

Exploración de deficiencias nutritivas con suelos en macetas¹

I EXPERIENCIA PRELIMINAR

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

INTRODUCCION

Todo suelo sometido en forma continua a un uso intensivo, no puede alcanzar a mantener una alta producción de los respectivos cultivos (incluyendo a las praderas) sin el empleo de fertilizantes, en cantidad y tipo adecuados. Más aún, K. A. Bondorff (7) subraya que los fertilizantes comerciales son el único medio del cual dispone la humanidad para mantener o aun aumentar la productividad del suelo, pues es imposible practicar la agricultura sin la pérdida y/o extracción de nutrientes desde el suelo. H. Jenny (29) y muy especialmente A. C. Schuffelen (50) destacan el impacto que causa la fertilización sobre los procesos de transformación del suelo, estimando éste que cuando concurren los demás factores, la fertilización es indispensable para la transformación de un suelo natural en un suelo agrícola, y con mayor razón, en un suelo hortícola.

Una adecuada fertilización implica el conocimiento de por lo menos cuatro aspectos, aparte del económico:

- a) Saber cuál o cuáles nutrientes deben integrar el abono— "fórmula de fertilización".
- b) Cantidad de cada uno de estos nutrientes que se aplicará en conjunto o separadamente sobre el suelo— "dosis de fertilización".
- c) Lugar donde se aplicará el fertilizante— "localización del fertilizante".
- d) Forma en la cual se aplicará el fertilizante— "forma de aplicación".

Cualquier programa de exploración de deficiencias nutritivas pretende conocer las reservas nutritivas que posee el suelo, con el objeto de detectar el o los nutrientes que limitan la producción, y poder corregir estas carencias mediante una fertilización adecuada.

El ensayo en macetas se convierte en una excelente técnica para estudiar la fórmula de fertilización, esto es, establecer cuáles nutrientes faltan al respectivo suelo, sin especificar las cantidades requeridas, como lo concibió desde su implantación P. Wagner en 1883, citado por Giesecke (17).

Raymond Chaminade (10) cree disponer en la ballica inglesa de una planta muy adecuada a este tipo de estudios, por cuanto soporta bien varios cortes sucesivos, cada uno de los cuales permite apreciar el efecto depresivo producido por ausencia de un nutriente sobre los rendimientos. A su vez, se logra establecer una jerarquía de las deficiencias, las cuales se evaluarán de acuerdo a su orden de aparición con los cortes de ballica en las macetas.

Mediante esta técnica del ensayo en macetas se han establecido las deficiencias nutritivas en Francia (9), en Madagascar (30), en Nigeria (10), en diversas regiones africanas (11) y en Chile con suelos de la zona Ñuble (2.)

El método y las dosis propuestas por R. Chaminade (10) fueron utilizadas por F. Araos (2) en un ensayo de macetas con muestras superficiales de la provincia de Ñuble. Los resultados por él obtenidos indican que esta técnica en la forma usada, se adaptó muy bien a las condiciones de los suelos de Ñuble.

Por tal razón se probó, bajo las mismas condiciones metodológicas (señaladas en la sección Materiales y Métodos), el comportamiento de suelos procedentes de la provincia de Cautín, con suelos derivados de cenizas volcánicas más o menos recientes (por ej. Santa Bárbara) (26), (27), y con suelos derivados de cenizas volcánicas, asociadas a conglomerados (por ej. Padre Las Casas). Araos (2) había incluido algunos de éstos, procedentes de Ñuble, por lo que era de interés compararlo con suelos similares de Cautín.

REVISION DE LITERATURA

Los ensayos en macetas se introdujeron en forma definitiva a la investigación agrícola, hace más de un siglo, con los relevantes trabajos de H. Hellriegel y P. Wagner, citado por Mits-

¹Recepción manuscrito: 28 de mayo de 1969.

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

³Ing Agr, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

⁴Laboratorista Químico, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

⁵Ayudante de Laboratorio e invernadero, Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carillanca, Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

cherlich (37). Por la importancia que tiene la técnica con macetas en las futuras investigaciones de esta serie de publicaciones se estima necesario hacer una revisión bibliográfica amplia de sus fundamentos.

A) Material de Relleno de los Maceteros

Existe una serie de variantes del ensayo en macetas, que se deducen a partir del material de relleno de los maceteros, donde se distinguen fundamentalmente tres: (17).

1. — Arena
2. — Material Sintético.
3. — Suelo.

El ensayo en maceta con tierra tiene gran aplicación en los estudios de fertilidad y fertilizantes (17), por cuanto representan una menor variabilidad que los ensayos de campo (57), como consecuencia de un mejor control o uniformidad de los factores de crecimiento que desean mantenerse constantes (48).

Para la exploración de deficiencias nutritivas interesa eliminar toda contaminación con material extraño, por lo que se descarta la mezcla de suelo con arena. Ello en consideración a los trabajos laboriosos de purificación de arena y a la dificultad de eliminar todas las trazas de nutrientes que contienen (47). Particularmente interesante son los resultados encontrados por A. Dunlap (16) quien comprueba con tomates que un lavado prolijo de las arenas no impide su normal crecimiento, cuando éstas han recibido bifosfato de calcio en experiencias anteriores. Este comportamiento se atribuye a la retención de fósforo por parte de las arenas; ella depende del tamaño de las arenas, del tratamiento con ácido, del tiempo de lavado, y es máxima en arenas naturales finas y coloreadas.

Además, la textura favorable de los suelos trumaos que ocupan preferentemente el área en estudio, no justifican la mezcla del suelo con arena, por cuanto disponen éstos de mayor retención de humedad a capacidad de campo, y también de mayores valores de humedad aprovechable, cuando ésta se expresa por el intervalo entre la capacidad de campo y el porcentaje de marchitez permanente (43). Por las mismas razones, los trumaos son suelos de buena aireación.

B) Riego

Gran atención han concedidos los diversos investigadores al riego. Giesecke (17) menciona que este problema preocupó a E. von Boguslawski, Winner y Priachnikow y a Maiwald y Schmid, todos los cuales diseñaron implementos para mejorar o facilitar el riego.

En forma más reciente Vaclavik (60) recomienda la inyección del agua al suelo, mediante una aguja conectada a una jeringa. Este método presentaría una distribución horizontal y vertical uniforme de la humedad del suelo, como lo comprobó con maíz. Por el contrario,

Whitehead (63) estima que no se alcanzará una distribución uniforme de la humedad del suelo, en toda la masa encerrada por una maceta, pues esto sólo se logra con suelos artificiales (mezclados con algún material extraño al suelo). Esto se logra al soplar aire saturado a través del suelo artificial, manteniéndolo a una temperatura conveniente.

Smith (55) se desentendiende del problema y cree que si la humedad del suelo no es un factor limitante, deben atribuirse las diferencias en productividad entre los suelos al estado nutricional. Para alcanzar esta condición Simpson (54), mantiene al suelo a la humedad equivalente durante la mayor parte de la experiencia. Nicolls y Honeysett (39) agregan el agua hasta alcanzar el 60-70% de la capacidad de retención de humedad del suelo. En la misma investigación se menciona que la mejor condición se alcanza al efectuar la determinación de densidad y espacio de poros para cada maceta, con lo cual se añade el agua hasta dejar el 15% de los poros libres (1) y (39).

C) Secado, tamizado y Preparación de Muestras

Las muestras de suelo, después de su búsqueda en el terreno, se someten generalmente al secado, luego se tamizan y finalmente se mezclan. Diversos investigadores se han preocupado de estudiar las alteraciones que produce el secado, habiéndose comprobado (17) por Bayer en E.E.U.U., Aarnio en Finlandia y Achromeiko y otros en Alemania, cambios fisicoquímicos. Aún así, se considera al secado un proceso necesario para impedir que el suelo quede muy húmedo, se deje tamizar fácilmente y no se pegue al llenar las macetas (17). Además, el tamizado tiene la ventaja que permite una mayor uniformidad de la muestra de suelo que se empleará en los distintos tratamientos (36).

Interesantes resultados ha obtenido Tacke, según Giesecke (17), quien valoró el impacto que causa el secado sobre la producción de materia seca en avena. Con 5 repeticiones, en un suelo de Alemania (Marschboden) obtuvo en promedio:

	Grano	Paja	P. O: Cosecha
Suelo sin secar	7,51	28,70	0,094
Suelo seco a 40°C	18,69	49,91	0,2026

Giesecke (17) comprobó que, tanto el secado natural de una muestra de suelo hasta su sequedad al aire, como su secado forzado a una temperatura de 80° C en un horno de secado, producen apreciables cambios en su contenido de N soluble.

También en Chile, con suelos derivados de cenizas volcánicas, se ha comprobado que el proceso de secado afecta algunas propiedades del suelo. Según Bleiholder (6) la temperatura

de secado y deshidratación influye sobre el fósforo asimilable y sobre su grado de fijación. A medida que disminuye la temperatura de secado, aumenta la cantidad de fósforo asimilable, ocurriendo lo inverso con la fijación de fósforo. A su vez, Schalscha (46) hace observaciones semejantes, señalando que el secado al aire aumenta el contenido de fósforo al Olsen y disminuye la capacidad total de intercambio.

Finalmente, nuestras propias observaciones permiten concluir que en un año agronómico "seco" disminuye notablemente la cantidad de aluminio extractable para muestras que proceden de un mismo lugar y no han sido fertilizados. Ocurre que este comportamiento de laboratorio se asocia con la observación de terreno hecha por Osvaldo Inostroza¹, en cuanto a que en un año seco aumentan los rendimientos de los cultivos a menos que interfieran ataques de insectos, plagas o heladas.

También Riehm señala (42) que la variación de temperatura afecta al potasio, disminuyendo su disponibilidad al aumentar ésta; por el contrario, no comprobó efecto de secado sobre el fósforo ni el pH. Scott y Bates (51) discrepan de esta conclusión y postulan que la liberación de potasio se produce por el desplazamiento de éste de la forma no intercambiable a la de intercambio, cuando se seca. Este proceso es reversible.

En su método, que en lo general se ha seguido en el presente trabajo, R. Chaminade (11) recomienda el uso de tierra seca al aire. Agrega además la conveniencia de tamizar ésta, para lo cual indica en otro trabajo el tamaño de 2 mm (10). Sobre el tamaño de las partículas tamizadas no existe unanimidad. El diámetro de las perforaciones en los cedazos fue elegido en 2 mm por Chaminade (10) y Araos (2), en 8 mm por Adams y Honeysett (1), en 10 mm por Mitscherlich (37); según Giesecke (17) hay quienes usaron 20 y 30 mm. Dificultad ofrece el tamizado de muestras arcillosas. El secado ya se dificulta por la fuerte cohesión que tienen los agregados más gruesos del suelo, de modo que dentro de los terrones permanece suelo húmedo. Es preciso en estos casos desmenuzar los terrones en húmedo a un tamaño deseado (17). De cualquier modo debe aceptarse este proceso de tamizaje como indispensable por cuanto permite homogeneizar los suelos a emplear en los maceteros, reduciéndose así el error entre repeticiones (57).

Por consideraciones hídricas, se recomienda el uso de arenas o suelos arenosos de 0,8 a 1,0 mm (17).

El empleo de suelo seco al aire ha encontrado mayor acogida (1) (2) (10) (52) (55);

no obstante hay quienes lo prefieren seco al horno (21).

D) Tamaño de los Maceteros

Terman (56) no encontró mayor ventaja en el uso de maceteros esmaltados de dos galones y de tres Kg de capacidad, pues el coeficiente de variación no fue afectado por el tamaño de la maceta, sea que se usen de dos galones, vitrificados o de capacidad inferior a un galón. Armiger, Dean, Mason y Koch (3), se preocuparon de estudiar el comportamiento de la alfalfa en recipientes desde 1/4 hasta 24 galones (3, 6 lb hasta 201 lb de suelo) y concluyen que el crecimiento es tan satisfactorio en los maceteros de 1 a 3 galones como en los de tamaño superior. La única observación importante que hacen, consiste en determinar que las plantas que crecen en macetas pequeñas extraen más fósforo del fertilizante fosfatado aplicado, que las de macetas mayores.

Chaminade (11) concede gran atención al fácil manipuleo de las macetas, razón por la cual prefiere recipientes menores. Usa macetas de polietileno de 9 x 9 x 13 cm en un trabajo (10) y también de polietileno de dimensiones un poco mayores en otro (11) 10 x 10 x 13 cm.

Ya a fines del siglo pasado, estableció Hellriegel, citado por Giesecke (17) que el volumen de suelo constituye, como portador del agua y de la solución nutritiva, un factor de producción. Este queda dado por el volumen de la maceta. Igualmente logró establecer Seelhorst y Banaotovic, según Giesecke (17), la influencia del volumen de suelo sobre la constitución anatómica del trigo.

Giesecke (17) concede mucha atención al tamaño de las macetas e incluye una larga lista de los tamaños o volúmenes de macetas usados por diversos investigadores con diferentes plantas. Finalmente sintetiza su pensamiento sobre esta materia en la frase: "indispensable es para selección del tamaño de la maceta, especialmente de su altura, preguntarse si se trata de una planta de sistema de arraigamiento profundo o superficial".

Araos (2) emplea en su trabajo con suelos chilenos maceteros de cartón forrados en polietileno, de forma cilíndrica, de 15 cm de altura, 9 cm de diámetro, con un volumen de 954 cm³. Mitscherlich (37) propicia el uso de macetas también cilíndricas, pero esmaltadas, de 20 cm de alto y 20 cm de diámetro, por ser éstas las que mejor resultado le han dado.

La libertad que existe en la elección del tamaño en las macetas se manifiesta al revisar los trabajos más recientes. Se eligen preferentemente formas cilíndricas de diámetro 4 pulgadas (2) (8) (11) (34), 5 pulgadas (32) (41) (39) (53), 6 pulgadas (14) (39) (40) (52) (55), 7 pulgadas (1) (54) y 8 pulgadas (39).

¹ Osvaldo Inostroza Ing. Agr. Proyecto Fertilidad de Suelo, Estación Experimental Carilleana. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Aunque se menciona macetas de dimensiones mayores alcanzando hasta 24 galones (3), dominan las de 2 galones. Sólo excepcionalmente se usan macetas de otra forma, Lambert (31) empleó de 30 x 30 x 20 cm de profundidad.

E) Material de la Maceta.

Para la fabricación de la maceta se eligen diversos materiales, encontrando mayor acogida el plástico (8) (41) y la arcilla esmaltada o barnizada (38), (39), (40), (54), (56). También se han introducido otros materiales, tales como madera protegida con pintura (31), envases metálicos cubiertos por una manga plástica (52), (56), turba (34), las mangas plásticas solas (32), envases metálicos pintados con asfalto (56) y envases metálicos esmaltados (13), (54). La elección del material con el cual se fabrica la maceta debe considerarse por las implicancias que pueda tener sobre el crecimiento de las plantas. Justificando un menor costo, se introdujeron macetas de fibra negra impregnada con bitumen, comprobándose que éstas retardan el crecimiento del tomate. Subsananon el deterioro sobre las plantas, al hacer adiciones de vermiculita y nitrato de calcio (34).

F) Otras consideraciones sobre las macetas.

Cierta atención se concede al drenaje de la maceta; existen dos tipos básicos, habiéndose usado ambos. Un primer grupo se caracteriza por no tener un drenaje externo (1), (39) y un segundo lo tiene. Este puede ser lateral (13) o basal (32), inclinándose Le Mare por cuatro orificios pequeños (32).

Respecto a la temperatura puede comprarse una cierta inclinación hacia el uso de invernaderos sin calefacción (13) y bien ventilados (54). Para condiciones de baja temperatura se recurre a la calefacción, mientras para condiciones de alta temperatura se propone el

uso de baños termostáticos de gran capacidad (35). Fueron halagadores los resultados obtenidos por Mack y Barber (35), quienes logran una constancia de temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ para temperatura ambiente fluctuante, entre 20° y 36°C .

MATERIAL Y MÉTODO

Para detectar las deficiencias nutritivas del suelo mediante el ensayo en macetas se describe el método Chaminade (10), así como fue empleado en esta experiencia preliminar.

A.—Ensayos en Macetas.

Por la literatura revisada puede estimarse que el tamaño de las macetas no altera los resultados, cuando los rendimientos se aprecian por valores relativos como ocurre en esta experiencia. Por ello se usaron macetas de volumen algo mayor al empleado por Chaminade (10) y (11) por estar éstas disponibles y tener la ventaja de su fácil aseo antes y después de su uso.

La gran retención de humedad de los suelos explorados (43) y el buen drenaje de los mismos simplifican el problema del riego. Por lo demás, se asumió así un criterio concordante con lo expresado al omitir la arena, por cuanto se elimina la inclusión de tubos u otros accesorios en el suelo de las macetas.

I.—Suelos utilizados.

Se usaron once suelos, en la profundidad 0-20 cm. La procedencia de éstos quedó determinada por la ubicación de los ensayos regionales con trigo de invierno que tuvo la Estación Experimental Carillanca en el período 1966/67. En el Cuadro 1 se indica el lugar del cual procede el suelo, la serie de suelo a la cual pertenece y el nombre del predio. Las series de suelo respectivas han sido descritas por el IREN (26), (27).

CUADRO 1.—Identificación y procedencia de las muestras de suelo.

Suelo	Serie	Fundo	Ubicación
I	Vilcún	Santa Sabina	8 Km al sur de Vilcún
II	Santa Bárbara	El Alambrado	12 Km al sur de Vilcún
III	Santa Bárbara	Cahuinpangue	4 Km al norte de Radal
IV	Santa Bárbara	Hacienda Las Margaritas	4 Km al norte de Choroico
V	Santa Bárbara	Parcela	Huichahue
VI	—	La Selva	Huichahue - La Selva
VII	Santa Bárbara	El Tambor	10 Km al norte de San Patricio
VIII	Vilcún	Asentamiento	Vilcún
IX	Santa Bárbara	Fundo Chorrillos	25 Km de Temuco a Las Hortensias
X	Santa Bárbara	San Miguel	8 Km al sur de San Patricio
XI	Vilcún	Santa Uberlinda	7 Km al sur de Vilcún

Cada ensayo constó de dos repeticiones y ocho tratamientos.

II.—Nutrientes agregados al suelo.

Los ocho tratamientos incluidos correspondían a:

- 1.—Abonadura completa: N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu, Mo y B.
- 2.—Abonadura completa menos P.
- 3.—Abonadura completa menos K.
- 4.—Abonadura completa menos Ca.
- 5.—Abonadura completa menos Mg.
- 6.—Abonadura completa menos S.
- 7.—Abonadura completa menos micronutrientes: B, Mn, Mo, Zn, Cu.
- 8.—Abonadura completa menos N.

Los nutrientes se agregaron al suelo a la forma de soluciones, preparadas a partir de reactivos para análisis y agua destilada. La concentración de las sales, portadoras de los elementos nutritivos, fueron las siguientes:

Para P : $\text{Na H}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 97,15 g/l
Para K : K HCO_3	: 106,35 g/l
Para Ca : $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$: 73,75 g/l
Para Mg : $\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$: 25,37 g/l y
Para S : Na_2SO_4	: 10 H_2O : 50,00 g/l

Estas soluciones se aplicaron en un volumen de 20 ml por maceta, un día antes de la siembra, mientras los micronutrientes sólo a razón de 10 ml, a partir de la solución de composición:

$\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$: 0,900 g/l
$\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$: 0,445 g/l
$\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$: 0,625 g/l
H_3BO_3	: 0,400 g/l y
$(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$: 0,032 g/l

Se consideró un único tratamiento para el conjunto de todos los micronutrientes (10).

El aporte de nitrógeno se hizo fraccionado a través de todo el periodo vegetativo. La primera aplicación se realizó a los quince días del comienzo de la germinación. Esta se aplicó a la forma de nitrato de calcio, 175 mg N/maceta, para todos los tratamientos excepto el sin calcio, donde se reemplaza a la sal anterior por nitrato de amonio. Después de la primera aplicación mencionada se agregaron quincenalmente 20 ml de una solución de NH_4NO_3 que contuviera 17,15 g de sal/litro, usando para ello agua destilada.

III.—Preparación del suelo.

Las muestras se tomaron en el terreno en bolsas de polietileno con una humedad adecuada para permitir su tamizado por un cedazo de 4 mm. En este estado se pasó a macetas plásticas, de forma cilíndrica, marca Wilson Plastics Ins. Sandusky, Ohio, y de 6 pulgadas de diámetro x 6 pulgadas de alto y de 117 pul-

gadas cúbicas de capacidad. El contenido de humedad del suelo se controló antes de la siembra, para conocer su peso seco, pues no se secó al aire en ningún instante, por considerarlo innecesario.

Las diferentes incorporaciones de nutrientes al suelo se hicieron mediante pipeta, a partir de las soluciones antes indicadas, tomando la precaución de distribuirlo, en el suelo por sembrar, tan homogéneamente como fuera posible.

IV.—Siembra.

Como planta indicadora se usó la ballica H-1 de rotación corta (*Lolium perenne* x *Lolium multiflorum*). En cada maceta se agregó un peso de 2,5 gramos, equivalente a 1.000 granos de semilla.

Para la siembra se procedió del siguiente modo: El suelo contenido en la maceta se compactó ligeramente, cuidando que su superficie no quede a más de 3 cm del borde superior. Esto se obtuvo mediante una matriz de madera. De este modo se logran los 3 cm como altura de corte, cuando éste se practique al borde superior de la maceta.

Sobre la superficie compactada y horizontal se depositan las semillas de la ballica, en forma uniforme. Enseguida se recubrió con una capa adicional de 5 mm de espesor del mismo suelo. Finalmente se regó con agua destilada a dos tercios de la capacidad de campo (determinada con el valor $1/3$ atmósfera).

Durante el período de germinación se regó dos veces al día, una en la mañana y otra en la tarde, con poca agua, de modo de mantener a las semillas permanentemente húmedas.

Finalizada la siembra, se llevaron las macetas a invernadero, controlando únicamente la temperatura mínima. Se evitaron descensos por debajo de 6° Celsius. La siembra se hizo en mayo 1967.

V.—Riegos.

Para asegurar una buena uniformidad del aporte de agua, se regó a peso constante, equivalente a la capacidad de campo de los suelos. El riego se hizo una vez al día.

VI.—Cosecha.

El primer corte se hizo a los 36 días de la siembra para todos los suelos. Estos se practicaron con tijera a la altura del borde superior de la maceta. Los seis cortes siguientes se hicieron entre los 25 y 30 días.

El material cortado, puesto en bolsas de papel, se secó en horno de ventilación forzada, por 24 a 36 horas a la temperatura de 65°C . El peso de la ballica así obtenido se consideró

rendimiento de materia seca; se molió en Molino Wiley con tamiz de bronce con perforaciones de 1 mm de diámetro y se guardó en frascos plásticos para su posterior análisis.

B.—Análisis de suelo.

Se usaron los siguientes procedimientos para las determinaciones:

- 1.—pH (H_2O). Suspensión del suelo en agua, en una relación 1:2,5, con electrodo combinado de vidrio y calomelano. Se deja en reposo durante la noche, con agitación ocasional.
- 2.—pH (KCl). Igual que en el caso anterior, pero con solución KClN/10 y lectura a las 4 horas.
- 3.—Materia orgánica. Acción de la mezcla crómica sulfúrica sobre el suelo. Método de Springer y Klee descrito por G. Behn (5).
- 4.—Nitrógeno total. Técnica de Kjeldahl con mercurio como catalizador; procedimiento de Foerster citado por Thun (59).
- 5.—Relación C/N. Cálculo directo a partir de los valores totales correspondientes.
- 6.—Fijación de P. Método descrito por Bleiholder (6).
- 7.—Humedad $1/3$ atmósfera. Técnica empleada por Salgado (43), pero reemplazando la columna de regulación por una compresora "Presso-Vac" con regulador de presión.
- 8.—K. Morgan. En la forma descrita por Hurtado (22), leyendo en fotómetro de llama Zeiss.
- 9.—P. Olsen. En general las técnicas descritas por Saiz del Río (45) y Jackson (28), pero modificadas como sigue. Se pesan 2,5 g de suelo, a los cuales se agrega 50 ml $NaHCO_3$ pH 8,5. Se agita por media hora, se centrifuga 10 minutos y decanta inmediatamente. Enseguida se usan 20 ml para la colorimetría, a la cual se agregan sucesivamente 11 ml de solución de molibdato de amonio, 18 ml de agua y 1 ml de solución $SnCl_2$. Se agita después de la adición de cada reactivo el matraz de 250 ml en el cual se verifica la reacción colorimétrica. Se lee entre los 10 y 20 minutos en 660 milimicrones. La solución del molibdato de amonio se prepara por disolución de 15 gramos de la sal en 300 ml de agua destilada tibia. A esta solución fría se agrega 344 ml de HCl concentrado (11,6 Normal) en forma gradual y agitando. Se enrasa a un litro con agua destilada.
- 10.—Aluminio. Se determina en el extracto de Morgan, por el procedimiento descrito por P. Baherle (4), pero el enrase se

lleva a 100 ml en vez de 50 ml.

- 11.— H^+ intercambio. Por lectura del pH de una solución de acetato de amonio normal ajustado a pH 7,0 agregada al suelo, según procedimiento de Schollenberger descrito por Jackson (28).

C.—Análisis del material vegetal.

La muestra tamizada se guarda en frascos plásticos con cierre hermético. De aquí se retira el material requerido en cantidad suficiente para la digestión.

1.—Digestión húmeda.

Se pesan 0,300 gramos de materia seca y se pasan a matraz aforado de 50 ml sin pérdida. Se agregan 2,5 ml de H_2SO_4 concentrado y se dejan en reposo durante la noche. Se calienta al día siguiente en plancha a temperatura de 150—180°C, previamente calibrada, manteniendo una ebullición suave y evitando la entrada de espuma al cuello del matraz.

Luego se deja enfriar, y una vez frío se agregan 5 a 10 gotas de agua oxigenada al 30%, grado analítico. Este proceso se repite hasta que la solución resultante permanezca clara después de 10 minutos de ebullición suave. Finalmente se enfría y enrasa a 50 ml con agua destilada.

2.—Determinación de fósforo.

1 ml de la solución anterior se diluye con 9 ml de agua destilada. Desde aquí se sacan separadamente 1 ml y 2 ml de solución y se pasan a 2 tubos de ensayo diferentes. Se agregan respectivamente 3 y 2 ml de agua destilada, y 0,8 ml de la mezcla de reactivos siguientes:

50 ml de H_2SO_4 5N

15 ml de molibdato de amonio (40 g/l)

30 ml de ácido ascórbico 0,1 N

5 ml de tartrato de antimonio y potasio (2,47 g/l)

Se agita después de cada adición y se lee el color azul a la longitud de onda de 700 milimicrones.

En la misma forma se prepara un testigo efectuando una digestión sin material foliar.

3.—Determinación de potasio.

La solución enrasada a 50 ml durante la digestión se lleva directamente al fotómetro de llama, donde se lee a 768 milimicrones en equipo Zeiss.

RESULTADO Y DISCUSION

La caracterización química de los suelos se

presenta en el Cuadro 2. De estos datos puede establecerse lo siguiente:

Todos los suelos son ácidos con una cantidad apreciable de hidrógeno de intercambio, lo que indica la presencia de elevadas propiedades de intercambio de cationes en los coloides respectivos.

Son suelos ricos en materia orgánica y la relación C/N bastante constante permite deducir que las reservas de nitrógeno de estos suelos se encuentran en la fracción orgánica.

Hay enorme variación en las cantidades de aluminio extractable de los diversos suelos, por lo que las respuestas al fósforo para las mismas dosis agregadas serán también distintas.

Los contenidos de P al Olsen, aunque pobres, superan los valores comunes de los suelos del área en estudio, cuyo promedio está próximo a 10 ppm.

Los contenidos de potasio presentan una notable variación de un suelo a otro.

CUADRO 2.—Análisis de los suelos utilizados en el ensayo con ballicas. Suelo.

Determinación	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
pH (KCl)	4,39	4,54	4,38	4,88	4,78	4,00	4,31	4,44	4,76	4,39	4,42
pH (H ₂ O)	4,98	5,62	5,40	5,32	5,82	5,37	5,66	5,62	5,87	5,42	5,33
H+ intercambio (meq/100 g)	20,4	21,6	22,1	14,7	15,1	19,0	18,5	20,4	14,3	12,0	19,4
P (ppmP)	12,6	16,8	12,6	14,4	20,4	20,4	13,8	16,8	12,6	13,4	10,8
Fijación de P (%)	88,5	82,5	81,0	83,0	80,0	63,5	77,5	78,5	80,5	80,5	80,0
K (mgK/100 g)	9,0	13,5	10,5	15,5	7,0	19,5	17,5	13,5	13,5	8,5	7,5
Al (ppmAl)	1.085	805	936	706	585	488	645	605	545	645	685
Mat. orgánica (%)	18,9	16,1	17,4	15,2	14,5	9,5	11,2	15,9	12,2	9,8	15,5
N Total (%)	0,830	0,635	0,905	0,604	0,631	0,379	0,620	0,832	0,577	0,548	0,695
C/N	13,2	14,6	11,2	14,5	13,3	14,5	10,5	11,1	12,3	14,2	9,0
Humedad 1/3 atm. (%)	63,5	74,3	*	63,5	65,9	*	54,9	64,4	62,5	72,0	66,7

*Valor perdido.

1.—Rendimiento de materia seca por maceta

Los resultados obtenidos con cada uno de los 7 cortes en los 11 suelos se presentan en el Cuadro 3 como porcentaje de los rendimientos del tratamiento incompleto, respecto del correspondiente rendimiento obtenido para la fertilización completa. Los rendimientos de la abonadura completa se expresan en gramos de materia seca por maceta.

Por razones de claridad en la discusión se ha estimado conveniente presentar en este Cuadro únicamente los valores de los tratamientos correspondientes a la fertilización completa, sin fósforo, sin potasio y sin azufre.

Para apreciar mejor el efecto de los cortes sucesivos sobre los tratamientos sin fósforo en los suelos VII, VIII y XI, se construyó la Figura 1. Se ha preferido llevar en abscisas la producción acumulada de materia seca por maceta, antes que aplicar el criterio adoptado por Chaminade (10) y Araos (2), quienes colocaron aquí, a módulo constante, los sucesivos cortes. Además, en la forma impugnada se desestiman las variaciones entre suelos y los errores propios de cada experimentador, particularmente el criterio que use para decidir el momento y la altura del corte. En esta forma resulta más real reemplazar el valor ficticio que representa el número del corte por el valor efectivamente medido, cual es, la producción de materia seca para la abonadura completa.

De la Figura 1 se desprende que para el suelo XI se produce una grave depresión del rendimiento en el tratamiento sin fósforo al pasar del primer corte al segundo. En el suelo VIII es muy leve este descenso de rendimiento, mientras que con el suelo VII ya no se constata. Los cortes siguientes, incluyendo al tercero, darían a entender que a medida que aumenta la producción acumulada de materia seca de la abonadura completa, habría una liberación de fósforo cada vez mayor, con los tres suelos. Este resultado no ha sido observado ni probado en la práctica.

Sustentamos que la interpretación anterior es inexacta, por cuanto el verdadero alcance que debe hacerse en la Figura 1 consiste en la diferencia cada vez menor que hay entre la disponibilidad de P del tratamiento que recibió fósforo (abonadura completa) y del que no lo obtuvo (sin P). No debe olvidarse que de acuerdo al 1º y 2º corte se trata de una carencia neta de fósforo, por lo que el fósforo no está en cantidad óptima. El porcentaje de rendimiento del tratamiento sin fósforo es función de dos rendimientos independientes entre sí: del que se obtuvo con la fertilización completa, y con el tratamiento sin fósforo. Los descensos de rendimiento de la fertilización completa, (en este caso por inadecuado nivel de P), repercuten sobre el porcentaje calculado como si existiese una liberación de fósforo. Posteriormente, el mayor agotamiento de fósforo debido

a la mayor producción de materia seca del tratamiento completo, lleva a un contenido final de fósforo del suelo muy similar entre los tratamientos considerados.

Esta hipótesis será confirmada, como se verá

más adelante, por dos caminos diferentes:

- a) Análisis del fósforo asimilable contenido en los suelos que sirvieron para el ensayo.
- b) Análisis del contenido de fósforo en el material foliar cosechado.

CUADRO 3.—Rendimientos parciales de materia seca para algunos tratamientos con ballica inglesa H-1 en 11 suelos de Cautín.*

TRATAMIENTO		S U E L O S										
Abonadura	Corte	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Completa g/maceta	1º	4,30	4,25	4,47	3,92	5,06	3,32	4,64	4,57	3,98	4,06	3,95
	2º	5,35	5,82	7,62	4,11	6,13	4,76	4,50	5,74	3,82	4,19	5,10
	3º	4,55	5,33	6,50	4,68	5,31	5,40	5,45	5,00	4,36	5,89	5,50
	4º	3,84	4,15	5,25	3,91	4,35	4,10	4,13	3,82	4,20	4,65	4,25
	5º	3,70	3,90	4,74	3,95	4,00	3,44	3,74	4,40	3,67	3,98	3,81
	6º	2,86	3,61	4,28	3,08	3,99	3,71	3,66	3,38	3,42	4,09	3,45
	7º	1,82	2,14	2,56	1,88	2,40	2,25	2,31	2,19	2,25	2,67	2,06
Sin P %	1º	61,6	51,3	44,3	74,2	54,2	53,0	52,2	53,0	56,0	56,7	48,1
	2º	65,7	49,7	31,8	54,3	51,2	77,3	51,8	47,2	59,4	43,2	29,6
	3º	59,1	72,2	45,1	64,3	71,8	54,1	56,0	61,4	54,8	47,9	55,8
	4º	55,5	77,1	52,0	53,7	73,1	51,2	63,7	76,2	53,6	57,0	60,2
	5º	55,4	84,6	63,9	79,7	89,5	73,5	76,5	79,3	86,6	81,7	76,1
	6º	88,5	94,1	67,7	83,9	102,0	95,3	81,4	91,6	95,0	70,6	80,4
	7º	85,6	86,5	89,0	98,3	108,0	104,0	101,0	110,0	97,3	94,7	97,1
Sin K %	1º	97,4	92,5	76,7	121,0	83,8	91,6	85,3	95,0	118,3	96,8	89,6
	2º	84,1	101,2	83,9	90,3	61,5	116,8	92,9	75,4	97,4	85,0	74,3
	3º	65,5	80,5	65,2	83,5	71,7	68,5	76,7	80,0	83,7	67,1	71,8
	4º	60,2	80,7	59,8	78,0	70,8	79,3	90,3	74,5	77,1	69,5	54,1
	5º	60,5	72,6	58,9	71,1	58,5	88,1	88,2	64,3	82,0	69,3	52,2
	6º	73,0	86,7	61,5	75,6	66,2	96,2	96,5	78,3	89,8	57,2	66,4
	7º	52,2	71,5	60,9	72,8	65,9	80,5	95,7	68,0	74,6	61,6	62,0
Sin S %	1º	103,3	109,2	87,5	133,7	99,3	103,3	99,1	89,5	118,5	115,5	108,5
	2º	98,0	106,5	73,5	101,7	75,5	84,5	97,8	92,5	119,0	123,0	103,0
	3º	61,3	122,9	87,5	108,5	110,7	65,4	83,9	92,0	112,0	97,0	103,0
	4º	83,6	108,7	65,0	101,0	99,3	65,4	67,5	71,0	71,0	89,0	73,2
	5º	82,2	101,8	95,8	99,7	90,8	72,4	90,1	86,0	105,5	103,0	87,0
	6º	89,5	83,4	58,4	90,6	109,8	64,1	82,7	85,8	93,2	82,2	81,5
	7º	98,4	97,5	78,9	95,1	120,0	59,6	89,1	78,0	100,0	91,1	90,3

*Promedio de dos repeticiones.

En forma sucinta se desea hacer una referencia a los rendimientos del tratamiento sin potasio. Para ello se construyó la Figura 2 en forma similar a la Figura 1. Con el suelo IV se observa una depresión de rendimiento gradual del tratamiento sin potasio, a medida que avanza la producción de materia seca. Está visible en este suelo la carencia de potasio, hasta el 5º corte aproximadamente (20 g materia seca) de la abonadura completa. Se insinúa aquí algo similar a lo observado con el fósforo: la fertilización con potasio fue insuficiente para la abonadura completa, cuando la producción de materia seca sobrepasó el valor antes indicado. Este mismo fenómeno se repite con el

suelo XI, con una producción de materia seca menor, y se acentúa notablemente para el suelo VI, donde las disponibilidades de potasio ya son insuficientes para sobrepasar una producción de 14 g materia seca por maceta en la abonadura completa.

Es menester recordar que la adición de fósforo y potasio se hizo al suelo antes de la siembra, y que estas cantidades deberían mantenerse en un valor óptimo para el desarrollo de la ballica a lo largo de los 7 cortes. Tal condición no se cumplió para el fósforo, potasio, y por razones análogas a las aquí consideradas, tampoco con el azufre (ver entre otros, suelos IV, XI y VII en Cuadro 1). Nos parece suficiente

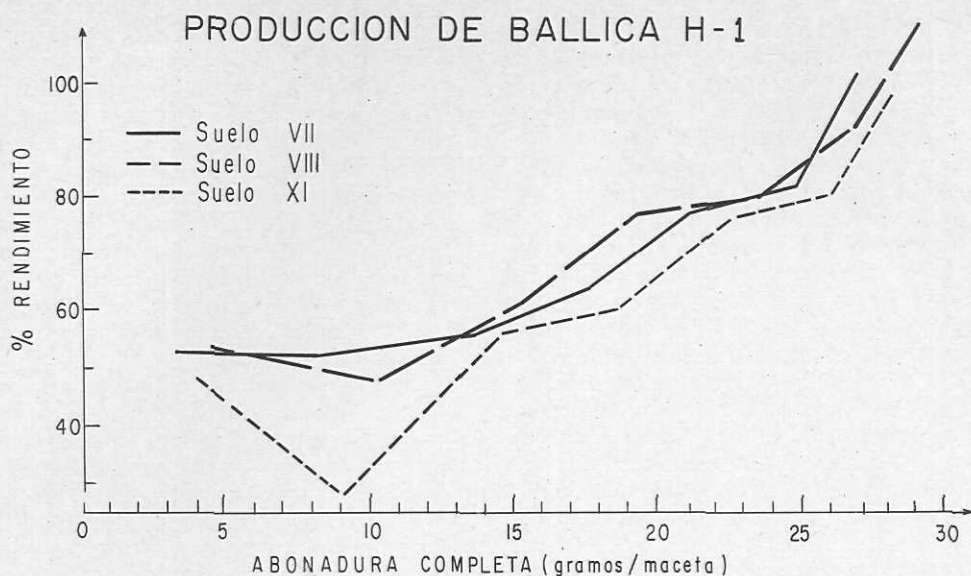


Figura 1. Fertilización sin Fosforo

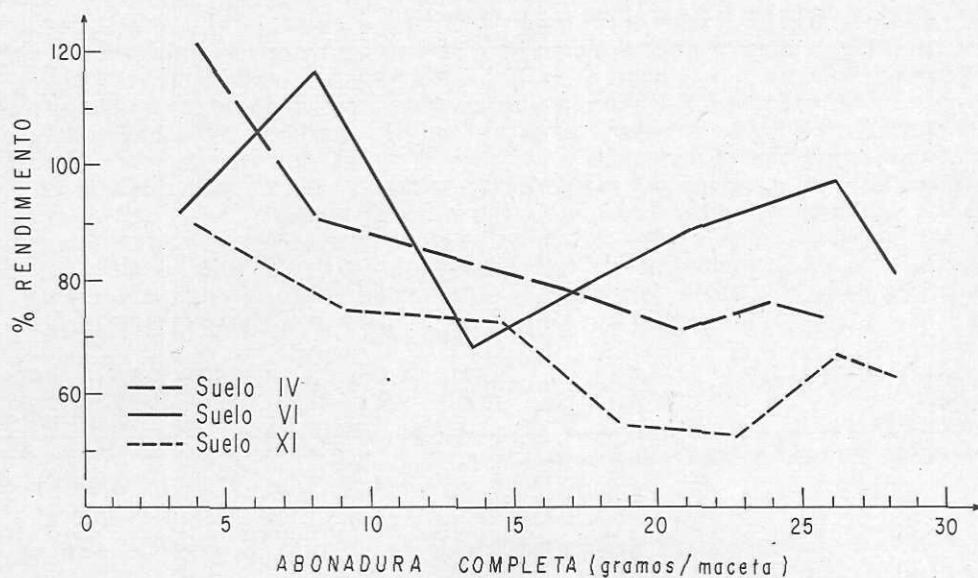


Figura 2. Fertilización sin Potasio

confirmar nuestra hipótesis con el tenor de potasio y fósforo en el suelo y en la materia seca cosechada.

2.—Contenido de fósforo y potasio en los suelos que sirvieron para el ensayo.

Después de efectuado el séptimo corte de ballica, se secaron y analizaron los suelos correspondientes de todos los tratamientos, para determinar su contenido de fósforo y potasio. Los resultados obtenidos en el análisis de fósforo se llevan al Cuadro 4 mientras los respec-

tivos tenores de potasio se presentan en el Cuadro 5.

De aquí se infiere que los tenores de fósforo del tratamiento fertilización completa son muy semejantes a los del tratamiento sin fósforo y aun testigo (sin nitrógeno). No puede dudarse de la deficiencia de fósforo de estos suelos, como se ha demostrado con numerosos ensayos de campo; así, E. Letelier (33) y en forma más reciente V. Volke (62) en trigo; L. Goic (18) y (19) en praderas e IANSA (23), (24) y (25) en remolacha.

Por lo tanto, el menor contenido de fósforo de la abonadura completa que del testigo para los suelos I, V y III justifican plenamente nuestra suposición, relativa a la insuficiente cantidad de fósforo agregada al suelo.

Podría estimarse que estas variaciones en el contenido de fósforo son insignificantes, y aún puede dudarse de la efectividad del método de Olsen para medir la disponibilidad de este nutriente en el suelo para las plantas (ballica en este caso). Ajeno a los antecedentes que hay sobre la utilidad del método de Olsen (44), es conveniente recordar que según Volke (61): no sólo el de Olsen, sino "todos los métodos extractivos de fósforo indican que el contenido de fósforo extractable es bajo" para suelos similares a los usados en este estudio.

Los contenidos de potasio de los suelos analizados después del séptimo corte de ballica se presentan en el Cuadro 5.

La buena correlación y semejanza entre los valores de potasio extraído por la solución de

Morgan y potasio de intercambio, determinado por Hurtado (22), permite apreciar los incrementos de éste entre los diversos tratamientos. Resalta de inmediato la gran extracción de potasio que hizo la ballica, pues los valores de todos los tratamientos, excepto sin P, llegaron a un tenor final de potasio de intercambio semejante al del tratamiento testigo que no lo recibió. Es por tanto muy comprensible que en el tratamiento sin fósforo, actúe éste como gran limitante del crecimiento de la ballica, y por ello se tenga un efecto de acumulación del potasio en el suelo.

Así se corrobora el extraordinario agotamiento de potasio, además del fósforo ya considerado, que afectó al tratamiento abonadura completa. Las dosis de potasio deberían haber sido mayores, particularmente para los suelos VI, VII, VIII y IX, donde se alcanzó al final de la experiencia un contenido de potasio inferior en el tratamiento abonadura completa que en el testigo.

CUADRO 4.— Contenido de fósforo en el suelo de cada tratamiento después de efectuar el séptimo corte de ballica. (ppm P en el suelo).*

TRATAMIENTO	SUELO											
	Abonadura	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Completa		4,6	15,9	6,9	7,6	17,0	20,0	13,3	13,6	16,3	12,7	10,8
Sin P		6,5	10,3	9,0	6,1	13,1	10,2	8,4	9,0	12,5	14,1	6,4
Sin K		7,1	18,4	13,1	12,3	25,3	29,5	20,3	22,0	21,7	15,5	18,0
Sin Ca		6,3	16,5	8,6	9,8	18,1	21,3	15,8	15,2	14,7	10,3	8,5
Sin Mg		6,0	15,1	6,0	7,7	16,7	18,4	13,6	14,3	10,7	8,7	9,1
Sin S		7,1	15,6	11,0	8,8	18,1	15,1	17,0	14,0	15,0	12,8	13,0
Sin micro elemento		6,9	16,0	8,0	9,3	23,5	20,2	13,1	15,7	15,5	11,8	10,2
Testigo		5,0	9,9	7,8	7,3	29,8	8,9	8,8	10,1	6,9	7,9	8,3

*Promedio de dos determinaciones y dos repeticiones.

CUADRO 5.—Contenido de potasio extractable en el suelo, después del séptimo corte de ballica. (mg K/100 g suelo).*

TRATAMIENTO	SUELO											
	Abonadura	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Completa		6,1	4,9	7,0	6,1	2,6	3,0	5,1	5,0	4,5	4,0	4,4
Sin P		18,4	17,6	26,1	19,4	6,4	18,1	18,0	40,6	18,4	19,0	15,1
Sin K		4,0	2,5	3,1	2,3	1,9	1,5	1,8	2,1	1,8	1,5	2,5
Sin Ca		5,8	8,5	6,4	4,1	2,5	5,1	5,4	4,8	3,8	3,3	4,3
Sin Mg		4,4	4,9	6,0	3,8	4,1	3,1	4,3	5,2	3,8	2,8	4,0
Sin S		11,9	4,1	8,3	3,8	2,8	16,0	10,3	7,4	4,5	2,8	5,8
Sin micro elementos		8,8	4,6	6,8	3,3	4,1	4,5	4,5	6,0	5,4	4,3	4,6
Testigo		4,2	3,5	3,8	4,5	29,5	3,3	7,8	5,5	5,8	2,8	2,8

*Promedio de dos determinaciones y dos repeticiones.

3.—Contenido de fósforo y potasio en la ballica cosechada.

El ensayo en macetas, en la forma propuesta por Chaminade (10), impone la condición que el suministro del fósforo y potasio sean adecuados a lo largo de todo el período de crecimiento de la ballica. Como los nutrientes se agregaron en el momento de la siembra, se asegura un mejor abastecimiento de ellos en los primeros cortes. Para apreciar si la dosis de fertilización es suficiente, es apropiado examinar los contenidos de fósforo y potasio correspondientes a una elevada producción de materia seca. Se eligió el 5º y 6º corte, que para la fertilización completa está próximo a 20 gramos de materia seca por maceta.

Los contenidos de fósforo se presentan en el Cuadro 6. Resaltan inmediatamente los bajísimos contenidos de fósforo, tanto para el tratamiento completo, como el sin fósforo. La carencia de fósforo debe calificarse como muy grave, pues en el tratamiento respectivo no se alcanza para ningún suelo a 0,10% P. Estas cifras deben compararse con los valores determinados en el Grassland Research Institute (58), que varían entre 0,14% P para praderas viejas y 0,63% P principalmente para ballica. Esto da una idea de la pobreza en fósforo del material analizado en este trabajo. Sólo excepcionalmente han obtenido valores tan bajos como 0,11% P.

Normalmente se estima que estos contenidos deben variar entre 0,30% P y 0,45% P (12), (58), pudiendo alcanzar excepcionalmente valores tan altos como 1,55% P (15). Las ligeras variaciones observadas entre 5º y 6º cortes para

los dos primeros tratamientos del Cuadro 6 son insuficientes como para reparar en ello. La liberación de fósforo tampoco se ve confirmada.

En los dos últimos tratamientos del Cuadro 6, particularmente en el sin potasio, la ballica tiende a agotar más sus disponibilidades de fósforo, cuanto más rico sea el suelo en potasio. Por el contrario, a mayor deficiencia de potasio en el suelo, mayor concentración de fósforo en la ballica del tratamiento sin potasio. Así se observa en el elevado contenido de fósforo en la materia seca del suelo VI, para el tratamiento sin potasio, suelo que como se indicó en la Figura 2 es muy deficiente en este nutriente.

Los resultados obtenidos en la determinación del contenido de potasio para las ballicas cosechadas en el quinto y sexto corte, con los once suelos, se presentan en el Cuadro 7.

En el quinto corte se alcanzan contenidos de potasio menores o iguales a 1,30% K, que deben considerarse deficientes (20), para la ballica de diez de los once suelos; tampoco hace excepción el suelo X, con 1,50% K, pues se mantiene en el límite dado por Hopper y Clement (20). Para el sexto corte se mejoran un poco estos tenores de potasio, pero ello como consecuencia de una mayor deficiencia de fósforo, resultante del sucesivo agotamiento. La limitante del fósforo es tan severa que ahí donde está presente en cantidad deficiente se produce de inmediato una absorción acumulativa de potasio en la planta, toda vez que éste existe disponible. Esto se confirma muy bien con los mayores tenores de potasio en los tratamientos sin fósforo, tratamientos que se caracterizan por una menor producción de materia seca.

CUADRO 6.—Contenido de fósforo en las muestras foliares de ballica 5º y 6º cortes para 11 suelos (%P).

Tratamiento	Corte	SUELO										
		Nº	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Completa	5º	0,073	0,090	0,121	0,112	0,102	0,153	0,120	0,109	0,093	0,118	0,111
	6º	0,090	0,100	0,116	0,095	0,112	0,184	0,144	0,123	0,104	0,127	0,117
Sin P	5º	0,073	0,062	0,083	0,072	0,080	0,083	0,070	0,069	0,074	0,066	0,070
	6º	0,075	0,064	0,073	0,073	0,093	0,095	0,083	0,081	0,079	0,066	0,057
Sin K	5º	0,127	0,154	0,266	0,103	0,251	0,274	0,197	0,178	0,200	0,223	0,192
	6º	0,175	0,178	0,265	0,154	0,297	0,281	0,211	0,240	0,279	0,250	0,213
Testigo	5º	0,094	0,214	0,098	0,153	0,216	0,123	0,120	0,100	0,257	0,279	0,203
	6º	0,275	0,166	0,241	0,232	0,266	0,087	0,167	*	0,260	0,286	0,048

*Valor perdido.

Por lo tanto, la fórmula de fertilización completa tendrá mayores exigencias de potasio que resultarán como consecuencia de la presencia de todos los demás nutrientes. Las reservas de potasio pueden provenir únicamente de las incorporaciones que de este nutriente se hagan en el suelo, y que deben ser suficientes para asegurar una concentración óptima de potasio en la ballica en todos los cortes, particularmente en los últimos, de la abonadura completa. Como esto no ocurrió, se desprende que el potasio agregado al suelo fue insuficiente.

Además, por los resultados ya expuestos, se comprueba que al mejorar la fertilización fosfatada inicial, también se aumentará el consumo de potasio. Ello permitiría mantener una buena concentración de este nutriente en los últimos cortes de ballica con la abonadura completa.

CONCLUSION

La insuficiente dosis de fertilización con fósforo, potasio y azufre en la siembra del ensayo

en maceta con ballica H-1 por la técnica de Chaminade puede interpretarse como un proceso de liberación de dicho nutriente, si se comparan en forma relativa los rendimientos en materia seca.

La exigua adición de fertilizantes deprime especialmente los rendimientos del tratamiento abonadura completa, por lo que los rendimientos tienden a uniformarse con respecto al de la fertilización incompleta por ausencia del nutriente respectivo.

El análisis foliar del 5º y 6º corte de la ballica de los once suelos demuestra claramente que no se alcanzaron valores óptimos de fósforo ni potasio, para un buen crecimiento de la ballica.

También el análisis de suelo después del séptimo y último corte permiten concluir que los niveles de éstos en los suelos al término de la experiencia fueron semejantes a los existentes antes de comenzar el ensayo.

Para obtener éxito en estos ensayos con suelos de esta zona será indispensable aumentar la dosis de fertilización, particularmente para los elementos fósforo, potasio y azufre.

CUADRO 7.—Contenido de potasio en las muestras foliares de ballica 5º y 6º cortes para 11 suelos (%K).

Tratamiento	Corte	SUELO										
		Nº	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Abonadura Completa	5º	0,7	0,85	0,95	1,30	1,20	1,10	1,10	0,60	1,10	1,50	1,00
	6º	1,25	1,45	1,10	1,95	1,35	2,40	2,10	1,35	1,90	2,00	1,80
Sin P	5º	3,05	2,55	3,10	2,60	2,05	2,50	2,60	2,60	2,30	2,80	2,70
	6º	0,85	2,60	3,00	2,85	2,70	2,95	2,85	3,05	2,70	2,65	2,80
Sin K	5º	0,40	0,30	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,25	0,40	0,30	0,20
	6º	0,20	0,25	0,30	0,30	0,25	0,40	0,40	0,30	0,30	0,25	0,15
Testigo	5º	0,55	1,25	0,75	1,95	1,75	2,15	2,55	1,10	1,33	1,80	1,95
	6º	1,00	1,65	0,75	1,65	1,55	3,20	2,15	—	0,55	1,40	0,50

RESUMEN

Se realizó un ensayo en macetas con once suelos de Cautín para conocer las deficiencias nutritivas mediante la técnica de Chaminade. Se usó ballica de rotación corta H-1 y se incluyeron ocho tratamientos; fertilización completa y las siguientes incompletas: sin fósforo, sin potasio, sin calcio, sin magnesio, sin azufre y sin micronutrientes (Cu, Zn, B, Mn, Mo) y un tratamiento testigo (sin nitrógeno). La intensidad de la deficiencia se apreció por los rendimientos relativos que se obtienen al comparar las producciones de materia seca, por maceta, del tratamiento fertilización incompleta respectiva con la del correspondiente a la abonadura completa.

Estimaciones de la producción de materia seca en los sucesivos cortes permitían deducir que durante el transcurso del crecimiento de la ballica se habría liberado fós-

foro, potasio y azufre, especialmente en los últimos cortes. Este resultado se opone a la realidad agronómica, por lo que se recurrió al análisis foliar y químico de los suelos, después de finalizada la experiencia para formular una interpretación correcta.

Ambos análisis demostraron que en forma progresiva se deterioró el suministro de fósforo y potasio para los sucesivos cortes de ballica. Los contenidos de fósforo y potasio de la materia seca cosechada llaman la atención por su gran pobreza y, de acuerdo a los resultados de otros países, deben considerarse deficientes las ballicas respectivas. Para el quinto corte no se supera 0,10% de P para el tratamiento sin fósforo, ni 0,40% de K para el tratamiento sin potasio en todos los suelos.

A su vez, el análisis de suelo para P y K indica que la condición de fertilidad final es muy semejante para los distintos tratamientos de un mismo suelo. Así, suelos inicialmente pobres en P y K —no se determinó para azufre— volvieron a esa condición al terminar la experiencia, y lo que es más importante alcanzaron esta condición antes de llegar al último corte.

SUMMARY

A potted trial was carried out in order to study, using the Chaminade technique, the nutrient deficiencies of eleven soils of the province of Cautín. Rye-grass H-1 (short rotation) was planted. The treatments used were: complete fertilization, complete fertilization without one of the following nutrients: phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, micronutrients (B, Cu, Zn, Mn, Mo) and a check without nitrogen.

The intensity of any deficiency was evaluated by measuring the dry matter yield obtained per plant-pot, with respect to the complete fertilization.

Measurements of dry matter in the successive cuttings allowed to conclude that during its growth, rye-grass released phosphorus, potassium and sulfur preferably in the last clippings. Being the results against the agronomic reality, "plant analysis" and soil chemical determination were made in order to secure a sound interpretation.

Analysis showed that both phosphorus and potassium supply were progressively smaller after each clipping.

Phosphorus and potassium content in the dry matter was progressively low. According to foreign information rye-grass would be considered deficient with respect to these nutrients. After the clippings, all the soils, showed less than 0,10% of phosphorus, in the treatments without phosphorus. Less than 0,40% of potassium was determined in the dry matter for the treatments without potassium.

Analysis performed indicate that the ultimate fertility is similar for the different treatments of the same soil, with respect to phosphorus and potassium.

Soils, initially deficient in phosphorus and potassium (sulfur was not studied) returned to this condition at the end of the trial. The most important fact is that this condition was obtained even before the last clipping.

LITERATURA CITADA

- ADAMS, S. and HONEYSETT, J. Some effects of soil water logging on the Cobalt and Copper status of pasture plants grown in pots. *Australian Journal of Agricultural Research* 15 (3):357-367. 1964.
- ARAOS, F. Estudio de deficiencias nutritivas en muestras superficiales de suelos de Ñuble. *Agricultura Técnica (Chile)* 27(1):15-20. 1967.
- ARMIGER, W., DEAN, L., MASON, D. and KOCH, E. Effect of size and type of pot on relative precision, yields and nutrient uptake in greenhouse experiments. *Agronomy Journal* 50(5):244-247. 1958.
- BAHERLE, P. Influencia de la fertilización fosfatada sobre el aluminio y fierro extractable. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1965. pp. 38-40. (Mimeografiada).
- BEHN, G. Contenido de materia orgánica en suelos chilenos por diferentes métodos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1965. p. 35. (Mimeografiada).
- BLEIHOLDER, H. Factores que afectan a la fijación de fósforo en algunos suelos chilenos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1965. pp. 49-50. (Mimeografiada).
- BONDORFF, K. Duengerprobleme der Welt. In: Schmit, L. and Ertel, H. 100 Jahre erfolgreiche Duengewirtschaft. Frankfurt a. Main, Sauerlaender Verlag, 1958. pp. 128-138.

8. BUXTON, J. W. and CULBERT, J. Effects of N-Dimethyl amino succinamic Acid (B-Nine) on flower longevity and vegetative growth of pot chrysanthemus. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 91:645-642, 1967.
9. CHAMINADE, R. Experimentation en petits vases de vegetation. Types d'essais pour tester l'efficacité des engrais humiques. *Annales Agronomiques, Serie A*, 11:121-123. 1960.
10. ————— Diagnostic des carences minerales du sol par l'experimentation en petits vases de vegetation. *Science du Sol* 1964: s. p. Deuxieme semestre 1964.
11. ————— Bilan de trois années d'experimentation en petit vases de vegetation. *L'Agronomie Tropicale*. Extrait du no. 11:1101-1162, 1965.
12. COMMISSIE ONDERSOEK MINERALE VOEDING, Handleiding mineralen on der zoek bij rundvee in de praktijk. Visserij, Ministerie Vandlandbouw, 1963. p. 17.
13. DEN DULK, P. Synthetic detergents in Sewage sludge. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 8(2):139-148. 1960.
14. DICKEY, R., POOLE, R. and JOINER, J. Effects of N, P and K levels on growth and chemical composition of rhododendron indica "Formosa" and Viburnum suspensum. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science* 91:762-770. 1967.
15. DIJKSHOORN, W. Nitrogen, Chlorine and Potassium in perennial Ryegrass and their relation to the mineral balance. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 6(2):131-138. 1958.
16. DUNLAP, A. A. Phosphate retention by sand in relation to seedling culture. *American Journal of Botany* 26(1):15-17. 1939.
17. GIESECKE F. Der vegetationsversuch 2. Der Gefaessversuch und seine Technick, *Methodenbuch Band 9*, Radebeul, Neumann Verlag, 1954, pp. 5-173.
18. GOIC, J. Diferentes niveles de fósforo y de nitrógeno en establecimiento de mezcla forrajera en 5 series de suelos de la Zona de Osorno. *Agricultura Técnica (Chile)* 28(1):38-40. 1968.
19. ————— Fertilización en el establecimiento de praderas en 5 series de suelos de Osorno. *Agricultura Técnica* 28(1):16-21. 1968.
20. HOPPER, M., and CLEMENT, C. The supply of potassium to grassland. In: Jacks, G. *Soil chemistry and fertility*. Meeting of Comissions 2 and 4 of the International Society of Soil Science, 1967. pp. 237-246.
21. HUGHES, J. and SEARLE, P. Observations on the residual value of Accumulated Phosphorus in a red loam. *Australian Journal of Agricultural Research* 15(3):377-383. 1964.
22. HURTADO, R. Potasio, nitrógeno y materia orgánica en suelos dedicados al cultivo de la alfalfa. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1963. 295 p. (Mimeografiada).
23. CHILE INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL. Resultados de la experimentación agronómica y económica en remolacha azucarera. Temporada 1960-1961. Santiago, IANSA, Departamento Agrícola, 1962. p. 13-36.
24. ————— Resultados de la experimentación agronómica en remolacha azucarera, Temporada 1962-1963. Santiago, Chile, IANSA, Departamento Agrícola, 1963. p. 42-51.
25. ————— Resultados de la investigación agronómica en remolacha azucarera, Temporada 1963-1964. Santiago, Chile, IANSA, Departamento Agrícola, 1964. p. 46-49, 327-329.
26. INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSOS NATURALES, CORFO. Suelos; descripciones, Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID. Santiago, 1964. p. 259, 242.
27. ————— Materiales y símbolos. Proyecto Aerofotogramétrico Chile, OEA/BID. Santiago, 1964. 50 p. (Folleto N° 1).
28. JACKSON. *Soil chemical analysis*. Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1962. p. 74-75.
29. JENNY, H. *Factors of soil formation; a system of qualitative pedology*. New York, Mc Graw-Hill, 1941. pp. 232-244.
30. KILLIAN, J. et VELLEJ, J. Diagnostic des carences minerales en vases de vegetation sur quelques sols de Madagascar. *L'Agronomie Tropicale* 5:413-443. 1964.
31. LAMBERT, D. Competition between plants of cocksfoot grown for seed. *Journal of The British Grassland Society* 23(4):274-279. 1968.
32. LE MARE, P. Experiments on the effects of phosphate applied to a Bugando soil. *The Journal of Agricultural Science* 70(3):265-270. 1968.
33. LETELIER, E. et al. Cien ensayos NPK en trigo. Santiago, Chile, Ministerio de Agricultura, Departamento de Investigación Agrícola, Boletín Técnico N° 9. 1961. p. 43.
34. MAAS, E. and ADANSON, R. Toxic effects of black fiber pots on tomato transplants. *Proceeding of the American Society for the Horticultural Science* 91:556-560. 1967.
35. MACK, A. and BARBER, S. A bath for soil temperature control in pots culture work. *Agronomy Journal* 52(5):299. 1960.
36. MITSCHERLICH, A. A. *Die Düngerberatung Halle*, Max Niemeyer Verlag, 1948. p. 56.
37. ————— *Bodenkunde*, 7 Auflage. Berlin, Paul Parey Verlag, 1954. p. 163-164.

38. NICKOLS, J. PHIBBS, G. and REED, L. Effect of N, S and lime on utilization of Rock Phosphate by alfalfa. *Agronomy Journal* 52(5):254-257. 1960.
39. NICOLLS, K. and HONEYSETT, J. The cobalt status of Tasmanian Soils. I. Total Cobalt in Soils and content of subterranean clover grown in pots. *Australian Journal of Agricultural Research* 15(3):368-376. 1964.
40. ————— The cobalt status of Tasmanian Soils. II. Recovery of applied cobalt in pot Experiments. *Australian Journal of Agricultural Research* 15:609-624. 1964.
41. OZBUN, J. *et al.* Tomato fruit Ripening. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science* 91:566-572. 1967.
42. RIEHM, H. Methods of soil sampling and preparation of samples in O. E. E. C. The Organization and Rationalization of Soil Analysis Project N° 156, Paris, European Productivity Agency of the Organization for European Cooperation, 1956. pp. 92-112.
43. SALGADO, J. Estudio sobre métodos y medidas de la humedad aprovechable a las plantas en diferentes texturas de suelos. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1960. pp. 103-106. (Mimeografiada).
44. SALGADO, M. Fracciones de fósforo presentes en 4 suelos empleados para ensayo en maceteros en alfalfa, con dosis diferentes de fosfato. Tesis Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1963. 169 p. (Mimeografiada).
45. SAIZ DEL RIO J. y BORNEMIZA, E. Análisis químico de suelos; método de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, 1961. p. 61.
46. SCHALSCHA, E. B. Effect of drying on volcanic ash soils in Chile. *Soil Science Society of America, Proceeding* 29:481-482. 1965.
47. SCHARRER, K. and BURKE, R. Fortschritte der agrikulturchemie (Pflanzenernährung). *Dresden Verlag Von Theodor Steinkopff*, 1955. p. 231.
48. SCHEFFER, F. and WELTE, E. *Lehrbuch der agrikulturchemie und Bodenkunde, II. Teil Pflanzenernährung.* Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag, 1955. p. 215.
49. SCHULIENBURG, J. C. VAN, and WALINGA. The rapid determination of Phosphorus in presence of Arsenic, silicon and germanicum. *Analytica Chemica Acta* 37:271-274. 1967.
50. SCHUFFELEN, A. C. Die mineral düngung als Voraussetzung für die umwandlungsmöglichkeiten Von "naturboden" in Kulturböden". In: Schmitt, L. and Ertel, H. 100 jahre erfolgreiche Duengewirtschaft. Frankfurt a. Main, Sauerlander Verlag, 1958. pp. 46-57.
51. SCOTT, A. and BATES, T. Effect of organic additions on the changes in exchangeable potassium observed on dryng soils. *Soil Science of America, Proceeding.* 26(2):209-210. 1962.
52. SHARMAN, K., *et al.* Interactions of Zn and P with soil temperature in rice. *Agronomy Journal* 60(6):652-655. 1968.
53. SIMPSON, D. and MELSTED, S. Gaseous Ammonia losses from urea solutions applied as a foliar spray to various grass sods. *Soil Science Society of America, Proceeding* 26(2):186-189. 1962.
54. SIMPSON, J. The transference of N from pasture legumes to and Associated grass under several systems of management in pot culture. *Australian Journal of Agricultural Research.* 16(6):915-926. 1965.
55. SMITH, D. Pot test of nutrition status of two high elevation soils in Wyoming. *Journal of Range Management* 19(1):38-40. 1966.
56. TERMAN, G. L. Variability in results from greenhouse pot experiments comparing phosphorus rates and sources. *Agronomy Journal* 51(2):67-71. 1959.
57. —————, BOULDIN, D. and WEBB, J. Evaluation of fertilizers by biological methods. In: Norman, A. G. *Advances in Agronomy.* New York, Academic Press, 1962. Vol. 14. pp. 306-307.
58. THE GRASSLAND RESEARCH INSTITUTE. Data on the mineral compositions of grassland herbage from Grassland Research Institute. Hurley and the Welsh Plant Breeding. Technical Report N° 4. 1966. p. 7.
59. THUN, R. *et al.* Die Untersuchung von boeden, Dritte Auflage. Berlin, Neumann Verlag, 1955. p. 66.
60. VACLAVIK, J. The maintaining of constant soil moisture levels (lower than maximum capillary capacity) in pot experiments. *Biol. Plant Acad. Sci. Bohemoslov* 8(1):80-85. 1966. (Original no consultado; Extractado del Biological Abstracts) 47(15):74038. 1966.
61. VOLKE, V. Comparación de métodos extractivos de fósforo en suelos representativos de las provincias de Llanquihue y Osorno. Tesis, Ing. Agr. Chillán, Chile, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, 1963. p. 135. (Mimeografiada).
62. ————— Efectos del nitrógeno y del fósforo sobre el rendimiento y contenido de ambos nutrientes en trigo Cappelle Desprez. *Agricultura Técnica, Chile*, 28(4):162-168. 1968.
63. WHITEHEAD, F. and HOOD, J. A method of maintaining fractions of field capacity in pot experiments. *The New Phytologist* 65(2):240-244. 1966.