

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas.

XX. Macronutrientes, provincia de Biobío¹

Schenkel S., Gotardo², Baherle V., Pedro³,
Floody A., Horacio⁴ y Gajardo M., Mauricio⁵.

INTRODUCCION

Este trabajo es una continuación de la exploración sistemática de deficiencias nutritivas ejecutada con suelos del sur de Chile en la Estación Experimental Carillanca, INIA, Temuco. El interés principal de incluir los suelos de Biobío en esta serie de ensayos en macetas, proviene del hecho que muchos de sus suelos derivan de cenizas volcánicas (Rodríguez, 1949; Wright, 1965 y 1959/1960; Valdés, 1969) y contienen alofán (Besoain, 1958; Wright 1965 y 1959/1960; Espinoza, 1968 y 1969 a, b, c, d.). Suelos chilenos ricos en alofán tienen gran fijación de fósforo, contienen abundante materia orgánica y registran un fuerte aumento de aluminio extractable (Urbina, 1965).

A lo anterior debe sumarse que en las provincias vecinas se han detectado importantes defi-

ciencias nutritivas. Araos, 1967, determina en Ñuble una carencia grave y general de fósforo, junto a pobreza en nitrógeno, azufre y potasio en algunos de los suelos investigados; Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1971, detectan en Malleco una falta de fósforo, potasio y azufre, aparte de una ausencia de uno o más microelementos, en algunos de los suelos sembrados; Kocher, Villalobos y Valenzuela, 1966, confirman la deficiencia de boro en Concepción. Los trabajos en remolacha sacarina (Rojas, 1970, 1973 y 1978; Letelier, 1965 y 1969) indican que los elementos fósforo, potasio y azufre también pueden ser carenciales en algunos suelos de la provincia de Biobío, informando Tollenaar, 1969, de la deficiencia de boro en suelos de Santa Bárbara.

La siembra de setenta suelos con ballica, de los cuales corresponden 66 a muestras superficiales, sirve para identificar las posibles deficiencias nutritivas que pudieran afectar a los suelos de la provincia de Biobío. Se emplea la técnica del elemento faltante, donde el tratamiento de un elemento cualquiera (Por Ej. sin P) corresponde a una fertilización completa pero sin dicho elemento (se omite el fósforo en el ejemplo indicado). La interpretación se hace por medio del diagrama de fertilidad (Schenkel, 1971).

REVISION DE LITERATURA

Casi un siglo y medio hace que se inició el estudio de las deficiencias nutritivas en los suelos de la provincia de Biobío. Dos estudiosos de gran

¹ Recepción originales: 1° de agosto de 1980.

Se agradece la importante ayuda material recibida de la Oficina de Los Angeles del Programa Ganadero Sur, CORFO, en la etapa de recolección y transporte de muestras. Asimismo se agradece la valiosa orientación proporcionada por el Ing. Agr. señor Francisco Aguirre para elegir los lugares de muestreo, y su permanente cooperación en la extracción de muestras.

² Ingeniero Químico, Casilla 244, Osorno.

³ Ing. Agr., Líder Nacional Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 5427, Santiago, Chile.

⁴ Laboratorista Químico, Universidad de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

⁵ Ayudante Laboratorio, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 58-D, Temuco, Chile.

prestigio universal, sumaron sus esfuerzos para esclarecer cuáles carencias nutritivas afectan a algunos suelos chilenos, en particular a cinco muestras de Santiago y a dos de Santa Fe, incluyendo las últimas a una "tierra ordinaria" y a una tierra *trumahu*" (Gay, 1842). Anota Gay, 1842, que "según las investigaciones de este ilustre sabio —se hace referencia a J. B. Boussingault, reconocido posteriormente como el padre de la moderna química agrícola (Russell y Russell, 1954)— resulta que estas tierras, muy ricas en humus como lo señala su color moreno, tienen una fuerte proporción de carbono y azoe... Pero, lo que falta en general es el ácido fosfórico".

Un siglo después, y esta vez tomando por base los resultados de numerosos ensayos de campo, Letelier, 1969, expresa que "los trumaos son suelos muy necesitados de fertilización fosfatada", ratificando la conclusión de Boussingault. También los ensayos en macetas efectuados por Sotomayor, 1952, "ponen énfasis principalmente en la notable deficiencia en fósforo que presentan todos los suelos de esta provincia". El fósforo se manifiesta "como el nutriente crítico para la remolacha sacarina" desde el comienzo de la experimentación de campo con este cultivo en 1945 (Rojas, 1973). Tanto en trigo como en betarraga sacarina "se comprueba que las fórmulas de carbono-nitrógeno-fósforo son las más efectivas" (Rodríguez, 1949). Letelier, 1965, hace extensiva la falta de fósforo en los suelos trumaos a los principales cultivos de la región, cuando escribe que "se comprueba el gran efecto de los abonos fosfatados en papa y raps, siendo el fósforo el elemento crítico para el establecimiento de praderas mixtas". La fertilización de las praderas de Biobío se mantiene hasta años muy recientes casi exclusivamente con abonos fosfatados, aún en ensayos de investigación (Ruiz, 1967). En el período posterior al de la realización del presente estudio se ha modificado sustancialmente la fórmula de fertilización de dichas praderas al agregarse al fósforo los elementos nitrógeno, potasio y azufre (Klee y Ruiz, 1974 y 1977).

Las deficiencias nutritivas están condicionadas, entre otros factores, al tipo de suelo y a la especie vegetal que se cultiva en él. De aquí surge la necesidad de referirse brevemente a los suelos. Los principales factores que determinan la diferenciación entre los suelos de Biobío son la topografía, el modo de formación y el material de origen de los suelos (Rodríguez, 1949 y Wright, 1965). Según Rodríguez

(1949) puede hacerse la siguiente clasificación de los suelos de esta región:

1. Suelos secundarios con predominio de perfiles arenosos.
2. Suelos secundarios con perfiles densos y arcillosos.
3. Suelos secundarios con perfiles de texturas muy finas y permeables (principalmente cenizas volcánicas (Wright, 1965).
4. Suelos secundarios aluviales, con perfiles estratificados, de arenilla, limo y arcilla.
5. Suelos de la Cordillera de la Costa, derivados de rocas graníticas con topografía de lomaje y severamente erosionados.
6. Formaciones locales de dunas, áreas de desagüe, llanos aluviales, áreas húmedas, áreas pedregosas, áreas de materiales volcánicos cementados, áreas que cubren otros suelos, y sedimentos.

Otros antecedentes que orientan al lector sobre el origen de los suelos de Biobío (Rodríguez, 1949 y Wright, 1965) la mineralogía de las arcillas (Besoain, 1958), la fisiografía relieve y drenaje (Rodríguez, 1949 y Wright, 1965), su capacidad de uso y la región natural a la cual pertenecen (Rodríguez, 1959/1960) y el clima (Almeyda y Sáez, 1958), pueden consultarse en los respectivos trabajos indicados en cada tema.

MATERIALES Y METODOS

Las deficiencias nutritivas de 66 muestras de suelo superficiales y cuatro subsuperficiales, procedentes de la provincia de Biobío, se determinan con *Lolium Perenne* × *Lolium multiflorum* en 70 ensayos de macetas. Las experiencias se efectúan en Temuco, en la Estación Experimental Carillanca, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Los lugares elegidos para la extracción de las muestras se identifican en el Cuadro 1, complementándose con la Figura 1 donde se da la distribución de las muestras superficiales en la provincia.

El ensayo de macetas se realiza en la forma descrita en la Parte II (Schenkel y Baherle, 1971) con la sola modificación que procede de agregar a cada maceta un volumen constante de semilla en vez de determinar dicha cantidad con balanza. Este objetivo se consigue medianamente un cilindro cerrado en su extremo inferior y

Cuadro 1. Identificación de las muestras de suelo. Provincia de Biobío.

Muestra Número		Profundidad cm.	Color Munsell	Lugar	Observaciones
Laborat.	Ensayo				
8842	287	0-20	10YR4/1	Los Angeles	15 Km al N. y 1 Km al O. Fundo Agua y Arena. Patri- cio Laing.
8843	288	0-15	5YR3/4	Los Angeles	18 Km al N. y 3 Km al E. Fundo El Rosal. Cía. Agríco- la y Ganadera Rucamanqui, potrero Huingan.
8844	289	0-20	10YR4/1	Los Angeles	Igual que 8843. Potrero Los Sauces-Vega.
8845	290	0-20	10YR4/2	Los Angeles	4 Km al E. de entrada N. Fundo San Isidro. Alberto Dagorré.
8846	291	0-20	10YR4/1	Los Angeles	8,5 Km hacia la Capilla. Fundo Campanario. René Petersen.
8847	292	0-15	10YR4/2	Los Angeles	20 Km al N.E., hacia la Capilla. Fundo La Rinconada. Mario Weldt.
8848	293	0-20	10YR3/2	Humán	Estación Experimental, INIA. Potrero Conejo Nor- te.
8849	294	20-45	10YR4/2	Humán	Estación Experimental, INIA. Potrero Conejo Nor- te.
8850	295	0-20	10YR3/2	Los Angeles	1,5 Km al E. Quinta Vásquez. Willy Fuchs.
8851	296	0-20	10YR3/2	Los Angeles	3 Km al N.O. hacia aeropuerto María Dolores. Fun- do Santa Lucinda. Francisco Rioseco.
8852	297	0-20	10YR4/2	Los Angeles	10 Km al N.O. hacia aeropuerto María Dolores. Fun- do El Corral. Carlos Reyes.
8854	299	0-20	5YR3/4	La Esperanza	2 Km al N. por ruta 5.
8855	300	0-20	5YR3/4	Mulchén	3 Km al S. por camino antiguo.
8856	301	0-15	7,5YR4/4	Mulchén	9 Km al S. Fundo Santa Trinidad. Manuel Castillo.
8857	302	0-20	10YR4/4	Mulchén	20 Km al S.E. hacia El Morro.
8858	303	0-20	10YR4/3	Mulchén	28 Km al S.E. Después del cruce El Morro - Tres Vien- tos, 0,5 Km hacia El Morro.
8859	304	20-50	10YR5/3	Mulchén	28 Km al S.E.
8860	305	0-20	10YR5/3	Mulchén	45 Km al S.E. hacia El Morro. Fundo San Martín
8861	306	0-20	10YR5/3	Mulchén	62 Km al S.E. y 7 Km al N. del río Renaico.
8862	307	0-20	10YR4/2	Mulchén	68 Km al S.E. Fundo El Morro.
8863	308	0-20	10YR4/4	Mulchén	50 Km al E. Fundo Santa Ema. Federico Villagrán.
8864	309	0-15	5YR3/4	Mulchén	5 Km al E.
8865	310	0-20	10YR4/3	Mulchén	16 Km al E. Fundo Santa Mónica.
8866	311	0-20	10YR4/3	Mulchén	25 Km al E.
8867	312	0-20	10YR4/4	Mulchén	35 Km al E. Fundo Maralita. César Chaud.
8868	313	20-50	7,5YR4/4	Mulchén	35 Km al E. Fundo Maralita.
8869	314	0-20	10YR4/3	Mulchén	45 Km al E.
8870	315	0-20	10YR4/3	Mulchén	60 Km al E.
8871	316	0-20	10YR4/3	Mulchén	10 Km al E. y 10 Km al N.E.
8872	317	0-20	10YR4/3	Mulchén	10 Km al E. y 20 Km al N.E.
8873	318	0-20	10YR4/2	Quilaco	5 Km hacia Mulchén. Asentamiento "Tierras para Chile". CORA.
8874	319	0-20	10YR4/3	Quilaco	5 Km al S.E. Fundo Ancud. Aurelio Solar Manzano.
8875	320	0-20	10YR4/3	Quilaco	5 Km al S.E. de Rucalhue. Fundo San Francisco. Re- nato Paredes.
8876	321	0-20	10YR4/2	Santa Bárbara	7 Km al N.E. Fundo Junquillo. Mariano Puga Vega (terrazza del río Biobío a 335 m).
8877	322	0-20	10YR3/2	Santa Bárbara	9 Km al N.E. Fundo Junquillo. Mariano Puga Vega (terrazza del río Biobío a 380 m).
8878	323	20-50	10YR4/2	Santa Bárbara	Igual que 8877.
8879	324	0-20	10YR4/4	Santa Bárbara	15 Km al N.E. hacia Huachi. Fundo Los Acacios. Adán Molina.
8880	325	0-20	10YR4/2	Santa Bárbara	5 Km al E. Fundo La Victoria. Victoria Ampuero de Gacitúa (terrazza a 300 m).
8881	326	0-20	10YR4/2	Santa Bárbara	4 Km al O. Hacia San Carlos de Purén. Fundo Mallín. Salamona Rosario.

Muestra Número		Profundidad cm.	Color Munsell	Lugar	Observaciones
Laborat.	Ensayo				
8882	327	0-20	10YR4/1	San Carlos de Purén	5 Km al S.E. hacia Santa Bárbara. Fundo Las Garzas. Walmar Westermeyer. Potrero Cántaro (con riego).
8883	328	0-20	10YR4/1	San Carlos de Purén	Igual al 8882. Potrero Acacia.
8884	329	0-20	7,5YR4/2	Mininco	3 Km al O. desde ruta 5 por camino a Negrete.
8885	330	0-20	5YR3/4	Mininco	10 Km al O. desde ruta 5 por camino a Negrete (próximo a Hacienda Micauquén).
8886	331	0-20	10YR5/3	Negrete	20 Km al O. desde ruta 5 (próximo al río Renaico).
8887	332	0-20	5YR3/4	Negrete	5 Km al S.O.
8888	333	0-20	7,5YR3/2	Negrete	15 Km hacia Mulchén.
8889	334	0-20	10YR3/3	Mulchén	10 Km al E. y 5 Km al N.E.
8890	335	0-20	10YR4/3	Mulchén	15 Km al E. Fundo Nilihue.
8891	336	0-20	10YR4/3	Mulchén	20 Km al E. hacia Caledonia. Fundo Santa Filomena.
8892	337	0-20	10YR4/3	Mulchén	28 Km al E. Fundo Montpellier. J. Vallejos.
8893	338	0-20	10YR4/3	Mulchén	40 Km al E. Fundo Manihuel.
8894	339	0-20	10YR4/3	Mulchén	5 Km al N.E. por camino al río Queuco.
8895	340	0-20	10YR4/3	Mulchén	20 Km al N.E. hacia Santa Adriana. Fundo Santa Ana de Pilo. Javier Correa.
8896	341	0-20	10YR4/4	Mulchén	33 Km al N.E. y 3 Km al E. de Santa Adriana.
8897	342	0-20	10YR4/4	Mulchén	45 Km al E. Maitenal. Florentino Soto.
8898	343	0-20	10YR5/1	Mulchén	60 Km al E. Piñiquihue. Parcela 79. E. Barrios.
8899	344	0-20	10YR4/3	Mulchén	75 Km al E. Piñiquihue frente a la junta de ríos Bio-bio y Coihue.
8900	345	0-20	5YR3/3	Mulchén	8 Km al N. por ruta 5 y 2 Km al O. Hacienda Licura.
8901	346	0-15	5YR4/4	Negrete	12 Km al E. hacia Mulchén. Fundo Munilque. Ernesto Correa.
8902	347	0-25	10YR4/1	Negrete	3 Km al N.O. Hacienda Negrete. Víctor Moller. Potrero Totoral (arena).
8903	348	0-20	10YR3/1	Negrete	1,5 Km al N.O. Hacienda Negrete Víctor Moller. Potrero El Sauce.
8904	349	0-20	10YR4/1	Renaico	2 Km al N. Parcela Santa Luisa. Pidi Molina.
8905	350	0-20	10YR4/2	Coigüe	1 Km al N.E. Fundo Coigüe Norte. Víctor Stevens.
8906	351	0-20	10YR4/1	Coigüe	8 Km hacia Los Angeles. Fundo Buenos Aires. Adriano Hercolat.
8907	352	0-20	10YR4/3	Quilleco	15 Km al E. hacia San Lorenzo. Fundo El Avellano. Rodolfo Patt.
8908	353	0-20	5YR3/4	Quilleco	2 Km al E. (suelo rojo arcilloso).
8909	354	0-20	10YR4/3	Villucura	5 Km al S. hacia Santa Bárbara. Fundo Las Mercedes. Mercedes Tapia.
8910	355	0-20	10YR4/1	Los Angeles	6 Km al S.O. hacia Santa Fe. Fundo San José de Pallihue. Raimundo Marín.
8911	356	0-20	10YR3/2	Los Angeles	20 Km al E. hacia Llano Blanco-Villucura. Fundo Curiche. Anguita y Aguirre.
8912	357	0-20	10YR4/1	Santa Fe	4 Km al E. ex fundo de Luis Hayerman. CORA.

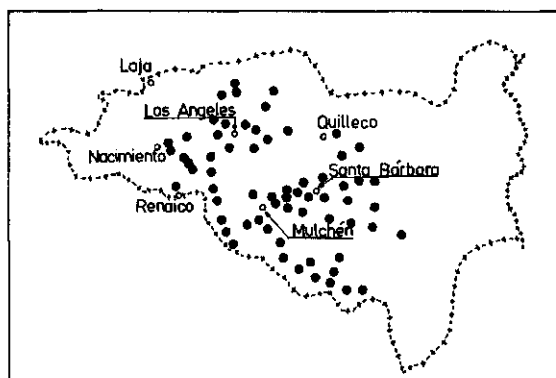


Figura 1. Distribución de las muestras de suelo en la provincia de Biobío.

calibrado para contener el peso equivalente de mil granos de semilla.

Los antecedentes de siembra y algunas características de las muestras de suelo utilizadas se dan en el Cuadro 2. La reacción del suelo se mide con electrodo combinado en una suspensión de suelo en solución normal de cloruro de potasio, empleando una relación 1 : 2,5. Los aná-

lisis de materia orgánica se efectúan por combustión húmeda mediante una mezcla crómico-sulfúrica, según el procedimiento descrito por Behn, 1965.

La interpretación de los resultados del ensayo de macetas se hace con ayuda del diagrama de fertilidad (Schenkel, 1971), calculando gráficamente los coeficientes de posición y angulares de las respectivas ecuaciones (Schenkel, Pino y Floody, 1971).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las diversas muestras de suelo recolectadas en la provincia de Biobío y que sirvieron para este ensayo de macetas, difieren considerablemente en sus contenidos de materia orgánica. El contraste entre muestras es tan grande, que la muestra más rica en materia orgánica (N° 8875 con 15,8%) supera en casi diez veces a la más pobre (N° 8864 con 1,7%), como se observa en Cuadro 2. Sin duda influye en este resultado la inclusión de suelos trumaos y no trumaos, por cuanto los últimos son más pobres en carbono orgánico que los suelos trumaos, en

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

Suelo N°	Datos de Siembra			pH KCl normal	Materia Orgánica %
	Suelo ¹ g/maceta	Humedad % ²	Fecha		
8842	2000	7,5	17.XI.70	4,4	3,1
8843	1800	15,0	17.XI.70	4,4	6,4
8844	1550	19,7	17.XI.70	4,6	10,4
8845	1650	34,5	17.XI.70	4,7	9,4
8846	2350	4,8	17.XI.70	5,4	7,3
8847	1700	20,2	18.XI.70	4,9	6,4
8848	1500	45,5	18.XI.70	4,8	9,8
8849	1350	54,1	18.XI.70	4,7	10,2
8850	1500	44,8	18.XI.70	4,8	12,5
8851	1500	45,9	18.XI.70	4,8	10,4
8852	1850	34,9	29.XII.70	4,9	5,8
8854	1450	25,8	15.III.71	4,1	3,7
8855	1500	20,6	15.III.71	4,0	4,7
8856	1650	16,4	15.III.71	4,1	3,7
8857	1200	44,5	15.III.71	4,6	8,5
8858	1200	34,1	15.III.71	4,5	8,4
8859	1200	46,1	15.III.71	4,9	3,3
8860	1100	58,5	15.III.71	4,7	8,0
8861	1150	50,4	15.III.71	4,6	10,1
8862	1500	29,6	15.III.71	4,3	5,1
8863	1200	41,2	15.III.71	4,6	8,4
8864	1600	16,1	16.III.71	4,1	1,7
8865	1250	31,1	16.III.71	4,7	7,5

¹ Incluye el peso de la maceta vacía (promedio 140 gramos).

² La humedad se expresa por 100 gramos de suelo seco.

Suelo N°	Datos de Siembra			pH Kcl normal	Materia Orgánica %
	Suelo ¹ g/maceta	Humedad % ²	Fecha		
8866	1250	42,0	16.III.71	4,7	6,7
8867	1150	38,5	16.III.71	4,7	8,1
8868	1150	68,5	16.III.71	4,9	1,7
8869	1150	46,2	16.III.71	4,7	7,4
8870	1150	41,5	16.III.71	4,6	10,2
8871	1250	36,3	17.III.71	4,7	9,5
8872	1250	49,0	17.III.71	4,7	10,0
8873	1300	27,5	17.III.71	4,4	8,4
8874	1250	41,6	17.III.71	4,5	12,4
8875	1250	42,1	17.III.71	4,5	15,8
8876	1250	27,3	17.III.71	4,4	12,2
8877	1200	68,4	17.III.71	4,3	11,5
8878	1300	84,1	25.III.71	4,4	14,1
8879	1300	22,0	25.III.71	4,5	11,4
8880	1350	39,0	25.III.71	4,6	9,8
8881	1400	47,7	25.III.71	4,7	10,5
8882	1600	26,9	25.III.71	4,7	8,0
8883	1500	29,0	25.III.71	4,7	5,0
8884	1600	10,4	25.III.71	4,0	8,0
8885	1700	10,3	25.III.71	4,1	4,8
8886	1600	20,1	25.III.71	4,3	8,4
8887	1600	8,9	25.III.71	4,2	5,0
8888	1700	13,7	25.III.71	4,1	5,0
8889	1550	24,5	25.III.71	4,1	6,8
8890	1600	16,4	25.III.71	4,2	7,0
8891	1250	40,5	25.III.71	4,7	10,2
8892	1150	48,8	25.III.71	4,7	11,7
8893	1150	37,8	25.III.71	4,5	12,1
8894	1550	30,6	25.III.71	4,3	6,5
8895	1400	33,5	25.III.71	4,7	10,4
8896	1350	37,7	25.III.71	4,7	10,1
8897	1300	14,4	25.III.71	4,6	13,2
8898	1250	48,0	25.III.71	4,6	7,7
8899	1250	28,7	25.III.71	4,5	12,2
8900	1600	28,3	25.III.71	4,1	6,5
8901	1800	13,4	25.III.71	4,1	7,8
8902	1800	12,0	15.IV.71	4,4	2,7
8903	1750	26,4	15.IV.71	5,0	7,3
8904	1700	26,7	15.IV.71	4,8	7,4
8905	1700	17,1	15.IV.71	4,6	5,4
8906	1550	14,6	15.IV.71	4,6	9,1
8907	1300	48,6	15.IV.71	4,8	10,4
8908	1700	30,1	15.IV.71	4,4	6,8
8909	1250	39,0	15.IV.71	4,7	10,8
8910	1650	30,1	15.IV.71	4,9	8,0
8911	1700	20,8	15.IV.71	4,6	3,8
8912	1650	21,6	15.IV.71	4,7	5,7

¹Incluye el peso de la maceta vacía (promedio 140 gramos).²La humedad se expresa por 100 gramos de suelo seco.

forma similar a como lo encontrara Tejeda, 1970, para los contenidos de nitrógeno total, con sus estudios de mineralización de nitrógeno en suelos de la provincia de Ñuble.

Mayor es la similitud en los resultados obtenidos con las determinaciones de la reacción del suelo. Cuando su pH se mide en una suspensión normal de cloruro de potasio, dichos valores fluctúan para las condiciones extremas entre pH 4,1 y pH 5,0, cuando se excluye a la única muestra muy arenosa (N° 8846 con pH 5,4). Por consiguiente, no hay asociación entre la reacción del suelo y su riqueza en carbono orgánico para las muestras investigadas.

Los dos parámetros, pendiente y coeficiente de posición, de todas las líneas de fertilidad calculadas individualmente para las 70 muestras de suelo provenientes de la provincia de Biobío se entregan en el Cuadro 3. También se proporciona con la Figura 2 el diagrama de fertilidad dibujado de acuerdo al valor promedio de las respectivas líneas de fertilidad en las muestras anteriores. Este criterio tiene el mérito de orientar sobre la importancia relativa de cada uno de los elementos nutritivos en la fertilidad de los suelos investigados, permitiendo ordenar las deficiencias en orden decreciente. Al analizar la Figura 2 desde este punto de vista es indudable que el fósforo se convierte en la carencia nutritiva predominante, seguida por la de potasio y luego por la de azufre, debiendo ser consideradas todas ellas como graves. Una curiosa coincidencia se da para las tres líneas de fertilidad referidas cuando se atiende a sus coeficientes angulares, por cuanto sus valores son muy semejantes, aunque no iguales. Ello confiere igualdad a las velocidades de agotamiento del fósforo, potasio y azufre por cuanto pueden considerarse paralelas entre sí las tres líneas de fertilidad discutidas en la Figura 2. Por lo tanto deberá concederse siempre al fósforo la primera prioridad al estudiar los problemas de fertilidad en los suelos de esta provincia, cualquiera sea su intensidad de uso. Se deja constancia que esta afirmación excluye al nitrógeno, por no haber sido investigado en esta experiencia.

Una vez detectada y corregida la deficiencia de fósforo se atenderá a la disponibilidad de potasio, para luego abocarse al azufre. El orden de importancia de las deficiencias nutritivas de potasio y de azufre se invierte cuando se compara los suelos de la provincia de Biobío con los de Ñuble (Araos, 1967) manteniéndose en común a la falta de fósforo como la carencia más grave.

Los coeficientes de posición de las líneas de fertilidad promedio del fósforo y del potasio tienen valores pequeños, indicando de este modo

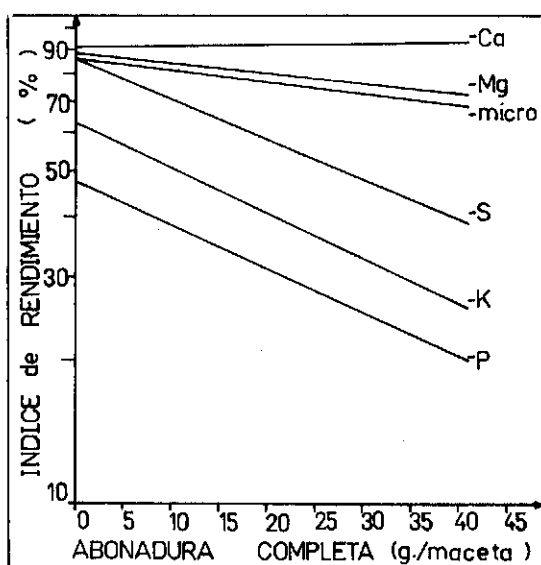


Figura 2. Diagrama de fertilidad promedio de la provincia de Biobío (70 muestras de suelo).

que las deficiencias de ambos elementos químicos afectan al desarrollo de las plantas desde el momento mismo de su germinación, situación general que no ocurre con el azufre.

Los parámetros que definen a la línea de fertilidad promedio de los micronutrientes en las muestras sembradas revelan que existe una deficiencia severa en uno o más de los micronutrientes siguientes: boro, manganeso, molibdeno, cinc o cobre. A este respecto deben citarse las observaciones de Schwabe (1953) quien encuentra "en el año 1950 en remolacha azucarera de varios fundos de la provincia de Biobío, la pudrición del corazón, una enfermedad estrechamente relacionada con carencias de boro". También IANSA, 1963/64, investiga el efecto del boro aplicado en sus dos formas, esto es, como bórax y como boronatrocalcita. Aunque los cinco ensayos de campo de Biobío "no acusan individualmente efectos a la aplicación de boro, presentan una tendencia positiva a su aplicación, ya que el follaje de las parcelas testigo mostraba síntomas de deficiencia de boro". En cambio, Schalscha, Riquelme, Vergara y Vergara (1968) encuentran que "los suelos estudiados no presentan deficiencias de cobre, cinc y hierro, pero sí tienen problemas en cuanto a su manganeso disponible", donde el suelo Arra-yán de Biobío es el más pobre en manganeso de todos los horizontes A estudiados.

El daño causado por la ausencia del o de los micronutrientes deficientes en los suelos de Biobío es de mayor gravedad que el provocado por

una carencia de magnesio o más todavía por una falta de calcio. En general se infiere de la Figura 2 que los suelos están mejor provistos de calcio que de magnesio, y de éste que del microelemento deficiente aún no identificado en esta experiencia, pero que corresponde al boro, molibdeno, cinc, manganeso o cobre

La discusión de las líneas de fertilidad del fósforo en los suelos de la provincia de Biobío debe considerar necesariamente los pequeños valores de su coeficiente de posición para la totalidad de las muestras. Su significado práctico radica en que la fertilidad potencial de dichos suelos no podrá alcanzarse jamás mientras no se corrija la deficiencia de fósforo, cualesquiera sean sus demás carencias nutritivas. Hay suelos para los cuales la limitante impuesta por la falta de fósforo es extremadamente grande, como puede verse en la Figura 3, porque junto a un pequeño coeficiente de posición existe una pendiente negativa elevada en su línea de fertilidad. Tal situación reviste mayor seriedad cuando se atiende a la muestra más rica en fósforo (N° 8846), donde su línea de fertilidad define solamente un índice de rendimiento máximo del 74% (Figura 3). Las líneas de fertilidad del fósforo de numerosos suelos de Malleco sobrepasan al mayor coeficiente de posición de la respectiva línea de fertilidad, correspondiente a la muestra más rica en fósforo procedente de Biobío (Schenkel, Baherle, Floody y Gajardo, 1971). Además, y con la sola excepción de la muestra N° 2007 (Curacautín) de la provincia de Malleco, las mayores pendientes negativas se ubican en suelos procedentes de la provincia de Biobío. En resumen, puede sostenerse que los suelos de Biobío incluidos en la presente investigación poseen dos propiedades poco deseables en lo que concierne al fósforo: baja disponibilidad de este elemento, y un rápido agotamiento de sus fracciones asimilables.

Los resultados procedentes coinciden con las conclusiones de Sotomayor (1952) cuando sostiene que sus ensayos de macetas utilizando tres especies vegetales —cebada, trigo y trébol— “ponen énfasis principalmente en la notable deficiencia de fósforo que presentan todos los suelos de la provincia de Biobío”, sean éstos arenosos, rojo-arcillosos o trumaos.

Para unos pocos suelos se calculan coeficientes angulares positivos, significando con ello que la disponibilidad de fósforo tiende a aumentar cuando aumenta la masa radicular. El valor positivo asumido por la pendiente es insuficiente y demasiado pequeño para subsanar sensiblemente la grave deficiencia de fósforo

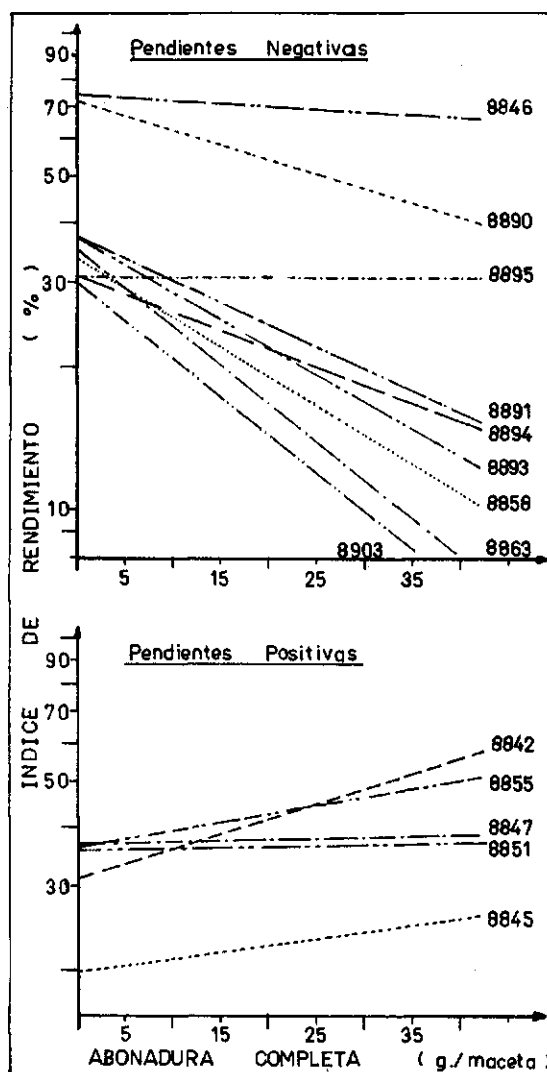


Figura 3. Líneas de fertilidad de fósforo de diversos suelos de Biobío.

que caracteriza a estos suelos, como se puede observar en la Figura 3.

Lamentablemente, se da la circunstancia que en la mayoría de las muestras se determinan líneas de fertilidad del fósforo con pendiente negativa, pudiendo llegar a ser ésta extremadamente grande (por ejemplo, para la muestra 8881 se calcula $m = -2532 \times 10^{-5}$) agravando así marcadamente la ya severa deficiencia del fósforo impuesta por el pequeño valor del respectivo coeficiente de posición.

Los suelos que ofrecen un rápido agotamiento del fósforo disponible para las plantas están ubicados preferentemente en la precordillera andina, circunscribiéndose numerosas muestras superficiales a los alrededores de la región de Santa Bárbara.

La abundante experimentación de campo realizada en suelos del área con remolacha sacarina indica "que en general el fósforo es uno de los elementos de mayor importancia en cualquier tipo de suelo" (Rojas, 1973) no existiendo una dosis mínima única de abono fosfatado capaz de crear las condiciones adecuadas para un óptimo desarrollo del cultivo. Tal comportamiento se explica por sus diferentes contenidos de alofán, como lo determina Espinoza (1968 y 1969 a, b, c, d) en suelos similares de la vecina provincia de Ñuble. Además "puede observarse que en las zonas de Biobío y Llanquihue, donde dominan los trumaos más típicos, los rendimientos de los testigos son muy bajos y el efecto de la localización del abono fosfatado es notable" (Letelier, 1965).

Del Cuadro 3 se desprende que no todos los suelos son deficientes en potasio. Algunas muestras (por ejemplo, la muestra número 8858 en la Figura 5), se destacan por agotar rápidamente sus reservas de potasio. Caracteriza a esta muestra un pequeño valor del coeficiente de posición junto a una elevada pendiente de signo negativo (Cuadro 3). Este comportamiento tan adverso a la nutrición de las plantas pareciera ser peculiar a un grupo de suelos ubicados al este y sudeste de Mulchén, como se infiere de la identificación dada en el Cuadro 1 para las muestras 8857, 8858, 8859, 8860, 8861, 8862, 8863, 8865, 8866, 8867, 8868, 8869, 8870.

La falta de fósforo es general a todas las muestras de Biobío, no así la de potasio, con lo cual

Cuadro 3. Valores de la ecuación $\log y = \log A + m^x$, correspondientes a las diferentes líneas de fertilidad. Provincia de Biobío

Suelo Nº	Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Micronutrientes	
	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹
8842	31,0	+ 629	23,0	- 513	76,0	+ 568	85	+ 514	80,0	- 873	74,0	+ 548
8843	51,0	- 364	68,0	- 342	80,0	+ 510	95	+ 38	100,0	+ 894	51,0	+ 722
8844	perdido		52,0	- 943	81,0	+ 366	89	- 193	41,5	- 520	94,0	- 254
8845	19,7	+ 295	82,5	- 771	88,0	- 116	81	+ 35	69,0	- 978	71,0	+ 181
8846	74,0	- 113	52,0	- 909	113,0	- 817	78	0	58,0	- 987	64,0	- 278
8847	37,0	+ 49	90,5	- 645	86,0	+ 66	91	- 33	87,0	- 1.277	83,0	- 35
8848	36,3	- 220	24,1	- 523	98,0	+ 44	96	- 199	81,5	- 1.267	105,0	- 303
8849	47,0	- 1.563	15,2	- 587	85,5	+ 168	109	- 374	77,0	- 848	43,8	- 167
8850	41,5	- 280	46,5	- 867	98,5	+ 11	107	- 326	113,0	- 1.067	110,0	- 277
8851	36,0	+ 460	92,0	- 304	104,0	0	90	0	105,5	- 811	98,0	0
8852	38,5	- 227	43,0	- 786	91,0	+ 200	94	- 250	76,5	- 955	68,0	- 0
8854	37,0	- 859	82,0	- 945	75,0	+ 510	88	- 89	83,0	- 206	85,0	+ 41
8855	36,5	+ 351	48,0	- 833	65,0	+ 693	87	- 270	60,0	- 792	79,0	- 568
8856	51,5	- 949	92,0	- 1.415	93,0	+ 226	98	- 365	71,0	- 1.113	105,0	- 947
8857	41,5	- 835	76,0	- 774	81,0	+ 169	120	- 660	93,0	- 674	97,0	- 616
8858	33,5	- 1.245	30	- 2.030	88	+ 135	83	- 176	86	- 468	81,5	- 189
8859	58	- 1.895	37	- 1.601	96	- 70	104	- 583	90	- 343	76,0	+ 74
8860	40,5	- 1.787	40,5	- 1.558	82	+ 106	64	- 268	64	+ 95	92,0	- 580
8861	59,0	- 1.793	20	- 1.942	103	- 29	98	- 435	69	+ 103	86,5	- 467
8862	48,0	- 975	45	- 1.544	106	- 133	84	- 133	80	- 669	111,0	- 1.406
8863	35,5	- 1.643	46	- 580	130	- 812	112	- 630	93	- 560	120,0	- 863
8864	65,0	- 840	118	- 342	114	- 19	109	+ 8	130	- 1.355	105,0	+ 216
8865	54,0	- 594	65	- 672	105	- 335	97	- 137	103	- 394	102,0	- 481
8866	37,5	- 231	69	- 861	117	- 227	110	- 553	105	- 528	110,0	- 761
8867	38,0	- 343	20,4	- 81	994	+ 155	92	- 530	87	- 521	84,0	+ 79
8868	54,0	- 1.744	34	- 1.085	111	- 267	84	- 53	104	+ 115	80,0	- 378
8869	45,5	- 1.106	21,2	- 1.419	82	+ 208	92	- 904	97	- 679	97,0	- 711
8870	61,5	- 1.532	39	- 2.627	78	+ 514	104	- 32	80	- 193	97	- 580
8871	56	- 813	100	- 1.294	98	+ 61	108	- 349	117	- 937	83,0	- 303
8872	46,5	- 172	102	- 1.110	98	0	101	- 287	88	- 486	64,0	+ 130
8873	41	- 176	105	- 876	105	0	93	- 105	94	- 862	85,0	0

¹ Todos los valores de m deben multiplicarse por 10⁻⁵

Suelo N°	Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Micronutrientes	
	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹	A	m ¹
8874	56	-1.412	96	- 990	89	0	79	0	87	- 205	70,5	- 77
8875	37,5	- 167	82,5	- 642	93	+ 117	89	- 163	100,0	-1.667	64	+ 775
8876	38,5	- 323	61,0	- 639	100	+ 452	90	0	110,0	-1.035	85	0
8877	45,0	- 629	49,0	-1.500	100	0	95	- 63	100,0	-2.174	98	- 210
8878	73,0	-2.302	66,0	-1.999	93	+ 315	89	- 298	101,0	-1.114	101	- 643
8879	55,0	-1.438	61,0	- 82	101	- 249	95	- 505	95,0	- 927	88	- 465
8880	53,0	-1.931	54,0	-1.831	91	- 700	94	-1.022	86,0	- 964	70	- 745
8881	66,4	-2.532	115,0	- 928	140	- 325	136	- 326	123,0	-1.682	132	- 402
8882	56,0	- 332	56,5	- 573	85	+ 430	92	+ 23	73,5	- 1.346	98	- 252
8883	54,5	- 228	100,0	- 741	89	+ 121	91	- 130	105,0	- 1.200	102	- 273
8884	62,5	-1.566	70	-1.653	81	+ 208	82	- 209	93,0	-1.467	77	- 110
8885	46,0	- 579	89,0	-1.337	100	0	96	- 436	86,5	- 207	98	- 400
8886	48,0	- 199	104,0	-1.099	97	+ 189	79	+ 402	81,5	-1.034	97	- 139
8887	62,5	- 952	88	- 694	105	+ 91	103	- 125	123,0	-1.344	109	- 232
8888	50,0	- 528	86	-362	88	+ 38	88	+ 28	114,0	-1.577	92	- 64
8889	59,0	- 345	66,5	932	77	+ 473	88	+ 83	97,0	-1.898	94	- 27
8890	72,0	- 613	84	-1.199	98	- 25	107	- 295	115,0	-1.632	117	- 390
8891	37,5	- 934	51,5	- 479	83	+ 114	79	0	106,0	- 448	Perdido	
8892	44	-1.650	56	- 784	89	+ 164	50	+ 56	63	+ 253	64,0	0
8893	37,5	-1.148	26	- 692	91	- 24	76	- 498	72	0	81,5	- 65
8894	31	- 768	38,5	- 650	97	+ 39	87	- 175	70	- 398	86,5	- 77
8895	30,8	0	41	- 413	98	+ 24	81	- 16	89	- 306	83,5	- 160
8896	39	-1.010	17,2	0	65	+ 356	37	+ 382	64	0	44,0	+ 209
8897	42	-1.154	48	- 491	99	- 132	66	- 172	91,5	-345	80,0	- 292
8898	45	-1.054	14,7	0	61	+ 622	69	-1.234	81	- 308	55,5	-113
8899	45,5	- 853	42	- 407	75,5	+ 172	56	+ 187	70,5	- 809	59,0	+ 100
8900	50,5	- 397	82	- 723	87	+ 65	103	- 498	100	-1.290	100,0	- 228
8901	60	-1.037	80	- 317	90	0	88	- 62	93	- 56	96,0	- 275
8902	51	1.387	38	-1.260	73	-1.427	105	-1.317	58	-1.697	81,0	- 674
8903	54	-1.684	40,5	-1.215	72	+ 210	75,5	-1.301	67,5	-2.513	80	- 645
8904	68,5	-2.199	62,5	-1.063	74	- 363	77	-1.146	58,5	- 516	83	-1.212
8905	44,5	-1.852	89	- 533	77	+ 32	91	- 163	63,5	-1.487	87	- 145
8906	33	-1.482	99	-1.205	57	+ 227	51,5	+ 391	86	- 964	78,5	- 82
8907	34	-2.006	96	-1.347	69	+ 201	79	+ 29	93	- 370	Perdido	Perdido
8908	30	-1.590	82	- 587	84	+ 168	91	- 147	58	- 672	86	- 119
8909	51	-2.246	94,0	-1.268	110	- 414	47	- 113	103,0	- 470	43	+ 435
8910	50,5	- 365	52,0	-1.627	118	- 821	100	- 474	62,5	- 812	100	- 590
8911	54,0	- 751	53,5	-1.868	111	- 336	81	- 524	58,5	-2.131	125	-1.077
8912	46,0	- 618	106,0	- 870	63	+ 337	65	+ 121	35,5	- 780	67	+ 131
Promedio (70 suelos)												
	47,3	-909,8	63,1	-939,7	91,3	+25,5	88,4	-228,0	85,9	-836,5	86,4	-245,3

¹Todos los valores de m deben multiplicarse por 10⁻⁵

se originan distintas situaciones de acuerdo a la incidencia que tiene la gravedad de una carencia en relación a la de la otra. Cuando en un suelo coexisten las dos deficiencias será imprescindible corregirlas simultáneamente, para así elevar su fertilidad actual. Puede suceder que la pobreza en potasio supere a la limitación impuesta por la falta de fósforo. El caso más frecuente ofrecido por el diagrama de fertilidad corresponde a la coexistencia de ambas

deficiencias, pero donde la de fósforo supera a la de potasio. Finalmente puede plantearse la situación de la muestra N° 8866, en la cual comienza siendo mayor la deficiencia de fósforo que la de potasio, para luego invertirse las intensidades de las carencias. Esta propiedad deriva de la existencia de un punto de intersección entre ambas líneas de fertilidad.

Entre los suelos de Biobío estudiados, también los hay con deficiencia de fósforo pero no

de potasio. A tales suelos no hace falta una fertilización de corrección con potasio. Una vez que las plantas comienzan a aumentar las extracciones de potasio desde el suelo, éstos son incapaces de suministrar suficiente potasio asimilable, por lo cual se hace cada vez más intensa la deficiencia de potasio. Es impropio hablar en estas muestras de una deficiencia inicial de potasio, por lo cual tampoco requieren de una fertilización de corrección con abono potásico. Sin embargo, la abonadura de mantención con potasio será indispensable, aunque únicamente si se va a hacer una fuerte extracción de potasio, lo cual ocurre con elevados rendimientos de los cultivos. Así, los suelos con dicha característica dan lugar a un problema de interpretación, porque si la pendiente es negativa, llegará un instante a partir del cual el índice de rendimiento puede ser considerado deficiente.

A este respecto es oportuno consultar la investigación con remolacha. Rojas (1973) afirma que "en los suelos Arenales se aprecia un incremento de rendimiento hasta la dosis de 250 Kg K_2O /ha", mientras en el "sector Chacayal —serie Arrayán— se obtienen los mayores incrementos con 300 Kg K_2O /ha, sin saber si dosis superiores siguen incrementando los rendimientos o no", por lo cual en "el área de Chacayal de la provincia de Biobío hay una alta respuesta al potasio" (Rojas, 1973). Posteriormente determina (Rojas, 1978) que "la serie Arrayán debe considerarse como de alto contenido de potasio, atendiendo al promedio de 25 determinaciones; sin embargo, hay sectores deficitarios en dicho elemento". Todo parece indicar que la respuesta al fertilizante potásico está estrechamente relacionada con el manejo que se lleva en el predio. En efecto, "la gran respuesta que se tiene a este nutriente corresponde a sectores de pequeños agricultores donde los cultivos son muy intensivos y en los cuales se cultivan especies extractoras de potasio sin que la fertilización sea apropiada para este tipo de rotaciones o sucesiones de cultivos" (Rojas, 1973).

En general, "suelos bajos o muy bajos en su contenido de potasio, tienen una gran respuesta a la utilización del nutrimento", obteniendo en remolacha una buena respuesta al fertilizante potásico, independientemente de cual sea la fuente potásica empleada. Por el contrario, "suelos clasificados como de contenido intermedio en potasio tienen una respuesta errática a la aplicación de potasio" (Rojas, 1978).

El azufre es otro nutrimento al cual debe concederse gran atención en los estudios de fertilidad de los suelos de Biobío, como lo indica el dia-

grama de fertilidad representado en la Figura 2. De un modo similar a lo indicado para el potasio, no todas las muestras estudiadas son pobres en azufre, pues también las hay bien provistas en este elemento. Sin embargo, de entre los suelos deficientes los hay con extremada pobreza en azufre, pudiendo llegar a ser aún más grave que la de fósforo (muestras N^{os} 8846, 8882, 8903, 8904, 8911 y 8912) o la de potasio (muestras N^{os} 8844, 8845, 8847, 8856, 8885, 8886, 8904, 8905, 8906, 8908 y 8912).

A partir de las líneas de fertilidad del azufre dadas en la Figura 4, podrían estimarse

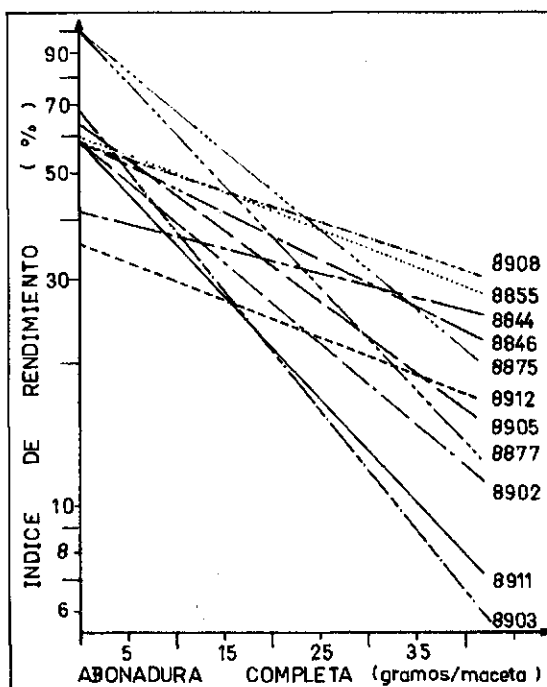


Figura 4. Líneas de fertilidad del azufre de diversos suelos de Biobío.

bien provistas en azufre las muestras N^{os} 8875 y 8877 cuando se atiende a los valores de su coeficiente de posición. No obstante lo anterior, tienen una muy grave deficiencia de azufre, porque la velocidad de agotamiento de sus reservas es extremadamente rápida. Las mayores pendientes negativas (Cuadro 3) de las líneas de fertilidad del azufre así lo indican para las muestras N^{os} 8877, 8903 y 8911 dados en la Figura 4, existiendo en todos estos suelos una deficiencia de azufre cuando aumenten las extracciones que de él hacen las plantas. Hay antecedentes de campo que confirman esta interpretación. Rojas, 1973, sostiene que "en los 94 diferentes ensayos efectuados por IANSA en que se ha investigado el efecto del azufre en la remolacha sacarina, se aprecia que este cultivo

tiene una mayor respuesta a este elemento desde la provincia de Ñuble al sur, no siendo en ningún caso generalizada, sino de tipo zonal, llegando a ser en algunos casos limitante serio del cultivo". En la provincia de Biobío se determina una gran respuesta a las dosis de 50 Kg S/ha en algunos suelos Arenales del sector de caminos "Los Angeles-Antuco y Quilleco" (Rojas, 1973). Además en la serie Arrayán de la provincia de Biobío, la respuesta es de 100% para el azufre y 50% para el potasio, obteniéndose un incremento promedio de raíces por efecto del nutrimento azufre de 12 ton/ha y de 4,8 ton/ha por efecto del potasio" (Rojas, 1978). Agrega que la mayor respuesta al azufre se produce en aquellos suelos cuyo contenido es de 50 ppm o menos".

Por la dependencia existente entre las deficiencias de azufre y la de otros nutrimentos de las plantas, especialmente fósforo y potasio (probablemente también nitrógeno) para los suelos de Biobío, es posible prever que en el futuro serán más frecuentes en ellos las manifestaciones de una falta de azufre. Esta situación se generará por tres razones principales:

- 1) La difícil detección actual de la deficiencia de azufre, hasta no corregir otras carencias que condicionan su aparición. La mayor extracción de azufre sólo es posible si los respectivos cultivos son forzados a mayores rendimientos, lo cual requiere, a lo menos, una buena nutrición con fósforo, nitrógeno y potasio. Esta afirmación se ve corroborada en remolacha "donde desde 1960 la experimentación de campo demostró que cuando se empleaban altas dosis de nitrógeno y de fósforo en algunas zonas, se presentaban amarilleces que no eran de esperar en el cultivo" (Rojas, 1973), reconociéndose posteriormente como síntomas de deficiencia de azufre.

- 2) Las dosis de azufre aplicadas son a veces insuficientes para mejorar sensiblemente la nutrición de las plantas con azufre, por lo cual no hay elevación significativa de rendimientos. También hay antecedentes de campo que así lo confirman, pues "la no respuesta al azufre se debería a que las dosis de fósforo y de azufre utilizadas eran muy bajas para obtener los máximos rendimientos, en la mayoría de los suelos en que se realizaron las experiencias con remolacha" (Rojas, 1973).

- 3) El empleo cada vez mayor que tienen las aplicaciones de abonos fosfatados de alta ley en fósforo, fundado en razones económicas, lleva a posponer más a menudo el empleo de fertilizantes fosfatados que aportan azufre al suelo.

Algunos diagramas de fertilidad son apropiados para mostrar la complejidad que tiene la detección de la carencia de azufre, cuando no se subsanan otras limitantes nutricionales. La elección recae en cuatro suelos dados en la Figura 5, por contar para cada uno de ellos con las muestras superficial y subsuperficial respectivas.

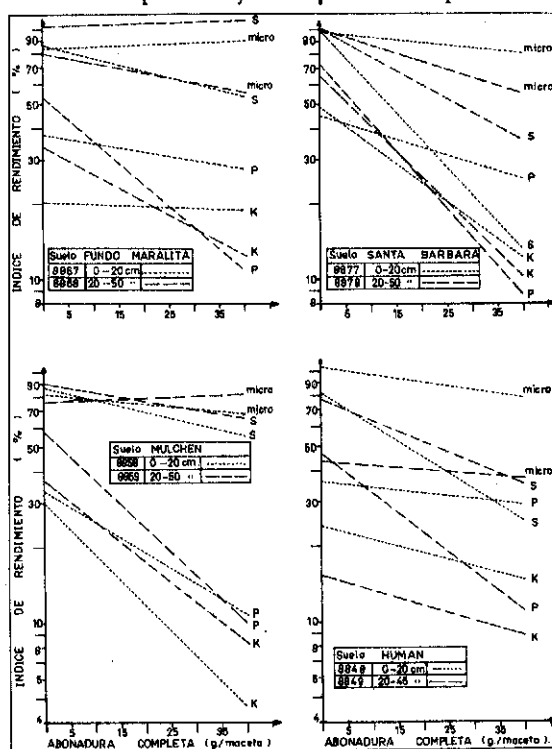


Figura 5. Diagramas de fertilidad de 4 suelos de Biobío a 2 profundidades.

1. La muestra superficial N° 8867 del fundo Maralita dispone de reservas de azufre insuficientes para considerarlo un suelo suficiente en azufre. Pero la no fertilización con azufre tendrá poca incidencia, especialmente en cultivos con un sistema radicular que penetre más allá de 20 cm en el perfil del suelo, porque la correspondiente muestra subsuperficial N° 8868 es rica en azufre. Por lo tanto, será muy improbable que en el suelo del fundo Maralita se detecte una deficiencia de azufre. Para que esto pudiese suceder deberían concurrir a lo menos las dos circunstancias siguientes: primero, que la planta cultivada tenga un desarrollo radicular muy superficial (menos de 20 cm de profundidad) y, luego, que sean corregidas las severas restricciones impuestas a la fertilidad del suelo por la falta de potasio y de fósforo.

2. Alguna similitud con el ejemplo anterior tiene la muestra procedente de Mulchén, 25 km al S.E. (N°s 8858 y 8859), porque hay mayor pobreza de azufre en superficie, pero con la varian-

te que las reservas de azufre del subsuelo son intermedias. Para cultivos poco extractores de azufre es dudoso que se manifieste su deficiencia en este suelo, pero lo opuesto debería ocurrir con cultivos más exigentes. Ciertamente será esencial proporcionar al suelo suficiente fósforo y potasio para que pueda detectarse la deficiencia de azufre, como consecuencia de las mayores extracciones que de éste se hace a mayores rendimientos de las plantas cultivadas.

3. El diagrama de fertilidad del suelo de Santa Bárbara (N^os 8877 y 8878, Figura 5) no acusa deficiencia de azufre para ninguna de las muestras procedentes de las dos profundidades, siempre que los rendimientos de los cultivos sean pequeños. Un aumento sustancial en la producción de materia seca sólo es posible si se agregan los tres elementos, fósforo, potasio y azufre, sin contar al nitrógeno. La abundante fertilización fosfatada sola, o la potásica sola, no son suficientes para evidenciar una respuesta al azufre; será indispensable que se agreguen ambos nutrimentos simultáneamente. Además, ningún microelemento tiene participación en la respuesta al azufre.

4) Mayor complejidad tiene el diagrama de fertilidad del suelo Human (muestras N^os 8848 y 8849, Figura 5). La respuesta a la fertilización con azufre es posible si se corrigen las carencias de potasio y fósforo, igual que en el ejemplo anterior. Pero, en atención a las restringidas reservas de uno (o más) micronutrientes, especialmente en la muestra subsuperficial, puede tener mayor urgencia la corrección de la falta del micronutriente que la de la propia deficiencia de azufre. Esta situación será particularmente cierta cuando se trate de cultivos incapaces de utilizar los micronutrientes acumulados en el horizonte A del suelo, o en períodos de sequía en superficie.

En los suelos de Biobío se da la condición general que la deficiencia de microelementos tiene una menor incidencia sobre las producciones de los cultivos que la causada separadamente por cada una de las carencias ya discutidas, esto es, fósforo, potasio o azufre. Sin embargo, esta generalización no es razón válida para descuidar el rol que pueden asumir los microelementos en la fertilidad de algunos suelos de la provincia.

La experimentación de campo desplegada por IANSA con remolacha en la provincia de Biobío incluyó siempre 2,2 Kg B/ha en todos los tratamientos de fertilización, excluyendo sistemáticamente a los demás micronutrientes

(Rojas, 1978). Esta metodología de trabajo permitió la obtención de buenos rendimientos en el cultivo, lo cual indicaría que el boro sería el microelemento deficiente. Schwabe, 1953, coincide con la apreciación anterior. A su vez, Tollenaar, 1969, observa síntomas de deficiencia de boro en plantaciones de pino "10 Km al oeste de Santa Bárbara en la provincia de Biobío". Aunque, "los ensayos de Biobío no acusan individualmente efectos a la aplicación de boro" (IANSA, 1963/64), "la remolacha tiene una respuesta favorable a la aplicación de boro y su no inclusión en la fertilización produce serios problemas en el cultivo y una baja considerable en los rendimientos" (Rojas, 1973). Basados en el presente ensayo de macetas no puede sostenerse que sea el boro el microelemento carencial, pero sí puede afirmarse que la deficiencia detectada debe atribuirse a uno o varios de los micronutrientes siguientes: boro, molibdeno, manganeso, cobre o cinc, pues todos ellos fueron omitidos colectivamente de la fórmula de fertilización cuando se comprobaron caídas de rendimiento.

El diagrama de fertilidad representado en la Figura 2 no debe llevar a creer en la inexistencia de graves deficiencias de magnesio o de calcio en algunos suelos de esta provincia. Hay unos pocos suelos en los cuales una u otra de las carencias citadas es muy grave como puede verse en el Cuadro 3. La pendiente positiva es la característica más importante de los parámetros que definen a la línea de fertilidad del calcio, propiedad que se mantiene para el magnesio, pero con menor frecuencia.

"Los resultados del encalado en la remolacha han sido generalmente de orden secundario en la experimentación", no reaccionando favorablemente a él tres trumpos típicos (IANSA 1963/64). Tampoco hubo efecto a la cal ni a la interacción PxCa en un suelo Santa Bárbara de Biobío (IANSA, 1962/63), constatándose en el suelo Human un efecto depresivo del encalado sobre la respuesta al fósforo (IANSA, 1963/64). Hay coincidencia entre los resultados de los citados ensayos de campo con remolacha sacarina y los del presente ensayo de macetas con ballica, por cuanto se identifican muy pocos suelos como deficientes en calcio (Letelier, 1965). Los ensayos de campo tienen el mérito de haber incluido varias dosis intermedias y una máxima de 4.000 Kg de carbonato de calcio/ha.

Ellis, Mc. Donald y Vymeister, 1979, postulan a partir de ensayos de laboratorio con suelos de Valdivia, que las encaladuras fuertes van acompañadas de una mayor disponibilidad de

fósforo, por liberación del fósforo inorgánico. Lamentablemente los ensayos de interacción $P \times Ca$ (IASA, 1963/64), ni tampoco los de interacción $N \times P \times Ca$ (IASA, 1962/63) apoyan esta hipótesis en suelos cultivados con remolacha sacarina.

Los diagramas de fertilidad de las muestras N°s 8896 y 8903 han sido elegidos en la Figura 6 para ilustrar sobre la complejidad de sus problemas de fertilidad e insistir en el concepto de jerarquía de deficiencias nutritivas. El suelo Mulchén-Santa Adriana tiene dos deficiencias preponderantes (fósforo y potasio) indispensables de corregir, previo a cualquier intento de demostrar la existencia de las restantes carencias. El suelo N° 8896 en presencia de suficiente fósforo y potasio elevará notoriamente su fertilidad actual, pero se verá afectado por las deficiencias de magnesio y de microelementos (uno o más de los siguientes: boro, molibdeno, cobre, zinc o manganeso). Así lo indica la gran proximidad entre ambas líneas de fertilidad y demuestra que la adición de magnesio solo o de micronutrientes exclusivamente no modificará sustancialmente su fertilidad actual. Enseguida se observa en la Figura 6 que la corrección de las carencias de fósforo, potasio, magnesio y microelementos todavía no es condición suficiente para poder demostrar la existencia de una deficiencia de calcio; es necesario además agregar azufre. Cuando así se procede, recién comienza a ponerse de relieve el deterioro que produce la deficiencia de calcio, cuya característica principal es que ocasiona los mayores daños en el periodo inicial del desarrollo de las plantas, periodo en el cual rara vez se miden sus rendimientos. Si a esto se suma la circunstancia que los

abonos fosfatados se agregan preferentemente en forma cálcica, es prácticamente imposible determinar la deficiencia de calcio basados exclusivamente en los rendimientos de cultivos.

Otro diagrama de fertilidad igualmente complejo para detectar la deficiencia de calcio lo ofrece la muestra N° 8903 de Negrete (Figura 6). A cualquier nivel de producción actúan siempre los tres elementos faltantes dominantes (azufre, fósforo y potasio), pero con la notoriedad que a bajos rendimientos queda controlada la fertilidad actual por la falta de potasio, función que posteriormente ocupa el azufre a mayores producciones. Por la existencia de un punto de intersección entre las líneas de fertilidad del magnesio y la del calcio, se admite que en presencia de suficiente fósforo, potasio y azufre queda enmascarada la deficiencia de magnesio por una falta de calcio en el período de desarrollo inicial de los cultivos; tal efecto desaparece posteriormente, al aumentar la producción de materia seca. Por otra parte, el mayor coeficiente de posición de la línea de fertilidad de los microelementos relativo al del calcio, indicaría que la deficiencia de calcio se manifiesta en la fase inicial hasta alcanzar una producción equivalente al punto de intersección de las dos líneas de fertilidad citadas. A partir de este punto de intersección, la carencia de calcio sólo podría ser detectada en el suelo debidamente fertilizado con el micronutriente deficiente.

Para probar la deficiencia de calcio (y posiblemente también la de magnesio) con ensayos de campo en suelos de Biobío similares a los de Negrete y de Humán, se requiere de una experimentación que anteponga el método del elemento faltante al del elemento agregado, modalidad esta última tradicionalmente aplicada.

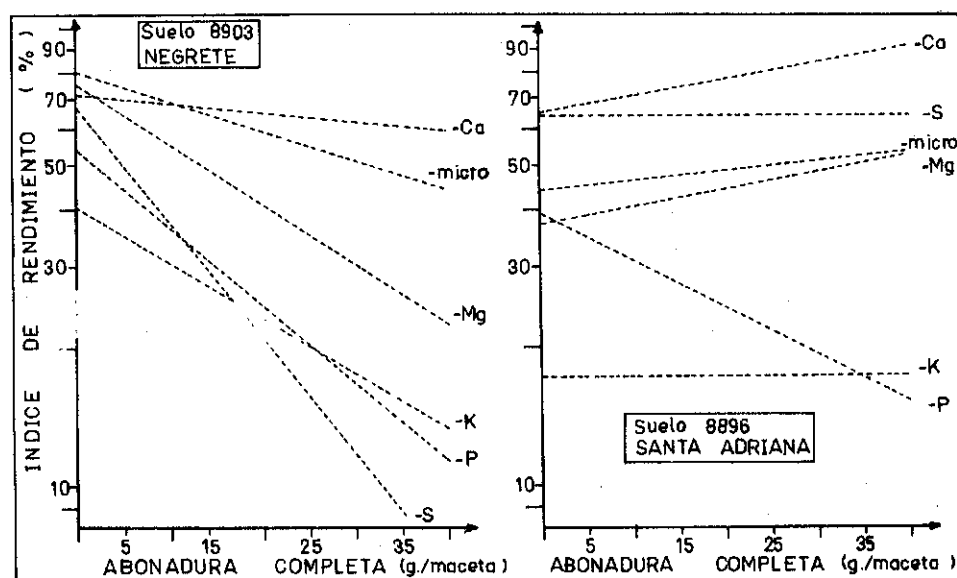


Figura 6. Diagramas de fertilidad complejos de 2 suelos de Biobío.

CONCLUSIONES

El presente ensayo de macetas realizado en 70 muestras de la provincia de Biobío permite sacar las siguientes conclusiones:

1. Todos los suelos recolectados son deficientes en fósforo, pero no todas las muestras son pobres en los demás nutrimentos para las plantas. Nunca podrá alcanzarse la fertilidad potencial en los suelos de Biobío mientras no se incorpore suficiente fósforo al suelo, independientemente de cuales sean las demás carencias.

2. Al ordenar las intensidades de las deficiencias que afectan a los suelos de Biobío en un orden decreciente, puede establecerse la secuencia siguiente: fósforo, potasio, azufre, micronutrientes, magnesio y, sólo muy aisladamente, calcio. Sin embargo, no son pocos los suelos en los cuales la intensidad de las carencias de potasio, azufre, magnesio o micronutrientes supera a la de la propia falta de fósforo.

3. Para el promedio de los suelos de Biobío se determinan valores parecidos en las pendientes negativas de sus líneas de fertilidad del fósforo, del potasio y del azufre, indicando con ello que las velocidades de agotamiento de sus reservas en los tres nutrimentos son similares. A nivel regional o provincial —pero no necesariamente a nivel predial— tendrá el fósforo una posición prioritaria en la formulación de los abonos a utilizar, seguido luego por el potasio y, finalmente, por el azufre, cualesquiera sean los niveles de producción alcanzados con las plantas cultivadas. Se omite expresamente al nitrógeno de estas consideraciones por no estudiarse dicho elemento en el presente trabajo.

4. Muchos suelos de Biobío tienen líneas de fertilidad del fósforo caracterizadas por pequeños coeficientes de posición y elevadas pendientes negativas, indicando con ello que junto a una gran pobreza en fósforo le acompaña un rápido agotamiento de sus reservas disponibles para las plantas. Abundantes muestras caracterizadas por las propiedades indicadas provienen de los alrededores de Santa Bárbara.

Los suelos en referencia deberán recibir fósforo en sus fertilizaciones de corrección como asimismo en las de mantención, sin que a partir de este estudio se pueda recomendar dosis ni frecuencia de aplicación.

5. Abundantes suelos están definidos por líneas de fertilidad del fósforo y del potasio con pequeños coeficientes de posición, con lo cual indican que sus deficiencias afectan a los cultivos desde su germinación. Es recomendable que ambos elementos integren la abonadura

de corrección, cuando un suelo dado es deficiente en potasio, porque siempre lo es en fósforo.

6. Predominan los suelos donde coexisten las deficiencias de fósforo y de potasio, pero donde la primera es más intensa. Sin embargo, en suelos muy pobres en potasio se determina siempre una severa restricción en la disponibilidad de fósforo.

7. Numerosos suelos con rápido agotamiento de sus reservas de potasio se ubican al este y sudeste de Mulchén.

8. No todas las muestras son pobres en azufre, pues también las hay bien provistas en este elemento. No obstante, la pobreza en azufre puede llegar a ser aun más grave que la de fósforo o la de potasio.

9. Los suelos de Biobío necesitan más frecuentemente una fertilización de mantención que de corrección con azufre, por poseer sus líneas de fertilidad elevados coeficientes de posición.

10. Las deficiencias de azufre se harán más evidentes en los suelos de la provincia cuando se eleven sus tenores de fósforo, se corrija su deficiencia de potasio y sean aplicados fertilizantes fosfatados de alta ley y pobres en azufre.

11. Aunque se da la condición general que la deficiencia de micronutrientes es menos frecuente que lo observado con las carencias de fósforo, potasio y azufre, no deben menospreciarse por el daño que causan a las plantas desde su desarrollo inicial. Las caídas de rendimiento provocadas por la ausencia del conjunto de los microelementos boro, molibdeno, cobre, cinc y manganeso en la abonadura pueden ser mayores que las causadas por la propia deficiencia de fósforo en determinados suelos (muestra N° 8846).

12. Las observaciones de Schwabe, 1953, y Tollenaar, 1967, y los ensayos de campo efectuados en remolacha sacarina (IANSA, 1962/63 y 1963/64; Rojas, 1973 y 1978; Letelier, 1965) asignan al boro la condición deficitaria entre los microelementos. Sin embargo, Schalscha *et al.* 1968, ponen su atención en los bajos contenidos de la fracción "asimilable" de manganeso, pero sin pronunciarse sobre el boro.

13. No se sabe cuál es o cuáles son los microelementos carenciales en los suelos de Biobío. De acuerdo al párrafo precedente puede presumirse de una falta de boro y de manganeso, pero sin saber si ambas carencias coexisten en un mismo suelo. Se hace necesario estudiar sistemáticamente las deficiencias nutritivas de mi-

microelementos para identificar el o los nutrimentos responsables de la baja fertilidad lograda en ciertos suelos de la provincia y aclarar si éstos pueden actuar simultáneamente sobre un suelo determinado.

14. Los suelos están, en general, mejor provistos de calcio que de magnesio y de éste que de uno o más de los microelementos deficientes, pese a su reacción ácida.

15. Es muy improbable que pueda ser detectada una deficiencia de calcio en los cultivos, porque el calcio es el catión acompañante del fosfato en la mayoría de los abonos fosfatados y del sulfato en el yeso empleado a menudo como fuente de azufre.

16. Con ambos nutrimentos, calcio y magnesio, aunque preferentemente con el calcio, parecieran movilizarse ciertas fracciones más difícilmente asimilables para las plantas a medida que éstas se desarrollan, como se deriva de las pendientes positivas de sus líneas de fertilidad correspondientes. Nunca se da esta condición para el potasio y sólo ocasionalmente para el azufre y el fósforo. Pequeñas dosis de corrección con magnesio o calcio podrían ser suficientes para subsanar la deficiencia inicial en suelos así caracterizados.

17. Las 70 muestras de suelo empleadas en el ensayo de exploración de deficiencias nutritivas son bastante similares en sus pH, pero difieren considerablemente en sus contenidos de materia orgánica, variando éstos entre 1,7% y 15,8%.

18. En base a los resultados obtenidos con las muestras superficiales y sus correspondientes subsuperficiales de cuatro perfiles de suelo, no puede afirmarse que exista una influencia definida de la profundidad sobre las disponibilidades de los distintos nutrimentos. Tal vez podría haber una tendencia a un más lento agotamiento del fósforo en las muestras superficiales, mientras que para el azufre se localizan las mayores reservas en las muestras situadas a más de 20 cms de profundidad.

19. En conocimiento del diagrama de fertilidad de un suelo es fácil establecer la jerarquía de las deficiencias nutritivas, o sea, la gravedad con la cual inciden las carencias nutritivas sobre la fertilidad del suelo según un orden decreciente de sus intensidades. Mencionada jerarquía permite elegir los abonos adecuados

para corregir y/o mantener la fertilidad de los suelos. Además sirve para explicar que la sola adición de un fertilizante cualquiera no va asociada necesariamente con una elevación de la fertilidad actual del suelo, si no se cumplen ciertos prerequisites de fertilización.

20. Para decidir si un nutrimento deficiente debe incluirse en la fertilización de mantención o de corrección, deben resolverse las complicaciones que pueden provenir de las líneas de fertilidad que tienen pendiente negativa y poseen un punto de intersección. En los suelos de Biobío se presenta a menudo la situación indicada, ya sea para las líneas de fertilidad del fósforo y del potasio, o del fósforo y del azufre o del potasio y del azufre, e incluso puede comprometer a las tres líneas de fertilidad con dos puntos de intersección. Especialmente difícil es distinguir el instante a partir del cual deben fertilizarse suelos con líneas de fertilidad de elevado coeficiente de posición y de gran pendiente negativa. Este caso se ofrece preferentemente para las líneas de fertilidad del azufre y del potasio.

21. Hay una buena concordancia entre los resultados de la exploración de deficiencias nutritivas obtenidos en este trabajo y la información procedente de los ensayos de campo efectuados por IANSA en suelos con aptitud remolachera de la provincia de Biobío. Principalmente se coincide en:

a) Todos los suelos son pobres en fósforo, convirtiéndose en la deficiencia generalizada, con respuesta evidente a la fertilización fosfatada (Letelier, 1965).

b) A menudo falta potasio y/o azufre a los suelos pertenecientes a ciertas series de suelo o situados sobre áreas bien específicas dentro de la provincia, donde las respuestas a los fertilizantes portadores de estos dos elementos se comprueban en el campo (Rojas, 1978 y Letelier, 1965).

c) Las respuestas al boro y al magnesio son muy esporádicas, y a veces existe información contradictoria sobre su efecto en las plantas cuando se aplican al suelo. El boro se presume deficiente a partir de los ensayos de campo, faltando una experimentación de macetas adecuada para identificarlo como el microelemento responsable de la baja fertilidad en ciertos suelos.

RESUMEN

Las deficiencias nutritivas de los suelos de la provincia de Biobío se exploran con setenta muestras sembradas con ballica (*Lolium perenne* × *Lolium multiflorum*) en un ensayo de macetas. El fósforo se constituye en el elemento crítico faltante en todos los suelos, cualquiera sea su procedencia, convirtiéndose en una deficiencia nutritiva general.

Los valores promedios de los parámetros que definen a las líneas de fertilidad, permiten establecer el siguiente orden decreciente para la gravedad de las deficiencias nutritivas: fósforo, potasio, azufre, microelementos (boro, molibdeno, cobre, cinc, manganeso), magnesio y sólo ocasionalmente calcio. La jerarquía de las carencias nutritivas se mantiene en relación a la observada para suelos de la provincia de Malleco, pero se altera en lo que concierne al azufre y al potasio para suelos de la provincia de Ñuble, donde la carencia de azufre es más grave que la de potasio (Araos, 1967).

La deficiencia de fósforo es particularmente severa en los suelos provenientes de los alrededores de Santa Bárbara. Las carencias de azufre y de potasio se restringen a determinadas series de suelo o a áreas bien específicas dentro de la provincia, debiendo destacarse el este y sudeste de Mulchén por tener suelos con pocas reservas de potasio. Ensayos de campo con remolacha relacionan la respuesta a la fertilización potásica en suelos pobres en potasio con el manejo del suelo que se lleva en el predio (Rojas, 1973 y 1978).

Se atribuye urgencia a la identificación del o los micronutrientes deficientes, porque los daños causados por su ausencia en ciertos suelos, pueden incluso llegar a sobrepasar a los originados por la deficiencia de fósforo.

Las conclusiones encontradas en diversos ensayos de campo con suelos de la provincia, respaldan los resultados de este trabajo.

SUMMARY

SURVEY OF SOILS NUTRITIVES DEFICIENCIES USING POT EXPERIMENTS.
XX. MACRONUTRIENTS, BIOBIO PROVINCE

The nutritive deficiencies of 70 soil samples of the Biobío province are determined with *Lolium perenne* × *Lolium multiflorum* in pot trials.

Phosphorus constitutes the critical element in all soils, no matter which its origin is, being a generalized mineral deficiency.

The mean values of the parameters that define the fertility lines permit to establish the following decreasing order for the importance of the nutritive deficiency: phosphorus, potassium, sulfur, micronutrients (B, Mo, Zn, Cu, Mn), magnesium and occasionally calcium.

This order is the same observed in the soil samples of the Malleco province, but the order of the deficiency of sulfur and potassium is altered in soil samples of the Ñuble province, where the sulfur deficiency is more important than the potassium deficiency (Araos, 1967).

Phosphorus deficiency is particularly severe in the soils near Santa Barbara area. Sulfur and potassium deficiencies are restricted to a certain soil series or to specific areas in the Biobío province being important the East and Southeast of Mulchen with soils of low potassium reserve. Field experiment with sugar beet relate the response to potassium fertilization in poor soils with the soil management done in the farm (Rojas, 1973 and 1978).

It is urgent the identification of the micronutrient or micronutrients which are lacking, because the damages caused for this deficiency in soils could become more important than the phosphorus deficiency.

The conclusions found in different field experiments with soils in the Biobío province agree with the findings of this paper.

LITERATURA CITADA

- | | |
|---|---|
| <p>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.</p> <p>ARAOS, J. 1967. Estudios de deficiencias nutritivas en muestras superficiales de Ñuble. Agricultura Técnica (Chile) 27(1):15-20.</p> | <p>BEHN, G. 1965. Contenido de materia orgánica en suelos chilenos por diferentes métodos. Tesis Ing. Agr., Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1965, 35 p. (Mimeografiada).</p> <p>BESOAIN, E. 1958. Mineralogía de las arcillas de algunos suelos volcánicos de Chile. Agricultura Técnica (Chile) 18(2):110-165.</p> |
|---|---|

- ELLIS, A., MC DONALD, R. y VYMEISTER, E. 1979. Efecto de aplicaciones de CaO sobre la humectación y disponibilidad de fósforo en suelos de ceniza volcánica. *Agro Sur* (Chile) 7(2):51-56.
- ESPINOZA, W. 1969a. Detección rápida de alofán en suelos de Ñuble. *Agricultura Técnica* (Chile) 29(2):75-80.
- . 1969b. Determinación de alofán en suelos de Ñuble mediante el valor Delta de la capacidad total de intercambio catiónico. *Agricultura Técnica* (Chile) 29(3):127-132.
- . 1969c. Determinación de alofán en suelos de Ñuble mediante el valor Delta de la capacidad total de intercambio catiónico. Chillán, Chile, Departamento de Suelos, Universidad de Concepción (Circular Informativa N° 27).
- . 1969d. Caracterización química de dos suelos volcánicos de la provincia de Ñuble: Arrayán y Santa Bárbara. II Determinación de alofán en suelos volcánicos de Ñuble mediante disolución diferencial. *Agricultura Técnica* (Chile) 29 (1): 40-43.
- . 1968 Antecedentes Bibliográficos del alofán y su determinación en los suelos de Ñuble. Chillán, Chile, Departamento de Suelos, Universidad de Concepción (Circular Informativa N° 23), 48 p.
- GAY, C. 1842. Ensayo sobre la Agricultura de Chile. In: GAY, C., 1842. Historia Física y Política de Chile. París, Ed. Claudio Gay, 28 vol. Sección Agricultura, Tomo 2:450 p.
- IANSA. 1963/1964. Resultados de la Investigación Agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1963-1964. Santiago, Chile, Industria Azucarera Nacional, 359 p.
- . 1962/63. Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera. Temporada 1962-1963. Santiago, Chile, Industria Azucarera Nacional, 309 p.
- KLEE, G. y RUIZ, I. 1977. Producción de carne en base a una pradera mixta de riego y novillos holandeses nacidos en otoño. *Agricultura Técnica* (Chile), 37(2):72-77.
- y ———. 1974. Un sistema de producción de carne con novillos holandeses nacidos en otoño. *Agricultura Técnica* (Chile), 34 (4): 245-253
- LETELIER, E. 1965. Uso actual y necesidad potencial de fertilizantes en la agricultura chilena (II). *Agricultura Técnica* (Chile), 25(4):137-154.
- . 1969. Respuesta a la fertilización de los suelos volcánicos chilenos (trumaos), según resultados de ensayos de campo. In: I. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, 6-13 julio, 1969, Turrialba (Costa Rica), Centro de Enseñanza e Investigación del IICA. pp. C.3.1.-C.3.14.
- RODRÍGUEZ, M. 1949. Reconocimiento de los suelos de la provincia Biobío. *Agricultura Técnica* (Chile), 9(2):137-161.
- . 1959/1960. Regiones naturales de Chile y su capacidad de uso. *Agricultura Técnica* (Chile), 19/20: 309-399.
- ROJAS, O. 1978. Investigaciones en fertilidad de suelos. In: IANSA, 1978. Cultivo de la remolacha en Chile. Tomo 3. Santiago, Chile, Industria Azucarera Nacional S.A. pp. 1-82.
- . 1973. Investigaciones en fertilidad de suelos. Años 1960 a 1970 In: IANSA, 1973. El cultivo de la remolacha azucarera en Chile. Tomo 5. Santiago, Chile, Industria Azucarera Nacional S.A., 140 p.
- . 1970. Respuesta de la remolacha a la fertilización fosfatada. In: Chile, Industria Azucarera Nacional, 1970. El fósforo como nutriente y su importancia para la remolacha. Santiago, IANSA. pp. 78-81.
- RUIZ, I. 1967. Producción de leche en praderas de trébol ladino, trébol rosado y trébol blanco N.Z. *Agricultura Técnica* (Chile), 27(4):143-150.
- RUSSEL, E. y RUSSELL, W. 1954. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Madrid, España, Ed. Aguilar S.A., 770 p.
- SCHALSCHA, E., RIQUELME, R., VERGARA, G. y VERGARA, I. 1968. Elementos trazas en suelos derivados de cenizas volcánicas. I. "Disponibilidad" de cinc, cobre, hierro y manganeso. Estudio comparativo de diversos métodos de extracción. *Agricultura Técnica* (Chile) 28(4):137-143.
- 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 BAIERLE, P. 1971. Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas. II. Método usado. *Agricultura Técnica* (Chile), 31 (1): 9-24.
- , ———, FLOODY, T. y GAJARDO, M. 1971. ——— IV. Macronutrientes, provincia Malleco. *Agricultura Técnica* (Chile), 31 (3): 129-135.
- , PINO, E. y FLOODY, T. 1971. ——— III. Cálculo de las líneas de fertilidad. *Agricultura Técnica* (Chile), 31(2):106-115.
- SCHWABE, G. 1953. Ensayos de abonadura con elementos menores. *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción* (Chile), 28:141-154.
- SOTOMAYOR, I. 1952. Ensayo de abonos en macetas de los suelos de la provincia de Bío-Bío. *Agricultura Técnica* (Chile), 12(1):46-63.
- TEJEDA, H. 1970. Factores que afectan la mineralización del nitrógeno en suelos trumaos y no trumaos. *Agricultura Técnica* (Chile), 30(3):126-133.

- y GOGAN, G. 1970. Métodos para determinar nitrógeno disponible en suelos con diferente origen y contenido de materia orgánica. *Agricultura Técnica (Chile)*, 30(2):57-64.
- TOLLENAAR, H. 1969. Deficiencias de boro en plantaciones de pino, en la Zona Central de Chile. *Agricultura Técnica (Chile)*, 29(2):85-88.
- URBINA, A. 1965. Relaciones entre algunas características físicas y químicas de suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*, 25(1):9-18.
- VALDÉS, A. 1969. Distribución geográfica y características de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Chile. *In: Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina*, 6 al 13 de julio 1969. Turrialba (Costa Rica), Centro de Enseñanza e Investigación del IICA. pp. A.1.1.-A.1.15.
- 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 N° 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.

Propiedades antigénicas de cepas lentogénicas del virus de la Enfermedad de Newcastle. Cálculo de dosis letal 50% pollo inmunizado¹

Sergio Rosende², Héctor Hidalgo² y Enrique Bergqvist³

INTRODUCCION

En un trabajo previo se evaluó la potencia inmunogénica de tres cepas lentogénicas del virus de la Enfermedad de Newcastle (ENC) mediante la determinación de la Dosis Protectora 50% Pollo (DPP₅₀) (Rosende, Hidalgo y Bergqvist, 1977). Esta segunda experiencia pretendió evaluar similares características para las mismas cepas, mediante la determinación de la Dosis Letal 50% Pollo Inmunizado (DLPI₅₀). Ello permitiría determinar la Dosis Letal 50% Embrión (DLE₅₀) de una cepa patógena del virus de la ENC, que son capaces de resistir pollos inmunizados con una dosis de las cepas lentogénicas B₁

de Hitchner, La Sota o Palo Alto, a una concentración viral expresada en Dosis Infectante 50% Embrión (DIE₅₀) similar a las vacunas comerciales.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 260 pollitos broilers criados desde el 1^{er} día de edad en la Estación Experimental "La Platina", INIA, Santiago.

En esta experiencia se emplearon las cepas lentogénicas vaccinales: Cepa B₁-Hitchner, La Sota y Palo Alto, cuyo origen fue establecido anteriormente (Rosende, Hidalgo y Bergqvist, 1977). La cepa B₁-Hitchner tenía un título de 10^{6.0} DIE₅₀ por dosis; la cepa La Sota 10^{5.7} DIE₅₀ por dosis, y la Palo Alto 10^{6.0} DIE₅₀ por dosis.

Como diluyente para estas vacunas se usó una solución buffer fosfato (P.B.S.).

Se establecieron 3 grupos de pollos vacunados a los 25 días de edad, por vía ocular y con sólo

¹Recepción originales: 11 de septiembre de 1978.

²Méd. Vet. y Méd. Vet., M.S., Departamento de Patología, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Chile, Casilla 13, Correo 15, La Granja, Santiago, Chile.

³Méd. Vet., M.S., Programa Producción Avícola, Estación Experimental La Platina, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Casilla 10, La Granja, Santiago, Chile.