drástica en la productividad de las plantas que ahí se cultivan. Los fertilizantes deberían ocupar, según estos antecedentes, una posición privilegiada para corregir la baja fertilidad propia de los suelos de Chiloé.

### RESUMEN

En 43 ensayos de macetas con *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* se determinó que hay suelos de Chiloé deficientes en varios elementos nutritivos. Predominan claramente las carencias de fósforo y potasio, con la particularidad que el fósforo compromete a todos los suelos, sin excepción. El diagrama de fertilidad atribuye la máxima gravedad al potasio, aunque esta deficiencia no afecte a todas las muestras. Son frecuentes los suelos en los cuales a la escasa disponibilidad de fósforo y potasio se une la existencia de una o más deficiencias severas de magnesio, azufre, calcio y/o micronutrientes.

Las diferencias observadas entre los diagramas de fertilidad se atribuyen especialmente al material generador, concediéndose menor importancia a la pluviometría y a la temperatura.

Los contenidos de materia orgánica y la reacción del suelo —desde pH (KCl) 3,7 a

4,6— no se dejan asociar con las líneas de fertilidad. Tampoco se cumple que las menores reservas de calcio se encuentren en los suelos más ácidos.

La ballica presentó con claridad los síntomas de deficiencia de potasio, fósforo, azufre, magnesio y calcio en algunos suelos para los tratamientos correspondientes.

Los valores promedios determinados para A son: 37,6; 32,8; 91,7; 93,0; 83,3 y 93,1 y para m: —0,01348; —0,01675; —0,00021; —0,00916; —0,00642 y —0,00649 en las ecuaciones de las respectivas líneas de fertilidad del fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes.

#### SUMMARY

Deficiencies of nutritional elements in soil samples from the province of Chiloe were determined in 43 pot experiments with *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*. Deficiency in phosphorus and potassium predominated. Particularly, phosphorus deficiency was characteristic in every type of soil examined, with no exception the fertility diagram assigned maximum weight to potassium deficiency, although it didn't appear in all samples. Soils where there was low available phosphorus and potassium jointly with one or more severe scarcity of magnesium, sulphur, calcium and/or micronutrients were numerous.

The differences observed among fertility diagrams were attributed, mainly, to the nature of the generating material, influence of rainfall and temperature being less important.

Association between fertility lines, and organic matter content and soil pH—from pH 3.7 (KCl) to 4.6— could not be stated, nor was it observed that the smallest calcium availabilities were always related to soils with lowest pH's.

Deficiency symptoms for potassium, phosphorus, sulphur, magnesium and calcium appeared clearly in some of the samples, on the corresponding treatments.

On the equations for the respective fertility lines of phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur and micronutrients, the average values determined for A were: 37.6; 32.8; 91.7; 93.0; 83.3; and 93.1; for m: —0.01348; —0.01675; —0.00021; —0.00916; —0.00642 and —0.00649, respectively.

#### 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. 63 p. (informe técnico).
- ALMEYDA, E. y SÁEZ, F. 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Santiago. Ministerio de Agricultura y Departamento Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 195 p.
- MUNSELL. 1954. Soil Color Charts. Baltimore, Munsell Color Company. s/p.
- RODRÍGUEZ, M. 1959/1960. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. Agricultura Técnica (Chile). 19/20: 309-399.
- SCHENKEL, G. 1971. Evaluación de la fertilidad de un suelo mediante la producción de materia seca en ensayos de macetas. II. Diagrama de fertilidad. Turrialba (Costa Rica), 21 (3): 263-271.
- y BAHERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado. Agricultura Técnica (Chile). 31 (1): 9-24.
- , —, FLOODY, T. y GAJARDO, P. 1973. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. XII. Macronutrientes, provincia Llanquihue. Agricultura Técnica (Chile). 31 (3): 111-121.
- , —, —, —. 1972. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. X. Macronutrientes, provincia de Osorno. Agricultura Técnica (Chile). 32 (2): 99-111.
- , —, —, —. 1970. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. I. Experiencia preliminar. Agricultura Técnica (Chile). 30 (4): 179-193.
- , PINO, E. y FLOODY, T. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. III. Cálculo de las líneas de fertilidad sobre el diagrama de fertilidad. Agricultura Técnica (Chile). 31 (2): 106-115.
- WRIGHT, CH. 1965. The volcanic ash soils of Chile. Report to the Government of Chile. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 201 p. (Report Nº 2017).
- , 1959/1960. Observations on the soils of central Chile. Agricultura Técnica (Chile). 19/20: 96-124. También en: Agricultura Técnica (Chile). 19/20: 65-95.