

RESPUESTA RELATIVA DE LA SOYA Y EL FRIJOL A LA  
APLICACION DE NUTRIENTES EN UN SUELO DE LA SERIE  
"VALLE" BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO (\*)

Por **Hernán Guédez Acevedo**

I.— **INTRODUCCION**

Después del maíz y de la caña de azúcar probablemente es el frijol la planta que se cultiva en mayor extensión en el Valle del Cauca. Su grano constituye un alimento básico, incluido en la dieta cotidiana de la población del Valle.

El cultivo de la soya en escaal comercial es relativamente nuevo en el Valle del Cauca, sin embargo, ya comienza a constituir un renglón importante de la agricultura y la industria del Departamento.

El país aún importa aceites vegetales y concentrados para la alimentación animal. La semilla de soya es rica en proteína y aceite, siendo una materia prima valiosa para la elaboración de estos productos; también se la consume como alimento humano.

A pesar de que el frijol representa desde hace muchos años un renglón importante de la economía agrícola colombiana, son relativamente escasos los trabajos experimentales que se han llevado a cabo en el país con el objeto de averiguar la respuesta del cultivo a la aplicación de fertilizantes. En este sentido, también es poco lo que se ha adelantado con respecto a los requerimientos de nutrientes de la soya, probablemente debido a que la explotación comercial de la planta es reciente en Colombia.

El frijol y la soya, como buenas leguminosas, incorporan nitrógeno al suelo, el cual puede ser utilizado por cosechas posteriores de otros cultivos, especialmente maíz. En esta forma, los requerimientos de fertilización nitrogenada puede reducirse y por lo tanto su costo.

El presente trabajo se efectuó con la finalidad de:

1. Obtener información básica con relación a la respuesta del

(\*) Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Guy B. Baird a quien el autor expresa su gratitud.

frijol y la soya a la aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio y una mezcla de elementos menores (B, Mn, Zn, Cu y Mo) en condiciones de invernadero.

2. Determinar la respuesta de la soya a la aplicación de B, Mn, Zn, Cu y Mo bajo las mismas condiciones.

Los ensayos fueron realizados en la Granja Agrícola Experimental de Palmira y tuvieron una duración aproximada de once meses, desde noviembre de 1.957 hasta octubre del presente año.

## II.— REVISION DE LITERATURA

### A. Principales métodos biológicos usados en la determinación de deficiencias de nutrientes en los suelos.

Los análisis químicos y los ensayos biológicos son los dos métodos generales más conocidos y usados en la determinación de la fertilidad de los suelos. Entre los métodos biológicos figuran las técnicas de invernadero, dentro de las cuales las más conocidas. Según Parra y Quinceno (39), son las siguientes:

1. Técnica de Mitscherlich.
2. Técnica de Jenny.
3. Técnica de Stephenson y Schuster.
4. Técnica de Colwell.
5. Técnica de Neubauer.

### B. Literatura sobre trabajos de fertilización en frijol y soya efectuados en otros países.

Colland (15) y Hollwell (28), sostienen que solamente en los suelos de baja fertilidad, deficientes en uno o más elementos, la adición del elemento o elementos insuficientes han aumentado los rendimientos de las cosechas en cultivos de soya. Sin embargo, experimentos realizados por Vittum y Mulvey (47), demostraron que la soya no sólo responde satisfactoriamente a las aplicaciones directas de fertilizantes, sino que, además, tiene la capacidad de utilizar los nutrientes residuales que han quedado en el suelo después de fertilizaciones fuertes hechas al cultivo precedente.

Los datos obtenidos y las opiniones emitidas por los investigadores respecto a la respuesta de la soya a la aplicación de nutrientes, no concuerdan en algunos casos. Weiss (49), sostiene que los requerimientos nutritivos de la soya son altos en comparación con los de las gramíneas cultivadas; mientras que Colland (15), dice que en la faja del maíz en los Estados Unidos, la soya es el único cultivo que no ha respondido consistentemente a las diferentes dosis, colocación, combinaciones, proporciones y grados de fertilizantes aplicados directamente y en dosis que podrían hacer su fertilización tan eco-

nómica como en los otros cultivos comunmente incluidos en las mismas rotaciones.

Por otra parte Morse (35), basándose en experimentos realizados en la Estación Experimental de Iowa, sostiene que la soya responde tan bien como el maíz a las buenas prácticas de manejo del suelo y a altas dosis de fertilidad.

La soya, generalmente, ha respondido en forma menos favorable que otros cultivos al suministro de nutrientes separados. Probablemente debe existir alguna relación, aún no estudiadas, entre la planta y el suelo. Así, en algunas ocasiones se han obtenido rendimientos sorprendentes, pero los investigadores no han podido determinar los factores responsables de tales rendimientos, quedando en consecuencia incapacitados para decir a los agricultores cómo proceder para lograrlos. (Colland, 15).

### Respuesta a Nitrógeno.

Aunque la planta de soya es capaz de utilizar el nitrógeno del suelo, como lo hacen las gramíneas, ella tiene, además, otros medios suplementarios para obtenerlo. Igual que la mayoría de las leguminosas posee la habilidad de entrar en asociación simbiótica con una especie de *Rhizobium* y puede así utilizar el nitrógeno del aire. (Cook and Miller, 17; Weiss, 49).

Las fuentes de nitrógeno, tales como sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea y cianamida, difieren en su efectividad, la cual está influenciada por la adición de cal y la nodulación de las raíces. El porcentaje de nitrógeno tomado de la atmósfera varía del 100%, cuando no se agrega nitrógeno, al 30%, cuando se aplican grandes cantidades de éste al suelo. (Weiss, 49).

Experimentos realizados por Hartwig (26) indican que la soya no ha respondido favorablemente a la fertilización con nitrógeno en los suelos del Delta del Mississippi, cuando se ha inoculado la semilla en forma adecuada. El mencionado investigador sostiene que cuando no ocurre la formación de nódulos en las raíces de la planta, ésta requiere la aplicación de nitrógeno, del mismo modo que el algodón o el maíz.

Thorton, citado por Weiss (49), haciendo ensayos con N isótopo encontró que la cantidad de nitrógeno fijado es inversamente proporcional a la cantidad de nitrógeno suministrado al suelo.

Los resultados de experimentos efectuados por Trear y Burrell (46) con  $N^{15}$ , indicaron que el nitrógeno de hiponitrito radioactivo es asimilado por la soya a través de secciones de infiltración en las hojas, tanto en condiciones de luz como en la oscuridad.

En ensayos de fertilización efectuados en 1952 en suelos de las zonas arroceras de Arkansas, no se apreció ningún aumento en el rendimiento de la soya cuando se hicieron aplicaciones de nitrógeno (Beacher and Cralley, 5).

### Respuesta a fósforo.

Durante los primeros estados del desarrollo de la planta de soya, el fósforo es más eficiente para el crecimiento cuando el suelo contiene cantidades adecuadas de calcio aprovechable. Bajo estas condiciones, la aplicación de fósforo aumentó la concentración de nitrógeno en los tejidos. (Weiss, 49).

En casi todos los experimentos las aplicaciones directas de fertilizantes fosfatados y potásicos no han aumentado satisfactoriamente el rendimiento de la soya, exceptuando aquellos casos en que la fertilidad de los suelos es baja y, especialmente, cuando son deficientes en potasio. La fertilización con fósforo en suelos deficientes, ha aumentado la producción de semilla, así como también el contenido de proteína y fósforo en ésta. (Morse, 35).

En experimentos con soluciones nutritivas se determinó que el aumento de 2 a 10 p.p.m. de fósforo en la concentración, dió lugar a plantas más altas, mayor rendimiento y contenido más elevado de aceite en la semilla. Algunas variedades respondieron favorablemente al fósforo en dosis tan altas como 112 p.p.m., mientras que otras resultaron adversamente afectadas por 50 p.p.m. (Howell, 29).

En suelos alcalinos de varias zonas arroceras de Arkansas, generalmente deficientes en fósforo y potasio, se ha observado clorosis en la soya. Los ensayos de fertilización efectuados en tales regiones, dejaron notar que los síntomas de deficiencia de potasio fueron más severos en las plantas que recibieron sólo superfosfato que en los testigos. (Beacher and Cralley, 5).

Cook y Hurburt (18) y Morse (35), aconsejan no aplicar en frijol y soya los fertilizantes en el momento de la siembra, porque las plántulas resultan fácilmente perjudicadas por ellos cuando quedan en contacto con la semilla y, además, podría destruirse al inóculo.

En 1.949 se estudió el aprovechamiento del fósforo aplicado como fertilizante y el fósforo del suelo, empleando la técnica del fósforo radioactivo. Se encontró que el porcentaje del elemento en la planta, procedente del fertilizante agregado, era inversamente proporcional al contenido de fósforo del suelo y directamente proporcional a las dosis aplicadas. El aprovechamiento total de fósforo fue mayor en el suelo que lo contenía en mayor cantidad. El fósforo aplicado a un cultivo de papa, fue aprovechado fácilmente por un cultivo subsiguiente de soya. Treinte días después de la siembra el 96% del elemento hallado en las plantas de soya procedía del fertilizante forforado que se había aplicado al cultivo precedente de papa en cantidad de 560 Kgs/Ha. (Weich et al, 50).

### Respuesta a potasio.

La semilla de soya contiene un porcentaje relativamente alto de potasio, en comparación con las semillas de otras plantas cultivadas. Esto indica que la planta requiere grandes cantidades del nutriente. Por otra parte, se ha comprobado que las hojas contienen casi tanto potasio como las vainas (Snider, 43).

Ensayos de fertilización en parcelas experimentales, llevados a cabo por Snider (44) en suelos claros del sul de Illinois, los cuales son pobres en materia orgánica, nitrógeno, fósforo asimilable y potasio, dieron los siguientes resultados: la producción de semilla por unidad de área cultivada y el porcentaje de aceite, crecieron paralelamente cuando se aplicó potasio, mientras que el porcentaje de proteína en la semilla descendió. Sin embargo, la cantidad de proteína por hectárea subió, debido al aumento de producción de semilla.

Los aumentos en rendimiento de la soya, que se obtienen cuando se le suministra potasio a la planta en suelos deficientes, consisten en: mayor número de vainas por planta, mayor número de semillas por vaina, mayor peso de las semillas y mejoramiento de la calidad de éstas. (Weiss, 49).

Se ha observado en suelos de Arkansas deficientes en fósforo y potasio, que los casos más serios de clorosis se presentan a menudo en tierras de reacción alcalina con pH de 7,5 a 8,2. Puesto que los síntomas exhibidos por las plantas de soya indicaban deficiencia de potasio, se efectuaron ensayos de fertilización, los cuales dieron los siguientes resultados: el potasio solo o en combinación con nitrógeno, fósforo y elementos menores, corrigió la clorosis cuando se hicieron las aplicaciones al momento de sembrar y las plantas se recuperaron notablemente cuando se suministraron los nutrientes en bandas, después de que las plantas habían mostrado ya los síntomas característicos de carencia de potasio. (Beacher and Cralley, 5).

#### **Respuesta a elementos menores.**

**Boro.** El boro debe ser considerado tan esencial como cualquiera otro nutriente para la realización de los procesos metabólicos de las plantas (Brandenburg, 7). Warrington ha comprobado que el frijol y otras leguminosas, mueren prematuramente cuando no reciben una pequeña cantidad de ácido bórico. (Brenchley and Warrington, 11).

Los principales síntomas de deficiencia de boro observados en la planta de soya por Eaton (20) y Brenchley (10), durante experimentos realizados, fueron: muerte del ápice del tallo, clorosis y malformaciones de las hojas jóvenes.

Con respecto a los requerimientos del boro de la planta, Collings (16) y Eaton (20) anotaron que la soya necesita una cantidad relativamente pequeña del elemento y que es afectada por concentraciones bajas, siendo bastante estrecho el rango entre la deficiencia de boro y su toxicidad. Brenchley (10), considera que 1 Kg. de boro por hectárea es suficiente para suplir las necesidades de la planta.

En ensayos de campo, la adición de 1 g. de tetraborato de sodio por planta de frijol produjo algún aumento del número de semillas por planta y por vaina. Sin embargo, una aplicación posterior de 1 g. de ácido bórico por planta, redujo la producción y ocasionó lesiones patológicas en las hojas (Bruneteau and Bruneteau, 12).

Parece que los distintos autores no están de acuerdo en cuanto al

límite de la cantidad de boro que puede aplicarse al suelo sin causar toxicidad a las plantas de frijol y soya. Mınarik y Shive, citados por Weiss (49), sostienen haber encontrado que la concentración óptima de boro en el suelo, para la elaboración de los tejidos, está entre 0,025 y 1,0 p.p.m. (62 a 2.500 gs/Ha, aproximadamente). Cook y Millar (17) anotan que cantidades tan pequeñas como 2 Kgs. de bórax por hectárea, aplicados directamente con la semilla de frijol, causan graves daños. Sin embargo, Nelier (36) informa haber aplicado con seguridad 3,6 Kgs. de bórax anhidro por hectárea al frijol.

El frijol mostró toxicidad debida a bórax cuando se le aplicó en el invernadero a razón de 6,7 Kgs/Ha., y 11,2 Kgs/Ha. fueron ya decididamente perjudiciales (Brekenridge, 9).

De acuerdo con resultados de experimentos de campo, dados por Fuleky (23), la adición de 9 Kgs. de bórax por hectárea aumentó los contenidos de proteína y cenizas en la soya. Sin embargo, en experimentos de fertilización efectuados en Carolina del Norte, aplicaciones de 5,6 a 11,2 Kgs. de bórax por hectárea, no tuvieron efecto alguno sobre la soya. (Colwell, 14).

**Manganeso.** Un exceso de manganeso soluble ocasiona bajos rendimientos de las cosechas. Así, la soya no crece normalmente en suelos con más de 3 p.p.m. de manganeso soluble en el agua. (Oullette, 38).

El frijol es particularmente susceptible al manganeso, por lo cual se le ha sugerido como planta de ensayo para estudios de toxicidad de dicho elemento. En experimentos realizados se encontró que las hojas de plantas sanas contenían de 40 a 90 p.p.m. de manganeso en su materia seca. (Lóhnis, 33). Otros ensayos, efectuados por Capenet (19), permitieron concluir que un contenido de 20 p.p.m. de manganeso en las hojas secas del frijol, indican deficiencias.

Cuando sea necesaria la aplicación de manganeso, el material portador del elemento debe ser mezclado con los fertilizantes, o asperjado al follaje. (Cook and Hulburt, 18).

Steckel, citado por Weiss (49), ha obtenido éxito en Indiana en la corrección de deficiencias de manganeso en soya, mediante aplicaciones de sulfato de manganeso al suelo, o por aspersión al follaje, y Barbier et al (4) refieren haber logrado resultados satisfactorios con espolvoreos a las plantas, además de aspersiones.

Hofmann y Braünlich (27), trabajando con potes en invernadero, hallaron que la adición de 143 a 286 mgs. de manganeso a 4,5 Kgs. de suelo (72 a 143 Kgs/Ha., aproximadamente), fueron suficientes para corregir una deficiencia media del elemento en el suelo. Bonomi (6) obtuvo respuesta favorable del frijol cuando aplicó en invernadero una cantidad de sulfato de manganeso equivalente a 78 Kgs/Ha. Resultados similares lograron Andoudard (1) con 300 Kgs/Ha. de carbonato de manganeso.

En los suelos donde el frijol y la soya muestran síntomas de de-

ficiencia de manganeso, aplicaciones de 112 Kgs/Ha. de sulfato de manganeso, en bandas, proporcionan un crecimiento normal de las plantas. También han dado buenos resultados aplicaciones foliares de 5 a 6 Kgs. de sulfato de manganeso disueltos en 200 galones de agua, para una hectárea (Cock and Millar, 17).

**Zinc.** En suelos deficientes en zinc se notó en las plantas de frijol poco crecimiento, clorosis general de la parte superior del follaje y reducción del rendimiento, debido a la escasa formación de vainas y al retraso en la maduración de las que se formaron. En tales zonas se ha obtenido un crecimiento normal y se ha corregido la clorosis del frijol mediante aspersiones foliares de sulfato de zinc en solución al 0,3%. (Anónimo, 2).

Early, citado por Weiss (49), encontró que las variedades de soya presentan diferentes grados de tolerancia a concentraciones de zinc superiores a los requerimientos de la planta, y que las variedades tolerantes no muestran síntomas de toxicidad aún a concentraciones 8 a 10 veces mayores que aquellas toleradas por las variedades susceptibles.

En suelos de pH menor de 6, es considerado inocuo un contenido de 100 p.p.m. de zinc en el suelo. Para corregir la deficiencia pueden hacerse aplicaciones hasta de 50 Kgs. de sulfato de zinc por hectárea. (Scheltinga, 42).

Towsend (45) logró corregir satisfactoriamente la deficiencia de zinc en frijol con aspersión foliar del sulfato de zinc en la concentración de 2 lbs. en 50 galones de agua.

**Cobre.** El sulfato de cobre, aplicado con una mezcla fertilizante en la dosis de 56 Kgs/Ha., aumentó el rendimiento y produjo sistemas radiculares más limpios y sanos en plantas de frijol, tabaco y papa en Delaware. Las plantas respondieron al  $\text{CuCO}_3$  y el  $\text{Cu}(\text{PO}_4)_2$  tan bien como el sulfato de cobre. (Manns et al, 34).

En experimentos de campo efectuados por Russell y Manns (40) en Maryland, Pennsylvania, Delaware y Virginia, la adición de 25 Kgs. de sulfato de cobre a una tonelada de un fertilizante completo, aumentó los rendimientos de 4,5 a 28% en frijol, soya y otros cultivos. Pero cuando se agregó 100 Kgs. de Sulfato de cobre, la producción descendió en 4 a 28%. Los mismos autores anotan que el contenido de cobre en 37 muestras de suelo procedentes de Puerto Rico, Hawaii y varias regiones de Estados Unidos, osciló entre 1 p.p.m. y 140 p.p.m.

Según Gilbert (24), en una serie de ensayos realizados en seis estados del Este de los Estados Unidos, desde 1943 a 1946, la aplicación de 22,5 a 56 Kgs de sulfato de cobre por hectárea, aumentó el rendimiento de la soya.

Bryan (13), estudio en Florida el efecto estimulante del cobre y el manganeso sobre cowpea, frijol y sorgo, cultivado en potes bajo

condiciones de invernadero. Semanalmente asperjó el follaje de las plantas con soluciones de sulfato de cobre y sulfato de manganeso en concentración de 50 p.p.m. con lo cual logró un crecimiento mucho mayor.

**Molibdeno.** El molibdeno es necesario en el suelo sólo en cantidades mínimas. Sin embargo, es esencial para la realización de los procesos enzimáticos, mediante los cuales el nitrógeno tomado por las plantas en forma de nitrato, es convertido a formas orgánicas, que son utilizadas para la síntesis de aminoácidos y proteínas. (Wadleigh, 48). Esto nos hace comprender claramente la importancia que tiene el molibdeno en el metabolismo de la planta de soya.

Plantas de frijol crecieron ventajosamente en potes bajo condiciones de invernadero, cuando se las cultivó en suelos con pH 6,3 a 7,3 y en un suelo de pH 5,8 deficiente de manganeso, a los cuales se agregó de 1 a 4 Kgs. de molibdato de sodio por hectárea. No ocurrió inmovilización del molibdeno aplicado y el efecto residual del Mo acumulado en el suelo ocasionó altas concentraciones del elemento (24 a 30 p.p.m.) especialmente en un segundo cultivo de frijol, hecho el siguiente año. Un exceso no afectó la composición química de la planta ni la capacidad de fijación de nitrógeno de los suelos estudiados. Los resultados indican que son innecesarias dosis muy altas de molibdeno, las cuales podrían ser perjudiciales. (Sauerbeck, 41).

Nelson y Colwell (37) encontraron en Carolina del Norte que la emisión del molibdeno de una mezcla de elementos menores utilizada en el ensayo, no tuvo ningún efecto sobre plantas de soya.

En un experimento de campo se aplicó en solución 2,5 Kgs. de Mo por hectárea, utilizando como fuente un residuo de industrias, y se obtuvo un aumento en el peso de los granos de frijol, así como también en el peso de las vainas. (Lavollay, 32).

**C.— Ensayos realizados en Colombia.**— La literatura sobre experimentos de fertilización en frijol y soya realizados en el país, es relativamente escasa, especialmente la que se refiere a ensayos de esta naturaleza efectuados bajo condiciones de invernadero.

Aristizábal (3), analizó el suelo de la serie "Valle", el mismo que el autor utilizó en el ensayo, y estudió su fertilidad en invernadero usando lechuga romana como planta indicadora. Los resultados que obtuvo en el análisis se dan en la Tabla II del apéndice. Encontró que el rendimiento del testigo fue inferior a los de los otros tratamientos y que la respuesta a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio fue positiva y significativa. Con la adición de una mezcla de elementos menores al tratamiento completo (N,P,K), logró 14,13% de aumento en el rendimiento, sobre el tratamiento completo.

Siguiendo la técnica de Colwell se determinó el contenido de boro aprovechable en ocho series de suelos del Valle del Cauca. Se encontró que el suelo de la Serie "Valle" fue notablemente deficiente en boro aprovechable (0,05 a 0,10 p.p.m.) lo mismo que los otros estudiados, especialmente la capa 30-60 cms. (Bravo, 8).



Gutiérrez (25) llevó a cabo un experimento tendiente a averiguar el contenido de aceite y proteína y la respuesta al abonamiento de ocho variedades de soya. Concluyó que las ocho variedades no respondieron a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio, pero que entre variedades sí hubo diferencias de rendimiento. Sostiene que la producción por planta no indica mayor porcentaje de aceite en la semilla, que éste es muy variable y no tiene relación con la producción por planta no indica mayor porcentaje de aceite en la semilla, que éste es muy variable y no tiene relación con la producción. Obtuvo aumento de rendimiento con respecto al testigo, debido a la acción conjunta de nitrógeno y fósforo, pero la diferencia no fue significativa. La aplicación individual de los mismos nutrientes originó respuestas inferiores.

La Facultad de Agronomía del Valle en cooperación con Eduardo Patiño (21), realizó en el segundo semestre de 1957 un experimento de campo, tendiente a evaluar la respuesta del frijol a la adición de cuatro dosis de nitrógeno y cinco de fósforo (potasio generalmente constante), con el objeto de hallar la combinación que produjera los rendimientos más económicos. Los fertilizantes se aplicaron en bandas al lado de los surcos, cuando el frijol tenía de 5 a 7,5 cms. de altura. El mayor aumento de rendimiento por hectárea, con respecto al testigo, se obtuvo con la combinación de 40 Kgs. de nitrógeno por hectárea, 50 de fósforo y 40 de potasio, que fué también la combinación que produjo las mayores ganancias netas. La aplicación separada de 60 Kgs. de nitrógeno por Ha. produjo rendimientos económicos.

En abril del presente año la Facultad de Agronomía del Valle en cooperación con Eduardo Patiño (22), efectuó un nuevo experimento de campo con el objeto de evaluar la respuesta de la soya a varias combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio, y de determinar la fórmula fertilizante más económica. Se ensayaron dos dosis de nitrógeno (25 y 50 Kgs. por Ha.) y tres de fósforo (25, 50 y 75 Kgs./Ha.) y tres de potasio (25, 50 y 100 Kgs./Ha.) para un total de 22 tratamientos. Los fertilizantes se aplicaron en bandas al lado de las hileras de plantas. El más alto rendimiento (1.685 Kgs./Ha.) se obtuvo con las combinaciones 25-50-50 y 50-100-100, donde las cantidades indican Kgs./Ha. de nitrógeno,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , respectivamente. Pero los tratamientos que proporcionaron las mayores entradas netas, fueron: la aplicación de potasio sólo en cantidad de 30 Kgs./Ha. y la combinación 25-0-25.

### III. — MATERIALES Y METODOS

#### A. — Materiales.

Para los estudios de fertilización del frijol y la soya, se utilizaron muestras del suelo franco-arcilloso de la Serie "Valle", típico de la Granja Agrícola Experimental de Palmira y representativo de algunos suelos del Valle del Cauca.

Para la preparación de la mezcla de elementos menores se usaron las siguientes sustancias químicas: ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), cloruro de manganeso ( $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ ), sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) y molibdato de sodio ( $Na_2 MoO_4 \cdot H_2O$ ), como fuentes de boro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno, respectivamente. En el experimento con elementos menores, realizado en soya solamente, se empleó acetato de zinc en vez de sulfato y ácido molibdico por molibdato de sodio, de acuerdo con la técnica de Jenny et al (33).

Se emplearon materas de arcilla con capacidad para 1.600 gs. de suelo, a las cuales se les impermeabilizó mediante la aplicación de dos capas de pintura asfáltica interior y exteriormente. La parte externa se cubrió, además, con una capa de pintura de aluminio. Cada una se colocó sobre un plato del mismo material, destinado a recoger el agua que, pese a los cuidados en el riego, pudiera percolarse y arrastrar nutrientes.

#### B.— Métodos.

**Toma y preparación de la muestra de suelo.**— Se tomó suelo de la capa arable hasta los 20 cms. de profundidad, aproximadamente. Se trituró la muestra y se le hizo pasar por un tamiz de 4 mm. Se dejó secar al aire en el invernadero.

**Desinfestación del suelo y siembra.**— Los 1.600 gs. de suelo que contenía cada pote, se desinfestaron con solución de formol al 4%. Una semana a diez días después se sembraron cinco semillas por pote o matera, tanto de frijol como de soya. Cuando las plántulas tenían aproximadamente 12 cms. de altura se ralearon dejando las tres más vigorosas. Se utilizaron soya de la variedad Acadian y Frijol de la variedad Algarrobo.

**Tratamientos y técnica experimental.**— Se efectuaron dos ensayos, uno en frijol y soya con nitrógeno, fósforo, potasio y una mezcla de elementos menores; el otro en soya solamente con elementos menores. En el primero, siguiendo la técnica de Jenny et al (33), se hicieron seis tratamientos, cada uno con cuatro replicaciones y dispuestos en bloques al azar. Los tratamientos fueron los siguientes:

1. NoPoKo (Testigo)
2.  $N_2P_3K_1$  (Completo)
3.  $NoP_3K_1$  (Sin N)
4.  $N_2PoK_1$  (Sin P)
5.  $N_2P_3Ko$  (Sin K)
6.  $N_2P_3K_1 + E.M.$  (Completo más elementos menores).

El subíndice que acompaña a cada elemento indica el número de

unidades de éste que se aplicaron en un tratamiento. Según lo convenido por Jenny, una (1) unidad de nutriente es igual a 80 mgs. de uno cualquiera de los nutrientes en 1.600 gs. de suelo. (\*).

El nitrógeno, el fósforo y el potasio se aplicaron en solución, preparada cada una en una concentración tal que 15 cc. contenían una unidad de nutriente. La mezcla de elementos menores se suministró también en solución; a cada pote se agregaron 50 c.c., volumen que contenía 0,8 mgs. de cada uno de los elementos menores incluidos en la mezcla (B, Mn, Zn, Cu, Mo).

En vista de que el rendimiento de la soya aumentó con la aplicación de la mezcla de elementos menores, se llevó a cabo un experimento más detallado, utilizando los cinco elementos menores que componían la mezcla, con el objeto de investigar a cuál o cuáles de ellos fué debido el incremento en la producción. Se siguió la misma técnica y los tratamientos, también con cuatro repeticiones cada uno, fueron los siguientes:

1. Sin elementos menores +  $N_2P_3K_1$  ..... (Testigo)
2. B, Mn, Zn, Cu, Mo +  $N_2P_3K_1$  ..... (Completo)
3. Mn, Zn, Cu, Mo +  $N_2P_3K_1$  ..... (Sin B)
4. B, Zn, Cu, Mo +  $N_2P_3K_1$  ..... (Sin Mn)
5. B, Mn, Cu, Mo +  $N_2P_3K_1$  ..... (Sin Zn)
6. B, Mn, Zn, Mo +  $N_2P_3K_1$  ..... (Sin Cu)
7. B, Mn, Zn, Cu +  $N_2P_3K_1$  ..... (Sin Mo)

Los elementos menores se aplicaron en soluciones, de cada una de las cuales se tomaron 5 c.c. y cuyas concentraciones se dan a continuación:

$H_3BO_3$ (ácido bórico) .....	2,830
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$ (cloruro de Mn) .....	1,810
$Zn (C_2H_3O_2)_2 \cdot 3H_2O$ (acetato de Zn) .....	0,172
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (sulfato de cobre) .....	0,080
$H_2MoO_4 \cdot H_2O$ (ácido molibdico) .....	0,090

Con el objeto de obtener un mejor aprovechamiento de los nutrientes por las plantas, las dosis se suministraron en dos porciones iguales, una de ellas se adicionó al suelo en el momento de la siembra y la otra a mitad del período de crecimiento, cuando las plantas tenían un mes de edad.

**Cuidados.**— Se agregó agua a los potes cada vez que las plantas

(\*) Una unidad de nutriente = 80 mgs. en 1.600 gs. de suelo = 100 lbs/acre = 112 Kgs/Ha.

la requerían, procurando mantener siempre las condiciones óptimas de humedad y evitando al mismo tiempo cualquier exceso, con el objeto de impedir la lixiviación de los nutrientes.

Semanalmente se hicieron aspersiones con Malatión al 2 por mil y Perlato al 3 por mil, como tratamientos preventivos contra el ataque de plagas y enfermedades, respectivamente.

**Cosecha y secado.**— Como interesada todo el material de la parte aérea de las plantas, para evitar la pérdida de las hojas que podrían ser arrastradas por el viento al caerse una vez secas, estas fueron arrancadas cuando se hallaban ya maduras y próximas a desprenderse.

Cuando todas las vainas estuvieron secas se hizo la cosecha cortando los tallos al nivel del borde de los pots. Las hojas, tallos y vainas de las plantas de cada pote se echaron en una bolsa de papel convenientemente rotulada, luego se secaron en la estufa a 105°C. durante 24 horas. Finalmente fueron determinados el peso seco de la parte aérea, número de vainas y número de semillas, para cada una de las replicaciones de los tratamientos.

## V.— DISCUSION

### A. Respuesta comparativa de la soya y el frijol a la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y una mezcla de elementos menores B, Mn, Zn, Cu y Mo).

La soya se comportó satisfactoriamente bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento. Las plantas de frijol, el cambio, no crecieron bien en la primera cosecha; no obstante los cuidados y las precauciones tomadas se perdieron algunas replicaciones. Sin embargo, fue posible el análisis estadístico de los resultados y sacar conclusiones. Pero en la segunda cosecha consecutiva, las pérdidas ocasionadas en su mayor parte por mosaico y pudrición radicular, fueron tan numerosas que forzaron a abandonar esta parte del ensayo. En vista de los inconvenientes anteriores, el experimento con elementos menores sólo se efectuó con soya.

Comparando los resultados de la primera cosecha de soya y la cosecha de frijol, se encontró que en general las producciones relativas obtenidas con la aplicación de los mismos tratamientos, fueron ligeramente mayores en soya. Para ambas plantas la producción del testigo fué inferior a la producción debida a cualquiera de los otros tratamientos. Respondieron de manera muy similar a la adición de los tratamientos, salvo que en la soya el rendimiento relativo obtenido con  $N_2P_3K_0$  superó al que se logró con  $N_2PoK_1$ , mientras que en frijol resultó lo contrario. (Tablas I y II).

En la primera cosecha de soya se obtuvo diferencia altamente significativa entre los tratamientos  $N_2P_3K_1 + E. M.$  y testigo; significativa entre  $N_2P_3K_1$ , sin N y  $N_2P_3K_1 + E. M.$ , favorable esa diferencia

## IV.— RESULTADOS

## — T A B L A I —

PESO SECO DE LA PARTE AEREA Y PRODUCCION RELATIVA OBTENIDOS EN LA PRIMERA Y EN LA SEGUNDA COSECHAS DE SOYA. PROMEDIOS DE LAS DOS COSECHAS CONSECUTIVAS

Tratamientos	Primera cosecha		Segunda cosecha		Promedios de las dos cosechas	
	Peso seco prom. 4 rep. (gs.)	Produc. relat. (%)	Peso seco prom. 4 rep. (gs.)	Produc. relat. (%)	Peso seco (gs.)	Produc. relativa (%)
1. NoPoKo (Testigo)	20,9	80,08	16,30	71,23	18,60	75,65
2. N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Completo)	26,1	100,00	22,90	100,00	24,50	100,00
3. NoP <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Sin N)	22,7	86,97	21,10	92,20	21,90	89,58
4. N <sub>2</sub> PoK <sub>1</sub> (Sin P)	24,5	93,87	19,20	83,90	21,85	88,90
5. N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> Ko (Sin K)	26,4	101,14	19,70	86,10	23,05	93,62
6. N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> + E.M.	30,5	116,81	22,40	97,88	26,45	107,35
Promedio de cosecha	25,2	....	20,70	....		
DMS (0,05) Para pesos secos de tratamiento en la 1a. cosecha						= 4,2
DMS (0,01) Para pesos secos de tratamientos en la 1a. cosecha						= 5,8
DMS (0,05) Para pesos secos de tratamientos en la 2a. cosecha						= 3,41
DMS (0,01) Para pesos secos de tratamientos en la 2a. cosecha						= 4,72
DMS (0,05) Para tratamientos (promedios de las dos cosechas)						= 2,49
DMS (0,01) Para tratamientos (promedios de las dos cosechas)						= 3,45
DMS (0,05) Para promedio de cosechas						= 1,81
DMS (0,01) Para promedio de cosechas						= 2,48
DMS (0,05) Para diferencias entre cosechas respecto a un mismo tratamiento						= 4,43
DMS 0,01) Para diferencias entre cosechas respecto a un mismo tratamiento						.. 7,26

## — T A B L A II —

Peso seco de la parte aérea y producción relativa  
obtenidos en el frijol,

Tratamientos	Peso seco Prom. de 4 repl. (gs.)	Producción relativa (%)
1. NoPoKo (Testigo)	12,95	82,10
2. N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Completo)	15,77	100,00
3. NoP <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Sin N)	13,35	84,64
4. N <sub>2</sub> PoK <sub>1</sub> (Sin P)	15,00	95,10
5. N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> Ko (Sin K)	14,00	88,76
6. N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> + E.M.	17,40	110,32
DMS (0,05) para peso seco promedio de trat.		= 1,92
DMS (0,01) para peso seco promedio de trat.		= 2,65

a los primeros con respecto al último. Hubo también diferencia altamente significativa entre el N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> + E.M. y los tratamientos sin N y sin P. (Tabla I).

En la segunda cosecha consecutiva de soya, en que se aplicaron nuevamente al suelo los mismos tratamientos, ocurrió un descenso general de la producción en peso seco; basta decir que hubo diferencia altamente significativa entre las dos cosechas, así como también entre los tratamientos en una y sus correspondientes de la otra. Probablemente esto se haya debido a un desequilibrio de nutrientes resultante del agotamiento de algunos elementos no aplicados, producido dicho agotamiento por la extracción intensivo de éstos durante las dos cosechas consecutivas. La nueva adición de la mezcla de elementos menores ocasionó la mayor reducción observada; posiblemente la concentración de alguno o algunos de ellos en el suelo se elevó a tal punto que llegó a perjudicar las plantas. (Tabla 1).

Con todos los tratamientos se logró aumento de rendimiento con respecto al testigo, aunque no siempre ese aumento fue significativo. En la primera cosecha de soya la mayor respuesta fue debida al tratamiento N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> + E. M., seguido del tratamiento sin K. En la segunda cosecha el N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> + E.M. y el N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> originaron las producciones relativas más altas (Tabla 1).

En general, los porcentajes más elevados de producción en peso seco de las plantas, se obtuvieron con la aplicación de los tratamientos N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> + E.M., N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>K<sub>1</sub> y N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>Ko. Considerando los promedios de las dos cosechas de soya, para los tratamientos parciales, el mayor aumento de rendimiento fue ocasionado por el tratamiento N<sub>2</sub>P<sub>3</sub>Ko, (Tabla 1). Debido probablemente a que el suelo fue desinfectado previamente a la siembra y la semilla no se inoculó.

La baja producción debido a la omisión del fósforo (N<sub>2</sub>PoK<sub>1</sub>) tuvo su causa seguramente en la deficiencia en fósforo del suelo.

## — T A B L A III —

Peso seco y producción relativa de la soya obtenidos  
en el ensayo con elementos menores

Tratamientos	Peso seco	Producción
	Prom. de 4 replic. (gs.)	relativo (%)
1. Sin E.M. + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Test.)	17,13	96,10
2. B, M; Z, Cu, Mo + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Compl)	17,82	100,00
3. Mn, Zn, Cu, Mo + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Sin B)	16,60	93,12
4. B, Zn, Cu, Mo + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Sin Mn)	16,57	92,26
5. B, Mn, Cu, Mo + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Sin Zn)	18,00	100,98
6. B, Mn, Zn, Mo + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> (Sin Cu)	17,18	96,38
7. B, Mn; Zn, Cu + N <sub>2</sub> P <sub>3</sub> K <sub>1</sub> Sin Mo)	16,85	94,53

DMS (0,05) para peso seco promedio de tratam. = 2,66  
DMS (0,01) para peso seco promedio de tratam. = 4,01

La correlación entre el peso seco de la parte aérea y el peso seco de las semillas de soya, fue positiva y significativa en ambas cosechas. Entre el número de vainas y peso seco de los granos hubo correlación positiva, pero no significativa, en la primera cosecha ( $r = 0,74$ ) y positiva y significativa en la segunda ( $r = 0,945$ ), en tanto que en frijol el coeficiente de correlación ( $r = 0,048$ ) entre peso seco de la parte aérea de las plantas y el peso seco de los granos, fue positivo pero no significativo; lo mismo ocurrió entre el número de vainas y el peso seco de los granos ( $r = 0,18$ ). Figuras 1 a 6).

Los coeficientes de correlación se determinaron con el objeto de

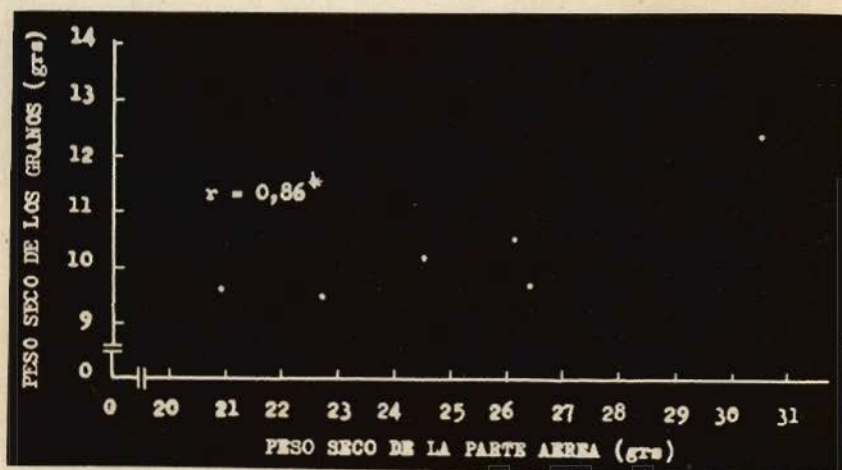


FIGURA 1. Correlación entre peso seco de la parte aérea y peso seco de los granos en la primera cosecha de soya.

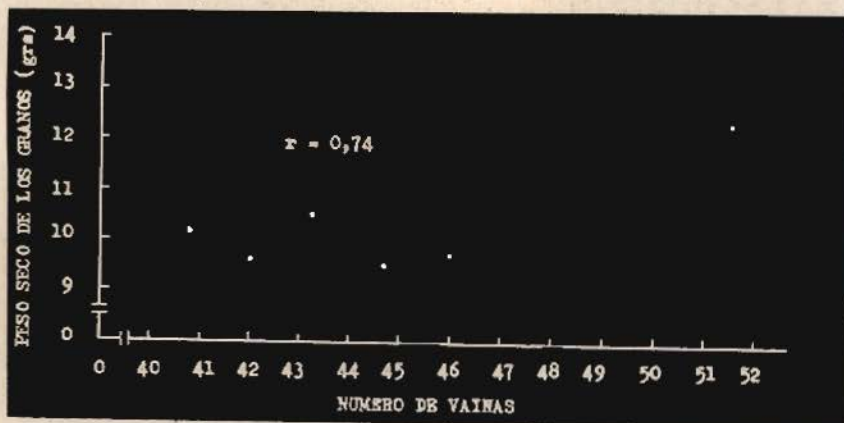


FIGURA 2.—Correlación entre el número de vainas y peso seco de los granos en la primera cosecha de soya.

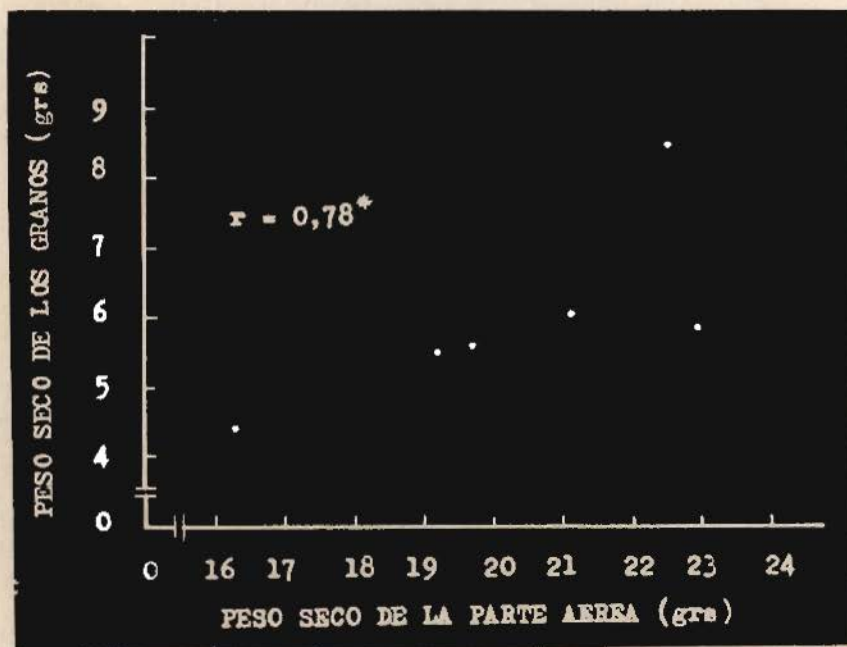


FIGURA 3.— Correlación entre número de vainas y peso seco de los granos en la segunda cosecha de soya.



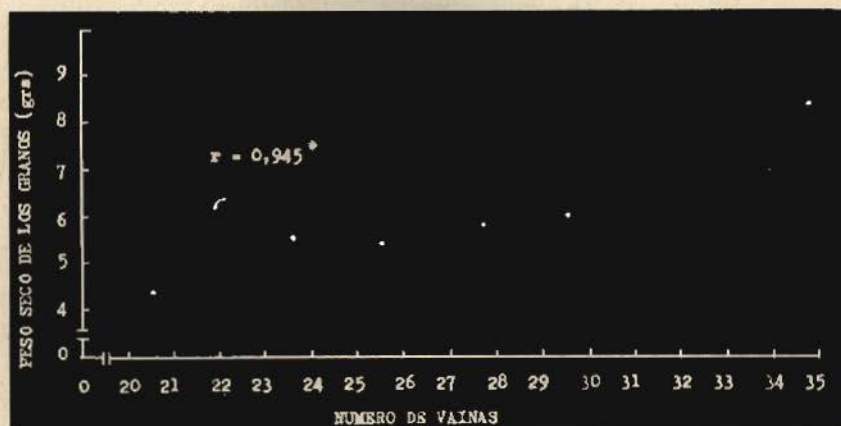


FIGURA 4. Correlación entre peso seco de la parte aérea y peso de los granos en la segunda cosecha de soya.

constatar si a una mayor producción en peso seco total de las plantas y a mayor número de vainas, correspondía mayor rendimiento en grano y en caso de suceder así, estudiar la posibilidad de cosechar las plantas más pronto, sin necesidad de esperar todo su ciclo vegetativo, es decir, hasta la completa maduración y secamiento de los granos.

En fríjol se encontró diferencia altamente significativa entre tratamientos y, como ocurrió en soya, la producción del testigo fue superada por las correspondientes a los otros tratamientos, de los cuales el  $N_2P_3K_1 + E.M.$  y el  $N_2P_3K_1$  dieron los más altos rendimientos (Tabla II). La adición de la mezcla de elementos menores originó una respuesta mayor en 10,32% que la producción relativa del tratamiento completo, considerado como 100%, índice esto de que el suelo no contenía en cantidad suficiente alguno o varios de los elementos incluidos en dicha mezcla.

#### B.— Respuesta de la soya a la aplicación de B, Mn, Zn, Cu y Mo.

Las plantas de soya no respondieron favorablemente a la aplicación de elementos menores individuales bajo condiciones de invernadero; las diferencias debidas a la adición de los diferentes tratamientos, no fue significativa. (Tabla III).

Solo dos tratamientos, completo y sin zinc, superaron al testigo en su rendimiento, el primero de ellos en 3,9% y el segundo en 4,9%. Estas diferencias pueden considerarse bastante bajas. No se obtuvo ninguna respuesta a la aplicación de la mezcla B, Mn, Zn, Mo +  $N_2P_3K_1$  (sin Cu).

La omisión del boro en el tratamiento parcial correspondiente, disminuyó la producción en 6,9% con respecto al tratamiento completo, tomado este último como 100%, y en 3% con respecto al testigo. El resultado anterior concuerda con los obtenidos por Bravo (8),

quien determinó que el suelo franco arcilloso de la serie "Valle", el mismo que se utilizó en el presente trabajo, es deficiente en boro. (Tabla III).

La supresión del manganeso dió lugar a descensos en la producción prácticamente de igual magnitud que los debidos al tratamiento parcial sin boro. Algo similar ocurrió cuando se dejó de suministrar molibdeno.

Se obtuvo correlación positiva, pero no significativa, entre peso seco de las semillas y número de vainas. Lo mismo sucedió entre peso seco de las semillas y peso seco de la parte aérea de las plantas (Figura 7 y 8).

## VI.— CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en los experimentos permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

1. En el ensayo con N, P, K y mezcla de elementos menores, tanto en frijol como en soya, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos. El rendimiento del testigo, en todos los casos, fue superado por los correspondientes a los otros tratamientos.

2. La acción conjunta de nitrógeno y fósforo (tratamiento sin K) originó los más altos rendimientos en soya, entre los tratamientos parciales. En general, la mayor respuesta del frijol y la soya se obtuvo con la aplicación del tratamiento completo + mezcla de elementos menores.

3. La repetición de los tratamientos en la segunda cosecha consecutiva de soya redujo notablemente la producción debida a cada uno de ellos.

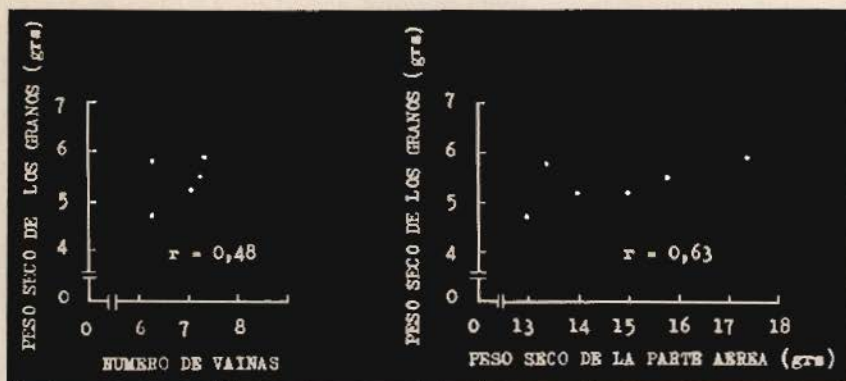


FIGURA 5. Correlación entre el número de vainas y peso seco de los granos de frijol.

FIGURA 6. Correlación entre peso seco de la parte aérea y peso seco de las semillas en frijol.

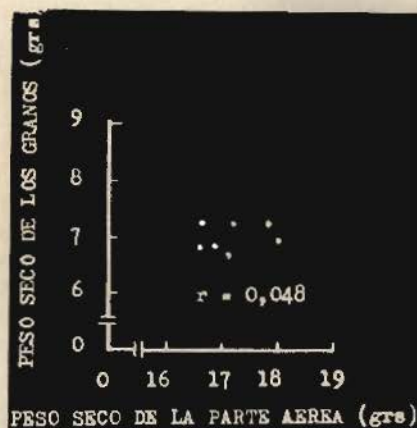


FIGURA 7. Correlación entre peso seco de la parte aérea y peso seco de los granos de soya en el ensayo con elementos menores.

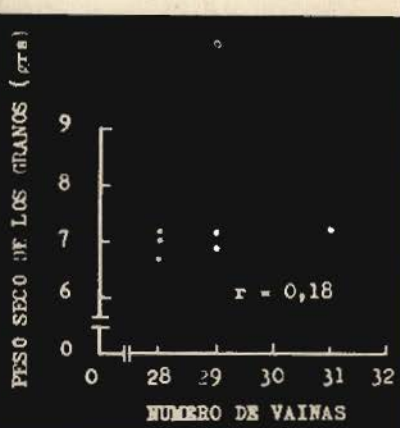


FIGURA 8. Correlación entre número de vainas y peso seco de los granos de soya en el ensayo con elementos menores.

4. En el ensayo con elementos menores en soya, no hubo diferencia significativa entre tratamientos. La omisión del boro y del manganeso, en los respectivos tratamientos parciales, redujo la producción.

5. La soya se comportó en forma satisfactoria bajo las condiciones de invernadero y fue bastante resistente a plagas y enfermedades; el frijol, por el contrario, mostró gran susceptibilidad a ellas y no creció bien bajo tales condiciones.

6. Parece que la cantidad de luz que dejaba pasar el techo del invernadero, irregularmente cubierto con pintura blanca, fue insuficiente para satisfacer las necesidades de las plantas. Porque aquellas correspondientes al ensayo con nitrógeno, fósforo, potasio y mezcla de elementos menores, que quedaron localizados en el extremo oriental del invernadero y recibieron por esto la luz directa del sol durante medio día, mostraron crecimiento normal. Mientras que las plantas de soya del experimento con elementos menores, las cuales fueron situadas en la parte central, se ahilaron. No se precisó hasta qué punto pudieron ser afectados los resultados del ensayo.

## VII.— RESUMEN

Se destaca la importancia de la soya y el frijol en la alimentación humana y animal, en la rotación de cultivos, así como también en valor de la semilla de soya para la industria de aceite y concentrados.

Siguiendo la técnica de Jenny se determinó en invernadero la respuesta de la soya y el frijol a la aplicación de nitrógeno, fósforo, potasio y una mezcla de elementos menores (B, Mn, Zn, Cu y Mo). Se hicieron dos cosechas consecutivas de soya y frijol en el mismo suelo, repitiendo los mismos tratamientos en la segunda. La última cosecha de frijol se perdió.

La mayor respuesta de la soya fue debida a nitrógeno y fósforo, ya que la supresión de estos nutrientes en los tratamientos sin N ( $\text{No P}_3\text{K}_1$  y sin P ( $\text{N}_2\text{PoK}_1$ ), disminuyó la producción en peso seco 10,67% y 10,8 respectivamente, con relación al tratamiento completo tomado como 100%. También se obtuvo respuesta a potasio, pero más baja (6%). La adición de una mezcla de cinco elementos menores (B, Mn, Zn, Cu y Mo) al tratamiento completo, elevó la producción en 8% con respecto a este último.

La soya no respondió significativamente a la aplicación de B, Mn, Zn, Cu y Mo, aunque la omisión del B y del Mn en los correspondientes tratamientos parciales, bajó la producción 6,9% y 8%, respectivamente, con relación al completo y 3% y 3,1% con respecto al testigo.

En frijol, como en soya, el nitrógeno fue el nutriente que mayor influencia tuvo en el aumento de la producción. El rendimiento relativo descendió 15,4% cuando no se adicionó nitrógeno al suelo ( $\text{No P}_3\text{K}_1$ ); probablemente debido a que el suelo fué desinfectado previamente a la siembra y la semilla no se inoculó.

La mezcla de elementos menores agregada al tratamiento completo elevó la producción en peso seco del frijol 10,32% con relación a dicho tratamiento. La planta respondió más a potasio que a fósforo; mientras que la omisión del fósforo redujo la producción en un 5%, la de potasio ocasionó un descenso de 11,2%.

#### SUMMARY

An outline is given on the importance of field beans and soybeans for human and animal food, and for rotation of crops and also on the value which soybeans has for the industry of oil and concentrates.

Following the technique of Jenny response of soybeans and beans was determined in the greenhouse to the application of nitrogen, phosphorus and potassium, and a mixture of the minor elements B, Mn, Zn, Cu and Mo. A sample of the soil series "Valle" from the Palmira Experiment Station was used for the tests. Two consecutive harvests were made of soybeans and beans in the same soil repeating the same fertilizer treatments on the second crop. The last harvests of the beans was lost.

The greatest response of the soybeans was due to nitrogen and phosphorus. Omission of these nutrients treatments ( $\text{NoP}_3\text{K}_1$ ) and ( $\text{N}_2\text{P}_0\text{K}_1$ ) resulted in a decrease in the production in dry weight of

10,6% and 10,8% respectively with relation to the complete treatment which was taken as 100%. Response to potassium although low (6%) was also obtained. The addition of a mixture of five minor elements (B, Mn, Zn, Cu and Mo) to the complete treatment increased the production by 8% with respect to the last one.

Soybeans did not respond significantly to the application of B, Mn, Zn, Cu and Mo, although the omission of B and Mn in the corresponding partial treatments lowered the production 6,9% and 8% respectively with respect to the complete, and 3% and 3.1% with respect to the check.

In beans as in soybeans, nitrogen was the nutrient which had the greater influence in the increasing production; the relative yield was lower by 15.4% when no nitrogen was added to the soil ( $N_0P_3K_1$ ). Probably this was due to a previous desinfestation of the soil with formol together with the seed not being inoculated.

The mixture of minor elements added to the complete treatment, increased the production in dry weight of the beans by 10.32% with relation to the complete treatment. The plants responded more to potassium than to phosphorus. The omission of potassium caused a lowering of 11.2%.

#### VIII.— BIBLIOGRAFIA CITADA

1. ANDOUDARD, A. and P. ANDOUDARD.— The fertilizing action of manganese. *Engrais* 26 (33): 9-5-916. 1911. (Res. en Bibliog. on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. 1: 636. 1948).
2. ANONIMO.— Zinc deficiency of corn and beans on newly irrigated soils in Central Washington. *Agronomy Journal*. 43: 150. 1951.
3. ARISTIZABAL G., A.— Estudio de la fertilidad de los suelos de la Estación Agrícola Experimental de Palmira. *Notas Agronómicas*. 7 (1, 2, 3): 13 p. 1954.
4. BARBIER, G. S. et al.— Manganese deficiency in crops irrigated with sewage effluent. Transformation of manganese in the soil. *Soils and Fertilizers*. 14: 288. 1951.
5. BEACHER, R. L. and E. M. CRALLEY.— Soybeans need fertilizer on many Arkansas rice farms. *Better Crops with Plant Food*. 36 (4): 26. 1952.
6. BENOMI, Z. A.— A test of manganese as a fertilizer. *Ann. R. Staz. Sper. Agr. Udine*. 9: 52-56. 1908. (Res. en Bibliog. of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 642. 1948).
7. BRANDENBURG, E.— The basis for the use of boron in agriculture. *Phytopath.* 12: 1-112. 1939. (Res. en Bibliog. of the literature

- on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 64. 1948).
8. BRAVO F., A.— Determinación biológica del boro en ocho suelos del Valle del Cauca. *Acta Agronómica*. 7 (2): 103. 1957.
  9. BRECKENRIDGE, J. E.— Boron in relation to the fertilizer industry. *Jour. Indust. and Engin. Chem.* 13 (4): 324-325. 1921. (Res. en *Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition*. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 65. 1948).
  10. BRENCHLEY, W. E.— Investigation on the effect of boron on plant life. *Agr. Prog.* 3: 104-105. 1926. (Res. en *Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition*. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 65. 1948).
  11. BRENCHLEY, W. and K. WARINGTON.— Influence on crops of boric acid and other substances in semal proportion in soils. Rothamsted Exp. Sta. Harpendon, Rpt. p. 15. 1922. (Res. en *Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition*. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 65. 1948).
  12. BRUNETEAU, L. and J. BRUNETEAU.— The action of boron on beans. *Rev. Path. vegetale entomol. Agr. France.* 26: 155-159. 1939. (Res. en *Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition*. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York 1: 68. 1948).
  13. BRYAN, O. C.— The stimulating effects of external applications of copper and manganese on certain chlorotic plants of Florida Everglades soil. *Am. Soc. Agron. Journ.* 21: 123-933. 1929. (Res. en *Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition*. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York 1: 329. 1948).
  14. COLWELL, W. E.— Fertilizing soybeans in North Carolina. *Better Crops with Plant Food.* 28 (8): 23. 1944.
  15. COLLAND, J. W.— Soybeans fertility. *Soybean Digest.* 17 (3): 6. 1957.
  16. COLLING, G. H.— The influence of boron on the growth of the soybean plants. *Soil Sci.* 23: 83-105. 1927. (Res. en *Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition*. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 72. 1948).
  17. COOK, R. L. and C. E. MILLAR.— Plant nutrient deficiencies. *Michigan State College. Agr. Exp. Sta. Bul.* 353: 13, 23, 32, 44. 1953.
  18. COOK, R. L. and W. C. HULBURT.— Applying fertilizers. *The 1957 Yearbook of Agriculture. Soil.* p. 223. 1957.

19. COPPENET, M.— Manganese deficiency in plants other than cereals in Brittany. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 3: 58. 1953).
20. EATON, S. V.— Effects of boron deficiency and excess on plants. *Physiology*. 15 (1): 95-107. 1940. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 81. 1948).
21. FACULTAD DE AGRONOMIA DEL VALLE en cooperación con Eduardo Patiño.— Experimento con fertilizantes en frijol. 4 p. 1957. (Mimeografiado).
22. FACULTAD DE AGRONOMIA DEL VALLE en cooperación con Eduardo Patiño.— Experimento en fertilización en soya. 3p. 1958. (Mimeografiado).
23. FULEKY, G.— Effect of fertilization and inoculation on the protein and oil contents of soybeans. *Kiserleugyi Kozlemenyek*, 46: 304-309. 1943. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 2: 7. 1951).
24. GILBERT, F.A.— Copper as a fertilizer amendment for tobacco and other crops. *Better Crops with Plant Food*. 32 (2): 8-11. 1948.
25. GUTIERREZ ROJAS, D.— Contenido de aceite y proteína y respuesta al abonamiento de ocho variedades de soya. *Acta Agronómica*. 5 (4): 211-221. 1955.
26. HARTWIG, E. E.— Eleven steps toward high production of soybean in Mississippi Delta. *Soybean Digest*. 17 (7): 18. 1957.
27. HOFMANN, E. and BRAUNLICH.— Of the effect of poorly soluble manganese in Rochling phosphate. *Soils and Fertilizer*. 15: 340. 1952.
28. HOLLWELL, E. A.— Legumes. *The 1957 Yearbook of Agriculture*. Soil. p. 650. 1957.
29. HOWELL, R. W.—Phosphorus nutrition of soybeans. *Plant Physiol*. 29: 477-483. 1954.
30. JENNY et al.— Greenhouse assay of fertility of California soils. *Hilgardia*. 20 (1): 1-8. 1950.
31. LAFABURIE A., V.— Estudio de los suelos de la Estación Agrícola Experimental del Valle. (Inédito y sin fecha. Archivo de la Granja Agrícola Experimental del Valle, Colombia).
32. LAVOLLAY, J. A.— Field experiments with a fertilizer containing molybdenum. *Comp. rend. Acad. Agr. France*. 28: 335-354. 1942. (Res en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York 1: 729. 1948).

33. LOHNIS, M. P.— Manganese toxicity in field and market garden crops. *Plant and soil*. 3: 193. 1951. (Res. en Bibliog. of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 3: 55. 1953).
34. MANNS, T. F. et al.— Influences of the minor elements on the soil flora. *Del. Agr. Expt. Sta. Bull.* 205: 45-46. 1936. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 357. 1948).
35. MORSE, W. J.— History of soybeans production. *Soybeans and soybeans products*. Interscience Publishers, Inc. 1: 3-25. 540 p. New York. 1950.
36. NELLER, J. R.— Effects of borax on plant life. *New Hampshire Sta. Bull.* 203. p. 27. 1922. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 1: 114. 1948).
37. NELSON, W. L. and W. E. COLWELL.— Fertilizing for better soybeans in North Carolina. *Better Crops with Plant Food*. 29 (7): 22. 1945.
38. OULLETTE, G. J.— The toxicity of manganese in strongly acidic soils. *Agriculture (Quebec)*. 7: 319-322. 1950. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 3: 64. 1953).
39. PARRA H., J. y G. QUINCENO H.— Los sistemas biológicos en la evaluación de la fertilidad de los suelos. 9 (1, 2): 5-20. 1953.
40. RUSSELL, R. and T. F. MANNS.— The value of copper sulfate as a plant nutrient. *Trans. Peninsula Hort. Soc.* p. 51-57. 1933. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York 1: 372. 1948).
41. SAUERBECK, D.— (Título en alemán). The effect of molybdenum fertilizing on the molybdenum content and composition of various cultivated plants. *Soils and Fertilizers*. 21 (4): 250. 1958.
42. SCHELTING, H — (Título en alemán). Zinc in soil, plant and animal. *Soils and Fertilizer*. 18 (2): 158. 1955.
43. SNIDER, H. J.— Potassium. A key element. *Better Crops with Plant Food*, 29 (3): 8. 1945.
44. —————.— Soil treatment improves soybeans. *Better Crops with Plant Food*, 25 (2): 21. 1951.
45. TOWNSEND, G. R.— A zinc deficiency disease of beans. *Fla. Agr. Expt. Sta. Ann. Rept.* p. 130. 1935. (Res en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Educational Bureau. Nueva York. 1: 970. 1948).



46. TREAR, R. E. and R. C. BURRELL.— The assimilation of  $N^{15}$  from labeled hyponitrite by soybeans leaves. *Plant Physiology*. **33** (2): 105-109. 1958.
  47. VITTUM, M. T. and R. R. MULVEY.— More about soybean fertilization. *Better Crops with Plant Food*. **28** (5): 6. 1944.
  48. WADLEIGH, C. H.— Growth of plants. U.S. Department of Agriculture. *Soil, the Yearbook of Agriculture*. 1957: 44. 1957.
  49. WEISS, M.G.— Soybeans. *Advances in Agronomy*. Academic Press Inc., Publishers. New York. 77-152. 439 p. 1949.
  50. WEICH, C. D. et al.— Utilization of fertilizer and soil phosphorus by soybeans. *Soil Sci. Soc. of Am.* **14**: 231-235. 1949.
-