

DETERMINACION BIOLOGICA DE BORO EN OCHO SUELOS

DEL VALLE DEL CAUCA (*)

Por Abraham Bravo Franco

I. — INTRODUCCION

El boro, elemento encontrado en 1857 por Wittstein y Apaiger como constituyente de la planta (Millar, 30), forma parte de un grupo de sustancias nutritivas denominadas micronutrientes que, en proporciones mínimas pero esenciales, contribuyen junto con los elementos mayores a un desenvolvimiento normal del metabolismo vegetal.

Aún no se conocen las funciones exactas de este micronutriente en la planta, pero se le considera elemento irremplazable. Sus actividades están relacionadas con la toma y utilización de calcio por la planta asociadas con la síntesis y análisis de la proteína y carbohidratos y con el transporte y utilización de estos en ella, ya que la actividad de los tejidos vasculares, especialmente el floema, dependen de él. (Millar, 30).

Se supone que actúa en la fotosíntesis, además de regular y estimular numerosos procesos.

Una carencia o poca disponibilidad de boro ocasiona serios disturbios, conocidos como enfermedades fisiogénicas, en la planta, caracterizadas por desarrollo subnormal, muerte de los tejidos meristemáticos, inhibición de los brotes florales, desórdenes en el sistema vascular, pobre desarrollo radicular, etc.

Una planta enferma, lógicamente no puede dar el mismo rendimiento que una planta sana, en igualdad de condiciones. El rendimiento disminuye en cantidad y calidad según el grado de afección.

Anualmente se registran, en muchos países, enfermedades en las plantas y fracasos en las cosechas, causados por deficiencias de ele-

(*) Tesis presentada como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Alfonso Aristizábal Gallo a quien el autor expresa su gratitud.

mentos micronutrientes. Muchas de estas enfermedades se han extendido en regiones de buen contenido de estos elementos, pero cuyos suelos tienen características químicas y geológicas que impiden el aprovechamiento de ellos por las plantas.

Benn-Hamin (6) afirma: "es casi seguro que una de las principales causas de la improductividad de muchos suelos colombianos sea la deficiencia de elementos micronutrientes". Del mismo modo, muchos investigadores coinciden en la importancia que tiene el estudiar la fertilidad de los suelos en estos elementos.

No todo el boro presente en el suelo está en forma útil a la planta. Es necesario entonces conocer, no la cantidad sino la aprovechabilidad del elemento en los suelos.

Aunque los suelos estudiados en este trabajo, cuentan ya con un análisis químico y físico para sus elementos mayores, se carece de datos para cada uno de sus elementos trazas.

Aristizábal (2) ha encontrado en 4 de estas series: Estación Palmira, Valle, Ferrocarril y Palmira, respuesta significativa y aumento en el rendimiento hasta un 64,6% sobre el tratamiento completo, mediante aplicación de éste más elementos menores. Es probable que el boro tenga bastante responsabilidad en este aumento.

La utilización de boro, como abono, está reconocida en muchas regiones. Es posible que algunos suelos del Valle necesiten adición de este elemento para obtener mejores cosechas.

Algunos cultivos en esta región, como alfalfa, tabaco y cítricos muestran síntomas visuales que concuerdan con los observados y descritos en otros países, correspondientes a una deficiencia de boro en el suelo. Esto hace suponer que pueda presentarse en varios suelos de esta región poca disponibilidad, o carencia de boro, lo cual trata de verificarse biológicamente, por medio de una planta indicadora de deficiencia, en este trabajo siguiendo la técnica establecida por Colwell (14).

El presente estudio fue realizado en el invernadero de la Estación Agrícola Experimental de Palmira.

II.— REVISION DE LITERATURA

La deficiencia de boro fué observada por primera vez en Europa, posteriormente en Estados Unidos, Canadá y otros países. Bertrand en 1912 y Brenchley en 1914 contribuyeron al estudio de este elemento con una considerable investigación. Warington en 1923 probó que el boro es esencial para el crecimiento de la planta, aunque ya en 1910, Auglhon determinó su importancia para el desarrollo de élla. (Millar, 30).

A) Boro en el suelo.— El boro se encuentra en rocas ígneas y arenosas generalmente en forma de turmalina, mineral de poco valor para las plantas. El elemento acumulado en suelos de pizarra o arcilla, de origen marino, o de residuos de las plantas, tiene amplia aprovechabilidad (Wallace, 37).

Los suelos varían ampliamente en la cantidad y distribución del boro utilizable, lo cual puede deberse a condiciones de origen, prácticas de cultivo, medio ambiente, suministro de humus y erosión, principalmente (Schulter y Stephenson, 32).

El boro aprovechable es generalmente mucho mayor en los primeros 90 cms. del suelo, siendo a menudo la escasez muy pronunciada a profundidad mayor que ésta. Según Berger y Trough (10), la cantidad de boro presente en el suelo no es índice de la necesidad de fertilizar con este elemento, puesto que sólo menos de un 5% del total está en forma utilizable.

La disponibilidad del elemento está asociada con propiedades como el pH y la textura. Quemadas sobre el suelo han ocasionado aumento en la cantidad de boro soluble. (Baird, 5).

En condiciones climáticas de fuertes lluvias y de suelos muy ácidos la cantidad de boro es reducida a niveles bajos por lixiviación. En suelos de poca lluvia se encontró un contenido de boro total de 4 a 88 p.p.m. (partes por millón), variando su contenido de elemento utilizable entre 0,4 y 64,8 p.p.m. La cantidad de boro aprovechable está relacionada con la reacción del suelo, así: suelos ácidos tienen alta disponibilidad y suelos alcalinos baja, por esto un sobreencalamiento puede conducir a deficiencia de boro. Regiones áridas muestran alto contenido de este elemento en sus suelos. (Millar, 30; Askew, 3).

B) Boro en la planta.— La cantidad de boro en la planta es variable de acuerdo con la especie, así como también varía la cantidad presente en los distintos órganos del vegetal.

Las dicotiledoneas toman mayor cantidad de boro que las monocotiledoneas, siendo muy abundante en las papilionáceas y las crucíferas, con un contenido de 8 a 95 mgrs. por Kg. de substancia seca. Las gramíneas son las plantas que requieren menor cantidad de este elemento. (Bertrand, 7).

En la planta el contenido de este micronutriente es mayor en las hojas que en la raíz, tallo y frutos; en la semilla está distribuido en todas sus partes, pero con más alto porcentaje en el germen (Bertrand y Silberstein, 8; Bertrand, Silberstein y Waal, 9).

C) Funciones del boro en la planta.— Las funciones del boro en la nutrición de la planta y el efecto en ella de un insuficiente suministro de él, han sido objeto de muchos trabajos sin que hasta ahora pueda conocerse su función exacta en el crecimiento vegetal.

Los efectos atribuidos al boro son: (Wallace, 37).

1— Actuar como regulador de la relación potasio/calcio y de la absorción de nitrógeno.

2— Aunque no reemplaza al calcio puede retardar los efectos de una deficiencia de él.

3— Intervenir para mantener el equilibrio oxidación-reducción en las células.

Los mejores resultados sobre la función del boro en las plantas han sido obtenidos estudiándola bajo suministro insuficiente de él.

Zhurbitskii y Vartapetyan (39), Schropp (33); Schuller y Stephenson (32), Vladimir Ignatieff (35), concuerdan en la descripción de los síntomas observados en la planta por deficiencia de boro, así:

1—Desintegración de los tejidos meristemáticos y vasculares.

2—Distorsión de hojas y tallos.

3—Disminución de las reservas de carbohidratos.

4—Inhibición de los brotes florales.

5—Pobre desarrollo radicular.

6—Turgencia anormal de los tejidos.

7—Formación de tejidos corchosos, maduración desigual y afecciones en algunos frutos.

Todo esto conduce a un desarrollo subnormal del vegetal y en caso de carencia total de boro a la muerte final de la planta.

Muchos de estos disturbios fueron catalogados como enfermedades por no conocerse su causa, entre ellas: cáncer en remolacha común *canker*, necrosis del apio, *cracked stem*, pudrición negra del corazón de la remolacha azucarera, *heart rot*, amarillamiento de la alfalfa, *yellow*s, endurecimiento (frutos paludos) de manzanas, naranjas, limones, etc. *droguht spot*, *hard fruit* (Wallace, 37).

Alto contenido de calcio en la planta se traduce en un mayor requerimiento de boro, y, planta con muy buen suministro de potasio en suelos deficientes en boro intensificará los síntomas de deficiencia. Un trabajo de Backenbach sostiene que una planta tiene una gran necesidad de boro si está bien suministrada de nitratos, o cuando está obteniendo insuficiente fósforo. (Miller, 30).

Según Shkol'nik (34), una de las funciones de mayor importancia del boro es mejorar el oxígeno suministrado a los tejidos de las plantas y especialmente al sistema radicular.

El contenido de boro afecta la asimilación y transporte del fósforo en las plantas (Zhurbitskii y Vartapetyan, 39).

Ningún elemento, de 52 ensayados ha sido capaz de reemplazar al boro, el cual es esencial para plantas leguminosas, aunque algunos cereales verifican su desenvolvimiento sin él. Se supone que a estas últimas plantas les basta el contenido de boro de la semilla. Un buen suministro de nutrientes, exceptuando este elemento, puede estimular y sostener el crecimiento por un período largo de tiempo, sin que esto pueda suprimir la muerte final de la planta por carencia de boro. (Branchley y Warington, 12).

D— Síntomas de deficiencia de boro en algunas plantas.

1—**En caña de azúcar.**— La planta muestra retardo en el crecimiento, clorosis en hojas jóvenes, mientras otras se ven distorsionadas, hay formación de lesiones definidas en las hojas y dentro de las cañas. Los síntomas sólo se muestran 1 o 2 meses después de la ausencia de boro. (Martín, 26).

2.— **En lechuga.**— La deficiencia ocasiona crecimiento retardado, mala formación de hojas jóvenes seguida de una destrucción gradual del tejido meristemático y posterior muerte de la planta (Mc Hargue y Calfee, 28).

3— **En tabaco.**— Inicialmente se aprecia un ligero color verde de los cogollos, especialmente hacia la base de las hojas, posteriormente ocurre una rotura descendente del tejido, las hojas se distorsionan por crecimiento alrededor de las áreas afectadas y el tallo también puede mostrar hacia el ápice de la planta de un lado de crecimiento retorcido, finalmente se presenta la muerte descendente del cogollo terminal (Mc Murtrey, 29).

4— **En cítricos.**— Haas (22), Haas y Klotz (23), observaron por deficiencia de boro, goma en los vasos del tejido leñoso, y a través de la corteza, hojas retorcidas por formaciones gomosas entre sus células, venas corchosas y rotas, inhibición de nuevos crecimientos, bulbos agrandados en las puntas de las raíces y decaimiento del sistema radicular. El corazón de los frutos y la cáscara de éstos muestran gomosis.

5— **En manzanos.**— Los árboles muestran prematuro marchitamiento de las flores y mala formación de los frutos. Manzanos marchitos se renovaron con aplicación de boro en proporción de 4 gramos por metro cuadrado. (Anet, 1).

6— **En alfalfa.**— El boro es esencial para la alfalfa en muchos tipos de suelos y su empleo garantiza más alto rendimiento, una mayor producción de proteínas, mayor formación de semilla y gran longevidad vegetativa. Los síntomas de deficiencia de boro incluyen: una coloración anormal del follaje, muerte terminal en roseta, múltiples ramificaciones, inflorescencia defectiva, caída de las hojas y

muerte de la semilla. Para suelos deficientes se aconseja aplicar bórax en proporción de 44 kls. por Ha. esparcido y rastrillado al tiempo de la siembra; el efecto de esta aplicación puede durar 3 años. (Dunklee y Midgley, 17).

Hutcheson y Cocke (24), señalan la coloración anormal en las hojas como amarilla y rojiza púrpura y aseguran corrección de deficiencia con la adición de 11 a 22 kls. de bórax por Ha. coincidiendo con Dunklee en la gran importancia que para este cultivo tiene el boro.

7— **En frijol**— El crecimiento es retardado, las hojas se tornan cloróticas, hay poco o ningún florecimiento y los frutos no llegan a formarse (Schulter y Stepheson, 32).

8— **En tomate**.— El síntoma inicial es una coloración bronce o roja en las pequeñas hojas terminales seguida de la muerte del botón apical, las hojas viejas adquieren un color claro (Schulter y Stephenson, 32). La escasez de boro impide un normal cuajamiento y desarrollo de los frutos del tomate (Majewski y Majewska, 25). También se puede observar frutos picados, de maduración desigual y con áreas corchosas y hendidas (Wallace, 37).

9— **En remolacha azucarera**.— Los disturbios causados por deficiencia de boro en esta planta se conocen como "pudrición negra del corazón", (**heart rot**), cuyos primeros síntomas son peciolo y hojas deformadas, tendencia a desarrollar gran número de hojas de tamaño pequeño que adquieren sucesivamente una coloración verde oscuro, amarilla, parda y negra. En la raíz el tejido interno se endurece y se vuelve negro, desintegrándose posteriormente. El tamaño de la afección en la raíz varía ampliamente. (Cook y Millar, 16).

E)— **Toxicidad del boro para las plantas**.— El boro es tomado por los vegetales en proporciones mínimas, una cantidad mayor de la indispensable causa toxicidad prácticamente en todas las plantas. La susceptibilidad a exceso de boro varía de acuerdo con la especie de planta y otros factores como, vigor de ella, condiciones ambientales y características del suelo. Para abonar suelos deficientes en boro se puede tomar como máximo unos 56 kls. por Ha. (Millar, 30).

En algunas regiones puede presentarse toxicidad por exceso de boro en aguas de riego, dependiendo esto de la sensibilidad del cultivo y la cantidad de elemento que lleve el agua. Eaton (18), afirma que se ha presentado toxicidad con agua de irrigación en el Valle de San Joaquín en California, con un contenido de sólo 0,5 a 2,5 p.p.m. de boro.

F)— **Determinación de sustancias nutritivas**.— Comprende dos métodos generales: (Vandecaveye, 35).

1— **Análisis químico.**

2— **Métodos biológicos.**

Debido a la extensión general de estos dos métodos sólo se considera aquí lo relacionado con la extracción de boro del suelo.

1— **Métodos químicos.**— Los empleados se basan generalmente en el uso de soluciones extractivas, para determinar la substancia nutritiva en ellas.

No se puede asegurar que el resultado obtenido por análisis químico corresponda a la capacidad verdadera de la planta que se considere, ya que las diferentes especies de ellas varían en la capacidad para tomar los nutrientes en las distintas condiciones químicas del suelo (Robertson y Silva, 31).

los análisis químicos es el hecho de que ellos no suministran infor-

Según estos mismos autores (31) una de las principales fallas de mación alguna sobre temperatura, lluvia, drenaje, actividad bacteriana, etc. En esta forma una determinación biológica está más cerca de las condiciones naturales que el análisis químico, el cual necesita siempre, como complemento, un trabajo biológico para confiar en él.

De acuerdo con Baird (5), los métodos químicos para extracción de boro empleados más frecuentemente son:

a— El método propuesto por Berger y Trough, que consiste en hervir, durante 5 a 10 minutos, una suspensión suelo-agua en proporción 1:2, para luego filtrar y determinar el boro en el filtrado.

b— Técnica de extracción por Soxhlet, donde el boro es extraído de los suelos en un período de 6 horas.

Varios investigadores, entre ellos Mac Clung y Dawson (Baird, 5), afirman que el primer procedimiento puede ser útil para estimar la cantidad total de boro disponible del suelo y lo consideran altamente relacionado con el de extracción por Soxhlet.

El mismo autor (5), se propuso comprobar la tesis anterior, y relacionar entre sí los dos métodos químicos comparándolos con el biológico. Sus resultados indican que la cantidad total del boro disponible, constituida por dos fases, una en solución más otra sólida, puede ser considerada como un **factor capacidad**. Este factor sólo es determinado por el método de extracción por Soxhlet. El procedimiento de Berger y Trough sólo determina la fase en solución, considerada como un **factor intensidad**.

Se supone que la fase sólida es la encargada de reemplazar el boro, que va siendo extraído de la fase en solución por las plantas. Bajo condiciones de campo tiene gran importancia el considerar los factores **intensidad** y **capacidad** para boro disponible en el suelo.

En desacuerdo con Mac Clung y Dawson, Baird (5) considera que el método propuesto por Berger y Trough "no es un medio capacitado para estimar el suministro total de boro disponible en el suelo"

ya que este procedimiento sólo indica el **factor intensidad**, y agrega que ninguno de los dos métodos puede ser usado como estimativo del otro.

Sus conclusiones sostienen que el método Soxhelt parece incluir todas las formas de boro disponible y que el boro removido del suelo por cultivo (método biológico), fue mucho mayor que el extraído por el procedimiento de Berger y Trough, pero fue igual al extraído por Soxhlet, así, el boro determinado por procedimiento biológico corresponde a la fase en solución más la fase sólida del boro aprovechable.

2— **Métodos biológicos.**— Usan plantas indicadoras para la extracción del nutriente a investigar.

Por procedimiento biológico, un suelo al cual se han agregado todos los minerales esenciales, excepto uno el cual se quiere determinar, sometido a intenso cultivo permite una clasificación con base en el contenido relativo del elemento omitido. Es de gran importancia la planta indicadora que se use y debe ser sensible a los elementos en concentraciones que puedan dar una clasificación apropiada y práctica. La planta debe indicar diferencias de composición, crecimiento, o síntomas foliares para mostrar variabilidad en la cantidad de mineral absorbido del suelo.

Boussingault (4), fue quien, en 1838, inició la técnica de los experimentos en macetas con el fin de determinar nutrientes en los suelos, bajo condiciones reguladas.

De acuerdo con Bravo (11), algunas características de los métodos biológicos, en invernadero son:

a— Mayor sensibilidad de estos ensayos que la suministrada por los análisis químicos.

b— Ofrece métodos baratos para análisis de suelos.

c— Sólo necesita muestras pequeñas de tierra.

d— Son técnicas fáciles de realizar.

Vandecaveye (35), divide los métodos biológicos, exceptuando la parcela experimental, en dos grupos:

a— Usando plantas superiores como agentes extractores de nutrientes.

b— Utilizando plantas inferiores con el mismo fin.

c— Usando plantas superiores. Entre las técnicas biológicas, de este grupo, se pueden mencionar:

1— Método de Mitscherlich (Vandecaveye, 35), usando avena

como planta indicadora.

2— Técnica de Schuller y Stephenson (32), para determinación de boro usando como planta indicadora el girasol. Es método aplicable también a investigación de N, P, K, Mg y S.

3— Técnica de Colwell (14), con girasol como planta indicadora para determinación de boro.

4— Procedimiento de Neubauer (Vandecaveye, 35), empleando arroz como indicador.

5— Método de Jenny (Vandecaveye, 35), tomando como planta indicadora la lechuga romana.

Para este trabajo no se considera el grupo b en que se usan plantas inferiores en determinación de nutrientes.

G)— **Experimentos en otros países.**— Los trabajos efectuados, sobre boro, principalmente en Estados Unidos y Europa son innumerables, la escasez de este elemento en muchas de sus regiones y la importancia de él para la planta, ha hecho que muchos investigadores se preocupen por conocer su contenido en las distintas clases de suelos y la influencia del elemento en gran número de especies de plantas. Entre la numerosa literatura sobre este tema se puede anotar lo siguiente:

Colwell y Baker (15), quienes trabajaron en determinación biológica de boro en suelos del norte de Idaho.

Mc Hargue y Calfee (28), estudiaron el efecto del boro sobre lechuga en muestras de suelos de Kentucky.

Dunklee y Madgley (17), en experimentos de campo e invernadero en Vernon probaron la importancia del boro para la alfalfa.

Eaton (20), trabajó sobre boro, en suelos y agua de riego en California y determinó la sensibilidad de 50 especies de plantas a distintas concentraciones de boro.

Baird (5), estudió 16 suelos de muy diversas características de varias regiones de los Estados Unidos.

H)— **Experimentos en Colombia.**— En este país algo se ha trabajado sobre elementos menores, pero son contadas las investigaciones sobre boro, entre estas se tiene:

Bernal (27), destaca en un artículo las principales informaciones que se conocen sobre la importancia del elemento en la vida vegetal.

Esquivel (21), hizo un estudio acerca de la influencia del boro

en el crecimiento, desarrollo, polinización y fecundación del cacao.

El autor, ha tenido conocimiento de que actualmente se llevan a cabo en la Estación Agrícola de Tibaitatá experimentos con aplicación de bórax en papa y en alfalfa.

La Sección de Suelos de la Estación Agrícola de Palmira, adelanta experimentos con distintos niveles de boro en alfalfa (hasta 150 kls. por Ha.), en varios lugares cercanos a Palmira; sus resultados, aún no completos, permiten afirmar que hay una magnífica respuesta a la aplicación del elemento. (*).

También se ha podido observar que la deficiencia de boro se acentúa en tiempo seco y que la aplicación de este micronutriente es indispensable para un buen florecimiento de la alfalfa (**).

La Sección de Suelos de la Facultad de Agronomía del Valle trabaja en alfalfa con aplicación de 40 a 80 kls. por Ha. de bórax, en suelos de Palmira y Rozo, incluyendo algunas de las series comprendidas en este estudio, como Estación Palmira. La respuesta ha sido muy significativa, sin que hasta el presente haya ocurrido toxicidad con estos niveles de aplicación. (**).

III— MATERIALES Y METODOS

A) MATERIALES

Muestras de suelo.— Se estudiaron muestras de 7 series de suelos del Valle. De estas, las series Estación Palmira, Valle, Palmira y Ferrocarril se tomaron en terrenos de la Granja Experimental de Palmira; las 3 restantes: Candelaria, con sus 2 tipos de suelos, Arcilloso y Franco-Arcilloso, Arcilloso de Granadillo y Arcilloso del Río Fraile, se recolectaron en el municipio de Candelaria. Estos suelos se numeraron de 1 a 8 en el orden dado anteriormente. La descripción de estas series se incluye como apéndice del trabajo.

Arena.— Se utilizó arena blanca para 24 vasijas usadas como patrón para comparar con las posibles deficiencias de boro en los suelos.

Planta indicadora.— La variedad de girasol Mammoth Russian. Las grandes condiciones de esta planta como indicadora fueron demostradas por Schuller y Stephenson (32). Posteriormente Colwell y Baker (15), encontraron que el girasol es más sensible a la deficiencia de boro que el tabaco, berro y remolacha azucarera, plantas usa-

(*) Gómez, J. Información sobre experimentos con boro en la Estación Agrícola Experimental de Palmira. Colombia. 1956. (comunicación personal).

(**) González, A. Información sobre aplicación de boro en alfalfa. Facultad de Agronomía del Valle, Palmira. Colombia. 1956. (comunicación personal).

das como indicadoras anteriormente.

Eaton (20), confirma que el girasol requiere una cantidad grande de boro para óptimo crecimiento y no es afectado por toxicidad hasta que la concentración es relativamente alta; esta es una gran ventaja sobre las demás plantas indicadoras, porque algunas, como la soya, crecen perfectamente con poca cantidad de boro y son afectadas aún por bajas concentraciones.

Vasijas.— Las plantas se cultivaron en vasijas de lata, de forma cilíndrica, barnizadas interior y exteriormente con laca, a soplete, para evitar en esta forma cualquier influencia del material de los tarros, en el experimento. Se usaron 88 vasijas.

Substancias nutritivas.— Para suministrar todos los nutrientes esenciales, excepto boro, se preparó la solución nutritiva dada a continuación:

— T A B L A I —

Composición de la solución nutritiva, según Colwell (14)

Sal	Concentración de la solución de reserva c.c. para cada litro	de solución nutritiva
KH ₂ PO ₄	1,0 M.	5
K ₂ HPO ₄	0,2 M.	5
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,0 M.	7
Ca (No3) 2. 4H ₂ O	1,0 M.	7
Na NO ₃	1,0 M.	7
MnCl ₂ . 4H ₂ O	0,20 gm./l.	5
ZnCl ₂	0,10 gm./l.	5
Cu Cl ₂ . 2H ₂ O	0,02 gm./l.	5

Tartrato de hierro.— Una solución con 5 gm. de tartrato de hierro por litro se usó como fuente de este mineral para los cultivos en arena.

Acido Bórico.— (H₃BO₃). Se empleó como fuente de boro en 2 soluciones: Solución A, con 0,6483 gm. de H₃BO₃ por litro. Cada c.c. de esta solución equivale a 0,25 p.p.m. de boro, en una libra de arena. Solución B. Se prepara diluyendo la solución A hasta que 1 c.c. corresponda a 0,01 p.p.m. de boro, en una libra de arena.

Agua destilada.— Utilizada diariamente para riego.

Balanza.— Empleada para mantener la humedad apropiada en los cultivos.

Regla.— Para apreciar el tamaño de las plantas, se usó en las fotografías. Su longitud es de 60 cms.

B) METODOS

Se siguió la técnica dada por Colwell (13,14), cuyo criterio es la edad de la planta desde el día de la siembra hasta cuando aparecen los primeros síntomas de deficiencia de boro, llamado "valor edad" lo cual tiene la ventaja de eliminar pesos y análisis.

Obtención de las muestras.— Luego de identificar convenientemente la serie, se procedió a excavar un orificio rectangular de 45 x 60 cms. hasta una profundidad de 60 cms., hecho esto se obtuvo la muestra de las 4 caras de la excavación en forma de tajadas, de 0 a 30 y de 30 a 60 cms. por separado, capas que se denominaron a y b respectivamente. El suelo se secó al aire durante varios días y para remover piedras y basuras se pasó a través de un tamiz.

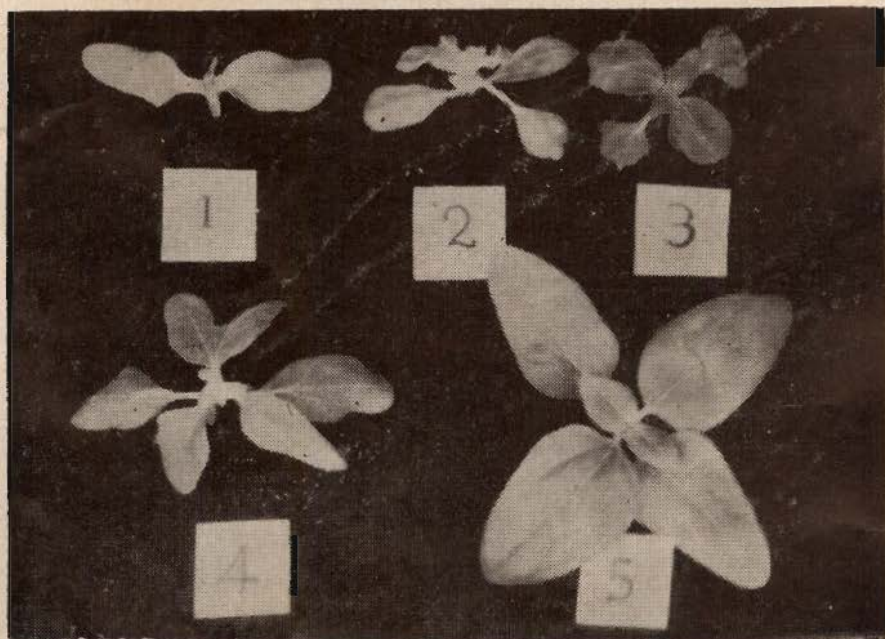


Figura 1.— Aspectos de síntomas de deficiencia de boro en girasol.

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1—Deficiencia extrema. | 2 y 3—Estados avanzados. |
| 4—Síntomas iniciales. | 5—Planta normal. |

Foto: M. T. Paredes.

Control en arena.— Para comparación se utilizaron cultivos en arena con diferentes niveles de boro; se obtuvo arena blanca, la cual fue lavada con HCl al 30% durante 48 horas y posteriormente con agua destilada hasta eliminar toda traza de cloro.

Cantidad de suelo y arena por vasija.— Se pesaron 454 gms. de suelo o de arena en cada vasija.

Plantas por vasija.— En cada uno se colocaron 10 semillas de girasol para seleccionar a la edad de 9 días, 5 plantas por recipiente.

Tratamientos.— Cada tratamiento tuvo 4 replicaciones. Al total de las vasijas, de arena y de suelo, se les suministró la solución preparada según la Tabla I, en la forma que se observa en la Tabla II.

Para los cultivos en arena se usaron seis niveles de boro, así: 0,0- 0,05- 0,10- 0,30- 0,50- 1,00 p.p.m., numerando las vasijas de 0 a 5 en este orden. El boro fue agregado de acuerdo con la escala dada en la Tabla III.

El tartrato de hierro fue agregado con agua destilada cada 3 días.

Humedad.— Para mantener un nivel apropiado de humedad se

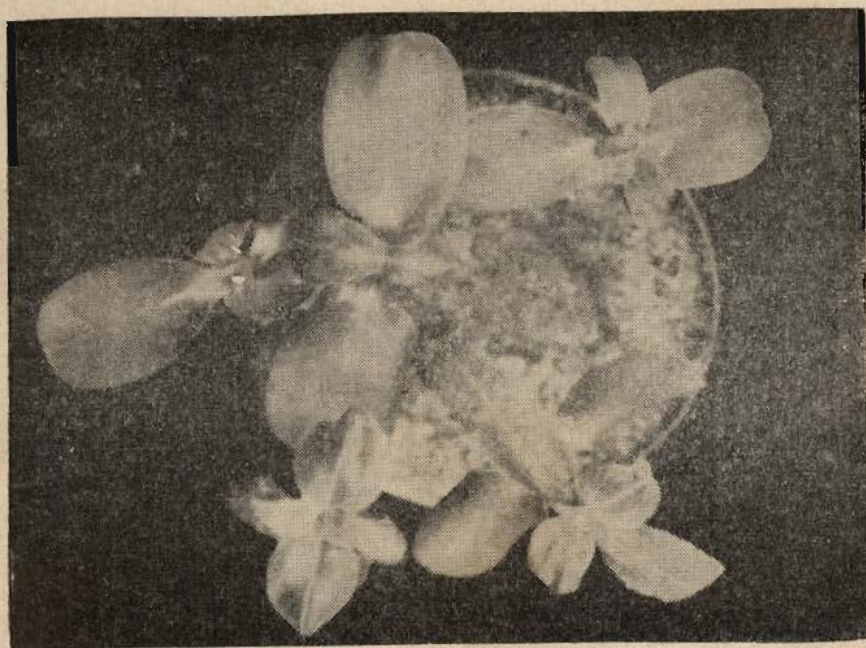


Figura 2.— Síntomas iniciales de deficiencia de boro en girasol.

Foto: M. T. Paredes.

fijó la cantidad de agua de acuerdo con la textura de los suelos, la cantidad de solución nutritiva y el total de peso dado en la Tabla IV.

Cuidados.— Se presentó la necesidad de aplicar azufre en espolvoreo a los 30 días para controlar un ataque de araña roja, teniendo la precaución de que no cayese azufre a las muestras de suelo o a la arena.

Duración.— El experimento se realizó con observaciones y cuidados diarios durante 50 días.



Figura 3.— Síntomas iniciales y avanzados de deficiencia de boro en girasol. Izquierda: Síntomas iniciales. Derecha: Estado avanzado.

Foto: M. T. Paredes.

Interpretación de resultados.— Se clasificaron los suelos de acuerdo con el “valor edad”, o sea la edad de la planta el día en que la primera de las 5 seleccionadas muestra síntomas iniciales de deficiencia de boro. Este término es el promedio numérico del “valor edad” de las primeras plantas para las capas 0-30 y 30-60 cms. Experimentos anteriores efectuados por Colwell (14) muestran que las 4 plantas restantes le siguen rápidamente a la primera en la producción de síntomas de deficiencia, por esto ellas no se consideran para la interpretación de los resultados.

El primer síntoma es un amarillamiento de la base de las hojas más jóvenes, las cuales pueden encoparse o nó hacia abajo en el primer día, al mismo tiempo el par de hojas justamente debajo de aquellas que mostraron amarillamiento, toman una coloración verde brillante anormal. Ellas también pueden presentar ciertas veces amarillamiento en la base, al tiempo que la apariencia brillante se hace visible hacia los centros. En esta técnica sólo se tiene en cuen-

— TABLA II —

Cantidad de solución nutritiva agregada por vasija

Días después de la siembra	c.c. de solución agregados	Días después de la siembra	c.c. de solución agregados
0	..	13	10
8	10	14	10
9	..	15	..
10	10	16	25
11	10	17	..
12	..	18	25(**)

(**) Se suministraron 25 c.c. de solución cada tercer día durante el resto de tiempo del experimento.

— TABLA III —

Escala de adición de ácido bórico a las series de control en arena

Días después de la siembra	Solución de H ₃ BO ₃ gm./l.	P. P. M. de ácido bórico					
		0,0	0,05	0,10	0,30	0,50	1,00
		No. de c.c. de solución de H ₃ BO ₃ agreg.					
9	(B) 0,2593	..	5	10	10	10	10
12	(B) 0,2593	..	..	..	20	20	20
17	(B) 0,02593	..	..	..	..	20	20
29	(A) 0,6483	..	..	..	..	..	2

Es necesario conocer perfectamente los síntomas de deficiencia de boro en las plantas de girasol para poder determinar este "valor edad".

ta los síntomas iniciales, observando posteriormente, para confirmación de la diagnosis hecha, los estados tardíos de muerte terminal y roseta. (Colwell, 13).

Con una extrema carencia de boro el crecimiento se limita a las hojas cotiledonares, las cuales adquieren un tamaño anormal y un espesor notablemente aumentado, mostrando la tendencia a permanecer túrgidas todo el tiempo (Schulter y Stephenson, 32).

Los síntomas descritos pueden apreciarse en las figuras 1, 2, 3 y 4. Para calificación de resultados se considera:

1— **Marcada deficiencia.**— Un promedio de "valor edad" menor que 28, lo que corresponde a 0,10 p.p.m. de boro.

2— **Deficiencia moderada.**— Un "valor edad" promedio de 28 a 36 lo cual corresponde de 0,10 a 0,30 p.p.m. de boro.

3— **Ligera o ninguna deficiencia.**— Un promedio de "valor-edad" mayor que 36, o plantas que no mostraron síntomas de deficiencia en su capa 0-30, aunque sea deficiente el suelo en su capa 30-60 cms.

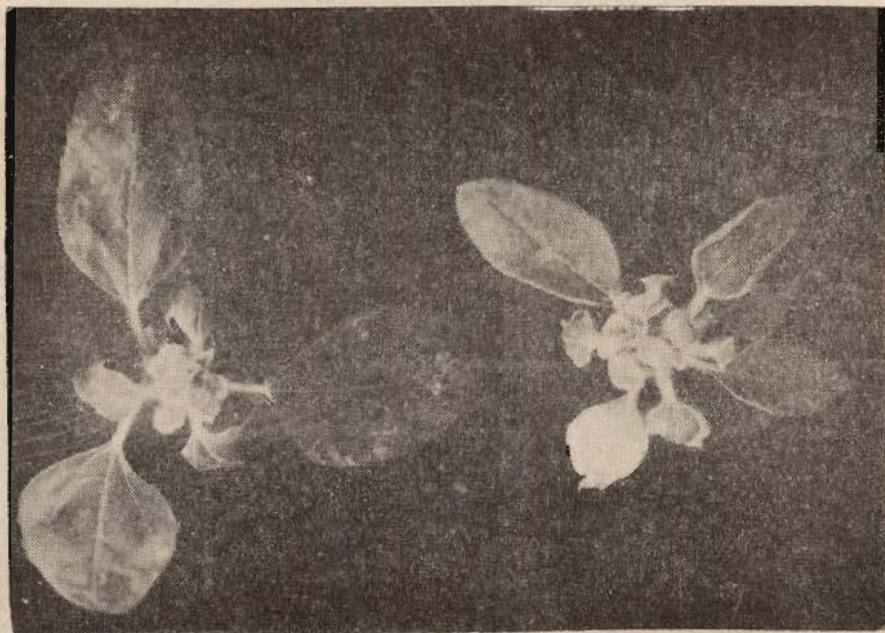


Figura 4.— Aspectos tardíos de deficiencia de boro en girasol.

izquierda: Roseta. Derecha: Botón floral abortado.

— T A B L A I V —

Cantidad de agua agregada a las vasijas

Textura	seco al aire Peso suelo	agregada Peso del agua	promedio Peso de las vasijas	Peso total
	gm.	gm.	gm.	gm.
Arena	354	53	63	570
Suelos 1-2-6	454	73	95	622
Suelos 3-4-5-7-8	454	93	95	642(**)

(**) Estos pesos se aumentaron en 10 gramos, tres veces durante el período de crecimiento para compensar el aumento de peso producido por las plantas. A partir de los 35 días fue necesario regar las plantas 2 veces al día para mantenerlas en condiciones apropiadas de humedad.

IV— RESULTADOS Y DISCUSION

— T A B L A V —

Edad en la cual las plantas mostraron el primer síntoma de deficiencia.
"Valor edad" para los 6 niveles de boro en arena.

Cultivo en arena.	Replic.	Edad de la planta (días)				"Valor edad" Nº 5
		Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	
P.P.M. de boro 0,0	I	11	11	11	11	11
	II	11	11	11	11	
	III	11	11	11	11	
	IV	11	11	11	12	
0,05	I	21	23	23	23	21
	II	21	21	21	21	
	III	21	21	21	21	
	IV	21	21	22	22	
0,10	I	24	24	24	25	24
	II	23	23	23	23	
	III	23	23	24	24	
	IV	24	25	25	25	

— T A B L A V —

(Continuación).

0,30	I	31	31	31	31	31	32
	II	31	31	31	33	33	
	III	32	32	32	33	33	
	IV	32	33	33	33	33	
0,50	I	38	38	38	38	38	38
	II	37	37	37	38	38	
	III	38	38	38	39	39	
	IV	39	39	39	39	39	
1,00	I	45	45	45	45	45	45
	II	45	45	45	S	S	
	III	45	45	45	46	46	
	IV	45	45	45	45	46	

S = Plantas sanas a los 50 días.

— T A B L A V I —

Edad en la cual las plantas mostraron el primer síntoma de deficiencia en los ocho suelos.

Replic.	Nº muestra	Capa	Edad de la planta (días)				
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
I	1	a	42	42	44	44	44
II			42	42	42	42	42
III			42	42	42	42	42
IV			42	42	42	44	44
FRANCO ARCILLOSO EST. PALMIRA							
I	1	b	13	13	13	14	14
II			13	13	13	13	14
III			13	14	14	14	14
IV			13	13	14	14	14
I	2	a	31	31	31	33	33
II			31	31	31	31	31
III			29	31	31	31	32
IV			29	31	31	32	32
FRANCO ARCILLOSO DEL VALLE							
I	2	b	12	12	12	12	13
II			13	13	13	14	14
III			13	13	13	13	14
IV			13	13	13	15	15

— T A B L A V I — (Continuación)

Replic.	Nº muestra	Capa	Edad de la planta (días)				
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
ARCILLOSO DE GRANADILLO							
I			13	13	13	14	14
II	7	b	14	14	14	14	14
III			14	14	14	14	15
IV			13	13	14	14	14
I			S	S	S	S	S
II	8	a	S	S	S	S	S
III			S	S	S	S	S
IV			46	46	46	47	48
ARCILLOSO DEL RIO FRAILE							
I			12	12	13	13	13
II	8	b	14	14	14	14	14
III			13	13	13	14	14
IV			13	13	13	13	14

S = Plantas sanas a los 50 días

S = Plantas sanas a los 50 días

— T A B L A V I I —

"Valor edad" para los ocho suelos.

"Valor edad"

Suelo	Capa		— Promedio V.E.	Calificación
	0-30	30-60		
Estación Palmira	42	13	28	2 (*)
Valle	30	13	22	1
Palmira	17	11	14	1
Ferrocarril	44	12	28	2
Arcilloso de Candelaria	S	15	—	3
Franco arcilloso de Candelaria	49	11	30	2
Arcilloso de Granadillo	21	14	18	1
Arcilloso del río Fraile	S	13	—	3

(*) Calificación:

1 = Marcada deficiencia.

2 = Deficiencia moderada.

3 = Ligera o ninguna deficiencia.

— T A B L A V I — (Continuación)

Replic.	Nº muestra	Capa	Edad de la planta (días)				
			Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
I			16	16	16	18	18
II	3	a	18	18	18	13	18
III			18	18	18	19	19
IV			16	16	16	16	17
ARCILLOSO DE PALMIRA							
I			11	11	11	11	13
II	3	b	11	11	11	11	12
III			11	11	11	13	13
IV			11	11	11	12	13
I			43	45	46	S	S
II	4	a	44	44	S	S	S
III			42	42	42	47	47
IV			45	45	S	S	S
ARCILLOSO DEL FERROCARRIL							
I			13	13	13	14	14
II	4	b	12	12	12	13	13
III			12	12	12	12	12
IV			12	12	12	12	13
I			S	S	S	S	S
II	5	a	S	S	S	S	S
III			S	S	S	S	S
IV			S	S	S	S	S
ARCILLOSO DE CANDELARIA							
I			14	14	14	14	15
II	5	b	15	15	15	16	16
III			15	15	15	15	16
IV			15	15	15	16	16
I			49	49	49	49	49
II	6	a	50	S	S	S	S
III			49	49	S	S	S
IV			49	49	49	49	49
FRANCC ARCILLOSO DE CANDELARIA							
I			11	11	12	12	12
II	6	b	11	11	11	11	12
III			11	11	11	12	12
IV			11	11	12	12	12
I			21	21	21	23	23
II	7	a	20	20	21	21	21
III			22	22	22	22	23
IV			21	21	21	22	23

S = Plantas sanas a los 50 días

El "valor edad" para los suelos fue interpretado en relación con la serie en arena, (Tabla V, Figura 5), para eliminar en lo posible los efectos de variaciones ambientales.

El "valor edad" para la serie de control en arena se muestra en la Tabla V, se observa allí mucha uniformidad en la edad en que los síntomas aparecieron en las plantas.

La Tabla VI muestran las distintas edades en que las plantas mostraron deficiencia en los ocho suelos. La variación entre la 1ª planta con síntomas de deficiencia y la presencia de ellos en las 4 restantes, fue de 2 a 3 días, con excepción de la serie Ferrocarril que varió hasta 7 días, y el suelo Franco Arcilloso de Candelaria, en el cual una replicación mostró deficiencia a los 45 días, permaneciendo sanas las otros 3 hasta finalizar el experimento.

Hasta la edad de 20 días una variación de 2 días entre el primer síntoma y el último, en las 5 plantas, corresponde a una diferencia de 0.02 p.p.m. de boro; de 20 a 32 días corresponde a una diferencia de 0.05 p.p.m. de boro (Colwell, 14).



Figura 5.— Serie comparativa en arena con 6 niveles de boro al final del experimento.

5- 1,00 p.p.m. de boro.	2- 0,10 p.p.m. de boro.
4- 0,50	1- 0,05
3- 0,30	0-00

Foto: M. T. Paredes.

En la Tabla 7 está dado el "valor edad" de los suelos estudiados y de acuerdo con él, calificados según su grado de deficiencia.



Figura 6.— Crecimiento de girasol en 4 de los suelos estudiados, en 40 días.
II = N° de replicación. a = 0-30 cms. b = 30-60 cms.
Suelos: 1— Estación Palmira. 2— Valle. 3— Palmira.
4— Ferrocarril.

Foto: M. T. Paredes.



Figura 7.— Crecimiento de girasol en los otros 4 suelos, en 40 días.
II— N° de replicación. a = 0-30 cms. b = 30-60 cms.
Suelos: 5— Arcilloso de Candelaria. 6— Franco Arcilloso de Candelaria.
7— Arcilloso de Granadillo. 8— Arcilloso del río Fraile.

Foto: M. T. Paredes.

Una apreciación general muestra una gran diferencia de crecimiento en las plantas entre las capas a y b, tal como puede observarse en las Figuras 6, 7, 8 y 9.

Se presume con base en estos resultados que las capas inferiores de esta región del Valle, pueden ser muy pobres en boro aprovechable, puesto que el mejor crecimiento en la capa b (Arcilloso de Candelaria) sólo tuvo un "valor edad" igual a 15, lo cual comparado con la serie en arena corresponde a un sitio intermedio entre los niveles 0.0 y 0.05 p.p.m. de boro.

Los suelos en su capa a, mostraron bastante diferencia de contenido de boro disponible, su "valor edad" varió de, 17 en el más deficiente a aquellos que no mostraron síntomas en los 50 días, esto comparado con los niveles en arena puede ser de menos de 0.05 a más de 1.00 p.p.m. de boro.

En la capa b, el "valor edad" sólo varió de 11 a 15, lo cual indica gran uniformidad por lo bajo. (Véase Figura 12).

Los 4 suelos de la Estación Agrícola se mostraron bastante de-

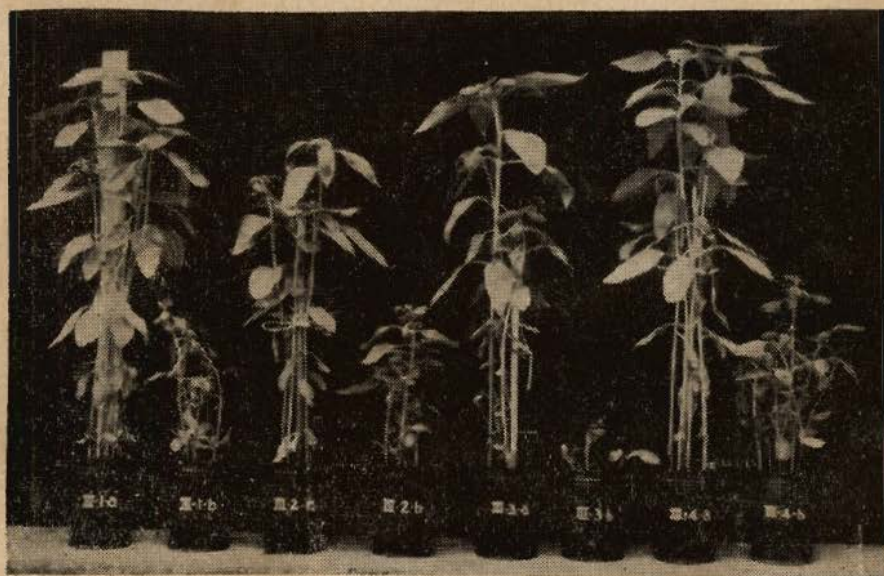


Figura 8.— Crecimiento de girasol en 4 de los suelos estudiados, en 50 días. III = N° de replicación. a = 0-30 cms. b = 30-60 cms.

Suelos: 1— Estación Palmira. 2— Valle. 3— Palmira. 4— Ferrocarril.

Foto: M. T. Paredes.

ficientes en boro, hallándose entre ellos el que parece tener menor contenido de los ocho estudiados: la serie Palmira, cuyas capas mostraron rápidamente deficiencia, siendo ella extrema en la capa b, donde las plantas limitaron su crecimiento a las hojas cotiledonares para morir posteriormente. Esta capa fue igual en crecimiento de sus plantas y en "valor edad" a la capa b del suelo Franco Arcilloso de Candelaria, similares ambos, en esas dos características, al cultivo en arena con ausencia total de boro.

La serie de mayor exuberancia en el crecimiento de sus plantas fue el suelo Arcilloso del Río Fraile, (Figura 11), aunque una de sus replicaciones mostró deficiencia a los 43 días.

El suelo que puede calificarse como de mayor contenido de boro aprovechable es el Arcilloso de Candelaria que señaló el más al-



Figura 9.— Crecimiento de girasol en los otros 4 suelos, en 50 días.

III = N° de replicación. a = 0-30 cms. b = 30-60 cms.

Suelos: 5— Arcilloso de Candelaria. 6—Franco Arcilloso de Candelaria. 7— Arcilloso de Granadillo. 8— Arcilloso del río Fraile.



Figura 10.— Girasol en 4 suelos, comparado con crecimiento en arena con 1.00 p.p.m. de boro, al final del experimento.

I = N° de replicación. a = 0-20 cms. b = 30-60 cms.

Suelos: 1— Estación Palmira. 2— Vallo. 3— Palmira. 4— Ferrrocarril. 5— Crecimiento en arena. Foto: M. T. Paredes.

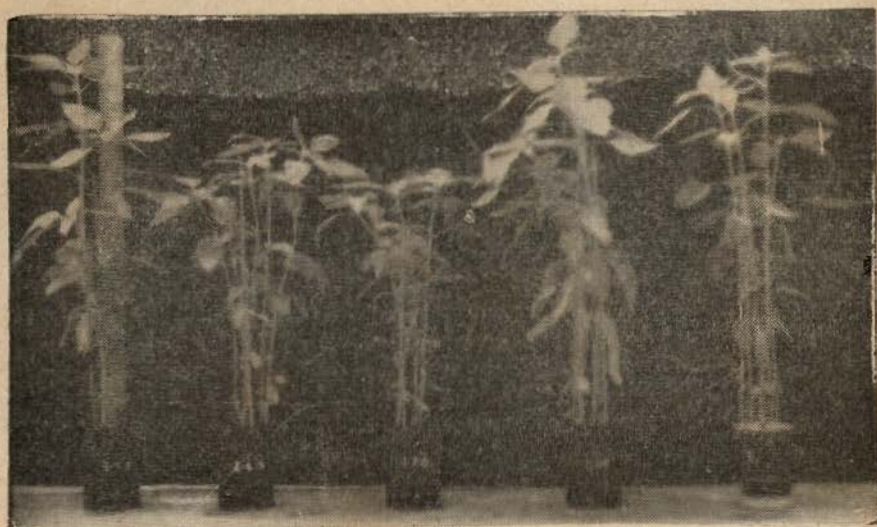


Figura 11.— Girasol en los otros 4 suelos, comparado con crecimiento en arena con 1.00 p.p.m. de boro, al final del experimento.

I = N° de replicación. a = 0-20 cms. b = 30-60 cms.

Suelos: 5— Arcilloso de Candelaria. 6— Franco Arcilloso de Candelaria. 7— Arcilloso de Granadillo. 8— Arcilloso del río Fraile. Foto: M. T. Paredes.

to "valor edad" en la capa b y no indicó deficiencia en su capa a, en ésta, por el contrario, las plantas presentaron un moteado de sus hojas, al final del experimento, que quizá pudiera tomarse como toxicidad por exceso de boro.

La mayor diferencia de contenido entre las 2 capas se observó en el suelo Franco Arcilloso de Candelaria, con una variación en el "valor edad" de 11 a 49 días para b y a, respectivamente.

Al observar el pH de las series estudiadas se nota que algunos de los suelos de mayor acidez, como Río Fraile (pH 6,2) y los de Candelaria (pH 6,7), fueron los que mostraron mayor boro aprovechable y por lo tanto mejores crecimientos. En cambio los más próximos a la neutralidad, como las series Granadillo y Palmira con un pH 6,9 y 7,05, respectivamente, fueron las de menor contenido. Esto coincide con lo afirmado sobre mayor disponibilidad de boro en suelos ácidos.

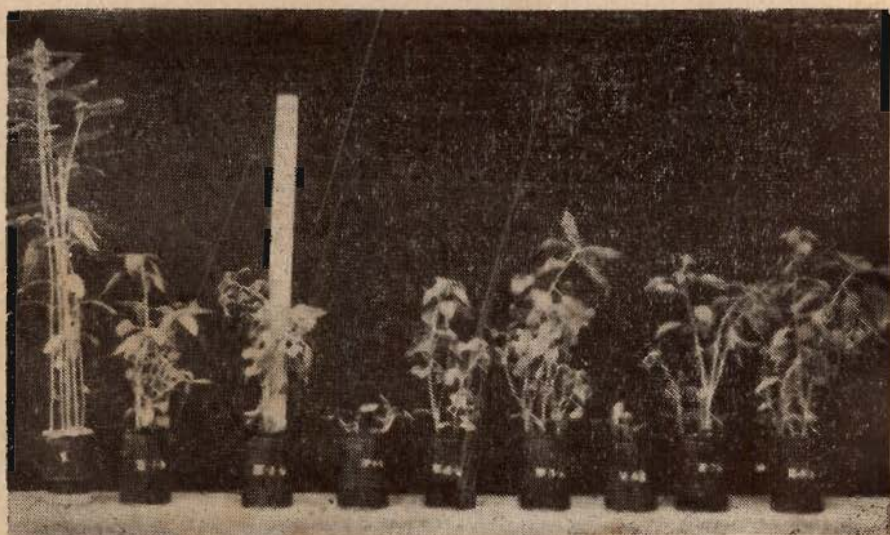


Figura 12.—Aspecto final de las plantas de girasol en los ocho suelos, capa b.

5 = Crecimiento en arena con 1,00 p.p.m. de boro. IV = N° de replicación. b = 30-60 cms. Suelos: 1— Estación Palmira. 2— Valle. 3— Palmira. 4— Ferrocarril. 5— Arcilloso de Candelaria. 6— Franco Arcilloso de Candelaria. 7— Arcilloso de Garandillo. 8— Arcilloso del río Fraile.

Sin embargo, este hecho no fue general porque dos suelos de la Estación Agrícola, ligeramente ácidos: Valle (pH 6,6) y Estación Palmira (pH 6,3), mostraron marcada y moderada deficiencia, respectivamente, lo cual puede atribuirse al hecho de pertenecer sus muestras a suelos muy trabajados, donde probablemente puede haber ocurrido mayor lixiviación, en cambio los recolectados en Candelaria son suelos en pasto, poco cultivados.

Las figuras incluídas a continuación permiten apreciar las observaciones hechas y muestran claramente, por el desarrollo de sus plantas, la diferencia de contenido de boro aprovechables en los ocho suelos.

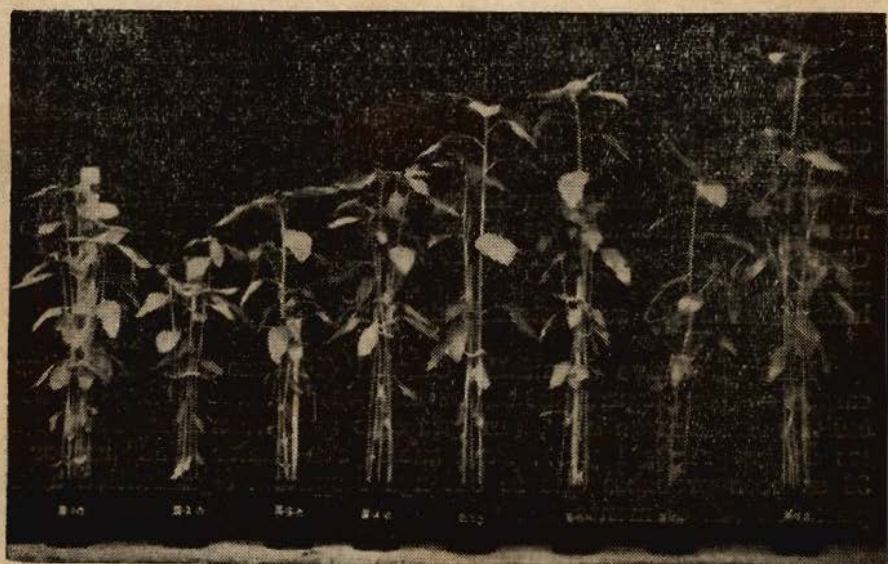


Figura 13.—Aspecto final de las plantas de girasol en los ocho suelos, capa a.

IV = N° de replicación. a = 0-30 cms. Suelos: 1— Estación Palmira. 2— Valle. 3— Palmira. 4— Ferrocarril. 5— Arcilloso de Candelaria. 6— Franco Arcilloso de Candelaria. 7— Arcilloso de Granadillo. 8—Arcilloso del río Fraile.

V— CONCLUSIONES

Los suelos estudiados mostraron, en general, bajo contenido de boro aprovechable, con una escasez más acentuada en la capa 30-60 cms.

De acuerdo con los resultados, los ocho suelos se pueden colocar en 3 grupos, así:

1— **Suelo de marcada deficiencia:** Franco Arcilloso del Valle, Arcilloso de Palmira y Arcilloso de Granadillo, series que, al ser relacionadas con la serie comparativa en arena, pueden situarse en un nivel de 0,05 p.p.m. de boro.

2— **Suelos de deficiencia moderada:** Franco Arcilloso de Estación Palmira, Arcilloso del Ferrocarril y Franco Arcilloso de Candelaria, suelos que pueden agruparse entre los niveles 0,10 y 0,30 p.p.m. de boro, al ser comparadas con la serie en arena.

3— **Suelos no deficientes:** Arcilloso de Candelaria y Arcilloso del Río Fraile. Son suelos que tienen buen contenido de boro utilizable en su capa a (más de 1,00 p.p.m.), aunque muestran deficiencia en la capa b.

Observando esta agrupación, resultan superiores, en el micronutriente considerado, los suelos recolectados en el municipio de Candelaria a los de la Estación Agrícola, debido en parte posiblemente a que estos últimos han tenido mayor laboreo lo cual puede haber disminuido su contenido de boro.

Para el cultivo de alfalfa, Colwell (14) anota experimentos de campo en que asegura que suelos con "valor edad" menor que 36 necesita aplicación de boro, (en este caso quedarían incluidos los suelos de los grupos 1 y 2). Para suelos con "valor edad" mayor que 36 es poco probable que se obtenga respuesta significativa a la aplicación del elemento.

Para cultivos como alfalfa, tabaco, cítricos, etc., en los cuales el boro desempeña muy importante papel, sería necesario experimentar en esta región, para determinar la cantidad apropiada del elemento a cada cultivo, en suelos deficientes.

VI— RESUMEN

El presente estudio incluye una revisión de la literatura en la cual se destaca la importancia del boro en el metabolismo de la planta y su disponibilidad en los suelos.

Se describen los síntomas de deficiencia de boro en plantas de caña de azúcar, lechuga, tabaco, cítricos, manzanos, alfalfa, frijol, tomate y girasol.

En forma brava se consideran los métodos químicos y biológicos de extracción del boro del suelo y los trabajos relacionados, efectuados en Colombia y en otros países.

El autor, siguiendo la técnica biológica de Colwell, determinó el contenido de boro aprovechable en las siguientes series de suelos del Valle del Cauca; Franco Arcilloso de Estación Palmira, Arcilloso del Ferrocarril, Franco Arcilloso del Valle, Arcilloso de Palmira, Arcilloso de Granadillo, Arcilloso del Río Fraile y Candelaria, con sus dos tipos de suelos: Arcilloso y Franco Arcilloso.

Los suelos se clasificaron según su grado de deficiencia así:

- 1= Suelos de marcada deficiencia (0,05 a 0,10 p.p.m. de boro).
 2= Suelos de deficiencia moderada (0,10 a 0,30 p.p.m. de boro).
 3= Suelos no deficientes (más de 1,00 p.p.m. de boro).

De acuerdo con esto, los suelos se agruparon como sigue:

1—Arcilloso de Candelaria	= 3
2—Arcilloso del Río Fraile	= 3
3—Franco Arcilloso de Candelaria	= 2
4—Estación Palmira	= 2
5—Ferrocarril	= 2
6—Valle	= 1
7—Arcilloso de Granadillo	= 1
8—Palmira	= 1

Los resultados obtenidos permiten deducir que los suelos estudiados contienen poco boro utilizable, siendo especialmente pobre la capa 30-60 cms.

BIOLOGICAL DETERMINATION OF BORON IN EIGHT SOILS IN THE CAUCA VALLEY

VI— SUMMARY

The present study includes a revision of literature which deals with the importance of boron in plant metabolism and the occurrence of boron in soils.

The deficiency symptoms of boron were described for sugar cane, lettuce, tobacco, citrus fruit trees, apple trees, alfalfa, beans, tomato plants and sunflowers.

The chemical and biological methods of extraction of boron from the soils and the related work that had been done in Colombia and other countries, also were considered.

The boron content of eight soils in the Cauca Valley were determined by the biological technique of Colwell, the soils analyzed were the following: Franco Arcilloso de Estación Palmira, Arcilloso del Ferrocarril, Franco Arcilloso del Valle, Arcilloso de Palmira, Ar-

cilloso de Granadillo, Arcilloso del Río Fraile and Candelaria with its two types; Arcilloso and Franco Arcilloso.

The soils were classified according to the degree of deficiency as follows:

- 1= Extremely deficient soils (0,05 to 0,10 p.p.m. boron)
- 2= Moderate deficient soils (0,10 to 0,30 p.p.m. boron).
- 3= No deficient soils (more than 1,00 p.p.m. boron).

Consequently, the soils of the Cauca Valley studied in this work can be grouped as follows:

1—Arcilloso de Candelaria	= 3
2—Arcilloso del Río Fraile	= 3
3—Franco Arcilloso de Candelaria	= 2
4—Estación Palmira	= 2
5—Ferrocarriil	= 2
6—Valle	= 1
7—Arcilloso de Granadillo	= 1
8—Palmira	= 1

According to the results obtained it can be stated that the soils studied contain very little available boron, the 30-60 cms. horizon being particularly low in this element.

VII— BIBLIOGRAFIA CITADA

1. **Anet, H.**— The effect of boron on plants and significance in the physiological or deficiency diseases of fruit trees. *Rev. hort. vitic. Suisse rom* 13: 214-21. 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: 106. 1948).
2. **Aristizóbal Alfonso.**— Estudio de la fertilidad de los suelos de la Estación Agrícola Experimental de Palmira. *Notas Agronómicas*.7: 1-13. 1954.
3. **Askew, H. C.** Some aspects of boron deficiency in plants. *Proc. Spec. Conf. Plant. Anim. Nutrit. Australia*. 1949: 125-9 1951. (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: 7. 1953).
4. **Boussingault, J. B.**— Recherches chimiques sur vegetation entreprises sur le but d' examiner si les plantes prenent de l' azote a l' atmosphere. *Ann Chim. Phys.* 67: 5-54. 1838.
5. **Baird, G. B.**— Some studies on the characterization of availa-

- ble soil boron. Cornell University. 113 p. 1952 (Tesis no publicada).
6. **Been-Hamin, S.**— Elementos nutrientes de las plantas. Agric. Trop. Bogotá. **11**: 313-318. 1955.
 7. **Bertrand, G.**— Distribution of boron among plant species. Ann. Agr. **11**: 1-6. 1941. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Suplemento **5º**: 11. 1944).
 8. ——— and **Silberstein.**— The distribution of boron in different parts of seed. Ann. Agron. **14**: 257-60. 1944. (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**: 120. 1948).
 9. **Bertrand G., L. Silberstein and H. de Waal.**— The distribution of B. in plants. Compt. rend. acad. agr. France. **27**: 24-27. 1941. (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**: 120. 1948).
 10. **Berger, K. C. and E. Trough.**— Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests. J. Am. Soc. Agron. **32**: 297-301. 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**: 116. 1943).
 11. **Bravo, R.**— Un método rápido de determinación de nutrientes por medio de azotobacter. Acta Agronómica. Palmira. **2**: 73-113. 1952.
 12. **Brenchley, W. E. and K. Warington.**— The roll of boron in the growth of plants. Ann Bot. (London), **41** (161): 167-187. (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**: 131. 1948).
 13. **Colwell, W. E.**— Intensified cropping to diagnose mineral element deficiencies, a method to determine relative boron contents of soils. Soil Sci. **62**: 43-49. 1946.
 14. ———.— A biological method for determining the relative boron contents of soils. Soil Sci. **56**: 71-94. 1943.
 15. ———.— And **G. O. Baker.**— Studies of boron deficiency in Idaho soils. Jour. Amer. Soc. Agron. **31**: 503-512. 1939.
 16. **Cook, R. and C. E. Millar.**— Plant nutrient deficiencies. Michigan Agr. Exp. Sta. Special bul. **353**: 46-52. 1949.

17. **Dunklee, D. E. and A. R. Midgley.**— Need and use of boron for alfalfa. *Vermon Sta. Bul.* 501: 24. 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 1: 158. 1948).
18. **Eaton, Frank M.**— Boron in soils and irrigation waters and its effects on plants with particular reference to the San Joaquin Valley of California. *U. S. Dept. Agr., Tech. Bul* 448: 131. 1935. (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: 160. 1948).
19. ————. — Deficiency, toxicity and accumulation of B in plants. *Jour. Agr. Research* 69: 237-77. 1944. (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: 161. 1948).
20. **Eaton, S. V.**— Effects of boron deficiency and excess on plants. *Plant physiol.* 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: 162. 1948).
21. **Esquivel, S.**— Influencia del boro sobre el crecimiento, desarrollo, polinización y fecundación del cacao. *Fac. de Agronomía. Palmira. Colombia.* 34 p. 1955. (Tesis no publicada).
22. **Haas, A.R.C.**— Boron in citrus trees. *Plant Physiol.* 20 (3): 423-43. 1945. (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: 174. 1948).
23. ———— and **L. J. Kloz.**— Further evidence on the necessity of boron for health in citrus. *Bot. Gaz.* 92 (1): 94-100. 1931. (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: 175. 1948).
24. **Hutcheson, T. B., and R. P. Cocks.**— Effects of boron on yield and duration of alfalfa. *Virginia polytech. Inst. (Blacksburg) Agr. Expt. Sta., Bull.* 336: 1-9. 1941. (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: 187. 1948).
25. **Majeswski, F. and W. Majewska.**— Investigations on the effect of boron on tomatoes. *Roczn. Nauk rol.* 68 A: 65-84. 1953. (Res. en Bibliography of the literature on the minor ele-

ments and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 4: 16. 1955).

26. **Martín, J. P.**— Boron deficiency symptoms in sugar cane. Hawaii. Planters Rec., 38 (1): 95-107. 1934. (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: 213-1948).
27. **Mesa Bernal, D.**— Función del boro en la vida vegetal. Agric. Trop. Bogotá 7 (2): 57-61. 1951.
28. **Mc Hargue, J. S.** and **R. K. Caifec.**— Further evidence that boron is essential for the growth of lettuce. Plant Physiol. 8 (2): 305-313. 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: 215. 1948).
29. **Mc Murtrey, Jr., J. E.**— Boron deficiency in tobacco under field conditions, J. Am. Agron. 27 (4): 271-3. 1935. (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: 218. 1948).
30. **Millar C. E.**— Soil fertilit. New York. John Willey & Sons. 436 p. 1955.
31. **Robertson, L. S.** y **Silva, F.**— El valor de los análisis de suelos. Agric. Trop. Bogotá. 9 (1): 37-39. 1953.
32. **Schulter C. E.** and **R. E. Stephenson.**— Sunflower as an indicator plant of boron deficiency in soils. J. Am. Soc. Agron. 32: 607-621. 1940.
33. **Schropp, W.**— Boron deficiency symptoms. Fors. hungsdienst, Sonderh. 16: 188-90. 1942. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutritio. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. Suplemento 5: 23. 1944).
34. **Shkol' Nik, M. Ya.** and **M. M. Steklova.**— Physiological role of boron in plants. Doklady. Akad. Nauk S. S. S. R. 77: 137-40. 1951. (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: 23. 1953).
35. **Vandecaveye, S. C.**— Biological methods of determining nutrients in soils. Diagnostic techniques for soils and crops.

Washington, The American Potash Institute. 308 p. 1948.

36. **Vladimir Ignatieff.**— El uso eficaz de los fertilizantes. Fac. Estudios Agropecuarios. (9). Washington. 228 p. 1950.
37. **Wallace, T., et al.**— The diagnosis of mineral deficiencies in plants. Nueva York. Chemical publishing Co., Inc. 107 p. 1953.
38. **Walsh, T. and J. D. Golden.**— The boron status of Irish Soils in relation to the occurrence of boron deficiency in some crops in acid and alkaline soils. Trans. Inst. Soc. Soil Sci. Comm. II & IV, 2: 167-71. 1952. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 4: 23. 1955).
39. **Zharbitskii, Z. I. and S. M. Vartapetyan.**— Effect of boron on transfer of nutrients in plants. Doklady Akad. Nauk S. S. S. R. 96: 1249-51. 1954. (Res. en Bibliography of the literature on the minor elements and their relation to plant and animal nutrition. Chilean Nitrate Educational Bureau. Nueva York. 4: 24. 1955).

A P E N D I C E

SUELOS MAIFICADOS EN EL MUNICIPIO DE CANDELARIA, (Valle) DESCRITOS POR EL ING. AGR. JOSE MARIA MOLINA CABAL EN 1943

Descripciones tomadas del informe que rindió el mencionado profesional a la Dirección del Instituto Geográfico en Diciembre del citado año. (Sólo están descritos aquí los horizontes que interesan para este trabajo.

SERIE RIO FRAILE

Horizonte A.— Marrón negro húmedo, marrón amarillento claro, seco, arcilloso liviano, de estructura fragmentaria consistencia plástica cuando húmedo, moderada, seco, regular permeabilidad, pH 6,2, ligeramente ácido, profundidad 0,40 mts.

Horizonte B1.— Amarillo pálido seco, arenoso de arena media, granos aislados consistencia floja, pH 6,0, ligeramente ácido, profundidad 0,60 mts.

Drenaje y Vegetación.— Los drenajes internos y externos son buenos. Son suelos fáciles de irrigar utilizando los ríos que cruzan el Municipio.

La vegetación natural está formada por palmas: chonta, palmita y chontaduro. Arboles altos: ceibo, guácimo, cachimbo y guayabo. Lotes aislados de guadua. Pastos naturales cortos: trenza y argentina. Leguminosas rastreras: frijolillos. Escoba.

SERIE GRANADILLO

Horizonte A.— Marrón negro húmedo y gris marrón claro, seco con pequeñas manchas marrón oscuro. Arcilloso liviano, de estructura fragmentaria y consistencia dura cuando seco y plástica, húmedo. Regular permeabilidad pH 6,9, neutro. Profundidad 0,40 mts.

Horizonte B1.— Gris oliva claro manchado de marrón amarillento fuerte, seco; franco. La estructura migajosa y consistencia friable. Muy buena permeabilidad, pH 7, 1, neutro. Profundidad 0,20 mts.

Drenaje.— Esta serie tiene semejanza con la serie Gorgona, pero se diferencia de ella en que mientras en aquella los drenajes interno y externo son buenos, lo cual ha producido una fuerte calcificación, en ésta los drenajes son malos y como está a un nivel algo más bajo que las series aledañas, las aguas permanecen sobre su superficie bastante tiempo, lo cual ha provocado la formación de un horizonte arcilloso pesado (clay-pan) a los 0,60 mts. de profundidad. Además la profundidad, textura y coloración de los horizontes es diferente en ambas series.

SERIE CANDELARIA

Horizonte A1.— Marrón negro húmedo, gris marrón seco. Franco-arcilloso. De estructura granular. Consistencia plástica cuando húmedo, seco, dura. Buena permeabilidad, pH 6,7 vecino a la neutralidad. Profundidad 0,30 mts.

Horizonte A2.— Marrón gris claro seco arcilloso. Estructura fragmentaria, consistencia dura. Mala permeabilidad, pH 6,5 vecino a la neutralidad. Profundidad 0,30 mts.

Horizonte A2.— Marrón gris claro seco arcilloso. Estructura fragmentaria, consistencia dura. Mala permeabilidad, pH 6,5 vecino a la neutralidad. Profundidad 0,30 mts.

Drenaje y Vegetación.— El drenaje externo es bueno y regular el interno. Son tierras fáciles de irrigar utilizando las aguas de los ríos Bolo y Párraga.

La vegetación natural está formada por árboles altos: chiminango, espino de mono, guácimo y cachimbo. Manchas aisladas de guadua y monte alto. Pastos naturales cortos: argentina, trenza. Leguminosas rastreras: frijolillo. Tabaquillo y en las zonas pantanosas (orillas de los zanjones): juncos.

La descripción de las siguientes series fue hecha por Aristizábal (2).

FRANCO ARCILLOSO DEL VALLE

0.0 - 0,25 mts.— Franco arcilloso; estructura grano grande de 0,5

a 1,0 cms.; consistencia plástica moderada (H); permeabilidad regular; color gris marrón oscura (H) (10YR-2/2); no reacciona con HCl.

0,25 - 0,50 mts.— Franco arcilloso; estructura fragmentos hasta de 3 cms.; consistencia plástica moderada (H); permeabilidad regular; color gris marrón negro (10YR-2 2-2/1); no reacciona con HCl.

0,50 - 0,55 mts.—Pequeña transición franco limoso gris marrón oscuro con abundantes manchas marrón amarillento; sí reacciona con HCl. pH 6,60.

ARCILLOSO DEL FERROCARRIL

0,0 - 0,30 mts.— Arcilloso; estructura fragmentos de 2 cms.; consistencia plástica pesada en húmedo; poco permeable; color gris marrón oscura (H) (10YR-3/1-2/2); no reacción con HCl.

0,30 - 0,70 mts.— Arcilloso; estructura prismas verticales (5x5x 10); consistencia plástica dura (H); poco permeable; color gris marrón negro (H) (10YR-2/2); no reacción con HCl. pH 6,8.

ARCILLOSO DE PALMIRA

0,0 - 0,20 mts.— Arcilloso liviano a franco arcilloso; estructura de fragmentos redondeados de 1-2 cms.; consistencia plástica pesada en húmedo; poco permeable; color gris marrón oscuro (H) (10YR-3/1 -2/2) no reacción con HCl.

0,20 - 0,50 mts.— Arcilloso; estructura prismas verticales pequeños (2 x 3 x 4 cms.); consistencia plástica dura (H) poco permeable; color gris marrón negro (H) (10YR3/1 - 2/1); no reacción con HCl.

0,50 - 0,70 mts.— Arcilloso; estructura fragmentos 2-3 cms.; consistencia plástica pesada (H); poco permeable; concreciones calcáreas; color marrón amarillento (25Y-5/4-5/6) con abundantes notas gris marrón oscuro (10YR-3/1); sí reacción con HCl pH 7,05.

FRANCO ARCILLOSO DE ESTACION PALMIRA

0,0 - 0,15 mts.— Franco arcilloso a arcilloso liviano; estructura de grano grande (0,5-1,0 cms.); consistencia blanda en húmedo, algo pegajosa; regular permeabilidad; color gris marrón oscuro (H) (10YR-3/1); no reacción con HCl.

0,15 - 0,40 mts.— Arcilloso; estructura de fragmentos de 2 cms.; consistencia moderada en húmedo, algo plástica; permeabilidad baja; color gris marrón muy oscuro en húmedo (10YR-2/2); no reacción con HCl.

0,40 - 0,60 mts.— Horizonte de transición; arcilloso liviano a franco limoso pesado; estructura tendencia a fragmentos; consistencia moderada a blanda en húmedo; permeabilidad regular; color marrón amarillento verdoso (25Y-4/4) con abundantes notas gris marrón muy oscuro (10YR-2/2); concreciones aisladas de cal; sí reacción con HCl en todo el horizonte. pH 6,30.