

LA DEFICIENCIA DE BORO EN EL CAFETO Y SU CONTROL

Germán Valencia A.*

INTRODUCCION

El papel que desempeña el boro en la planta no está todavía completamente definido, pero su esencialidad en las plantas superiores ha sido suficientemente comprobada. Su importancia en la fisiología vegetal es bien conocida por sus manifestaciones en el crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas superiores (6, 15).

La descripción de síntomas o manifestaciones de falta de boro en el café es muy variada y los autores no siempre han estado de acuerdo al señalar su sintomatología.

Varios investigadores (1, 2, 4, 11, 15) coinciden en afirmar que en las hojas adultas hay un crecimiento suberoso (formación de corcho) en las nervaduras y una clorosis típica que se inicia en el ápice de dichas hojas; sin embargo, Müller (12) afirma que esta clorosis es ocasional e igual a la que se presenta en deficiencia del calcio. Malavolta (9) en cambio sostiene que en deficiencia de boro en café no existe una marcada decoloración en las hojas y que éstas son generalmente menores, estrechas, retorcidas con bordes irregulares.

Otros síntomas atribuidos a la deficiencia del boro son: hojas de consistencia coriácea (1, 2, 4, 15); pérdida del brillo natural de las hojas (1, 12); aparición de puntos necróticos cafés en las hojas

*Asistente de la Sección de Fisiología del Centro Nacional de Investigaciones de Café. Chinchind, Colombia.

tiernas (4, 8, 11, 15), síntoma este último que Müller (12) atribuye a carencia de calcio.

La muerte del ápice vegetativo ha sido incluida por casi todos los investigadores entre los síntomas de que venimos hablando y que aparecen no solo en café sino en otras plantas, la que trae como consecuencia el detenimiento o retraso del crecimiento y la formación de una especie de abanico por la proliferación de brotes subterminales en el cafeto. En esta planta, donde la producción está en relación con el crecimiento anterior, este síntoma es mucho más grave desde el punto de vista de los rendimientos; prueba de ello puede ser el aumento hasta del 285% en producción logrado según González (5) en algunas regiones de Costa Rica un año después de la aplicación de boro, datos que se obtuvieron con base en producciones de 2 fanegadas por manzana (36 arrobas por cuadra).

Pérez (15) por su parte dice que la deficiencia de boro se hace más perceptible al comienzo del período lluvioso, lo cual parece debido a que durante el período seco se produce en el suelo una disminución de boro asimilable y el aprovechamiento de ese elemento por parte de la planta está en relación directa con un buen contenido de agua en el suelo.

La composición química de las hojas de café con síntomas de deficiencia de boro fué normal con respecto a los demás elementos (1); sin embargo Pérez (15) dice que cuando falta boro hay menor absorción de nitratos y de calcio y Müller (12) sostiene que una baja cantidad de boro en la planta afecta la absorción y utilización del calcio.

Para corregir la deficiencia se han sugerido diversos métodos; en Costa Rica, donde es muy común esta deficiencia, recomiendan (4, 12) aplicaciones de boratos de sodio o de calcio al suelo en cantidades que van de $\frac{1}{2}$ a 5 onzas (16-160 grs de bórax) por mata de 3 años. En otros países se usan de 20 a 80 lbs de borato por manzana (10-40 kgs por manzana) en aplicaciones al suelo según González (4). Igualmente recomiendan atomizaciones al follaje de 1 a 4 lbs de bórax, mas igual cantidad de cal apagada para 100 galones de agua (1.3 a 5.2 % de bórax).

La toxicidad provocada por el boro puede ocurrir según Jones (7) en suelos muy ácidos o de poco calcio disponible. González (5) anota que la cantidad de boro que resulta conveniente aplicar al café causaría la muerte a otras plantas y según Müller (12) la mencionada toxicidad se produce a concentraciones mayores de 150-200 ppm y según Pérez (15) a más de 200 ppm en hojas adultas. Así mismo cuando se abo-

na con boro no debe esperarse una respuesta a corto plazo, es decir, antes de 2-3 meses según González (5) o de 10 meses según Pérez (16), éste observó sin embargo un aumento del contenido foliar de boro después de seis semanas.

La toxicidad del boro disminuye al aumentar la concentración de calcio pero aumenta aquella si se aumenta la concentración de potasio en el medio (18). Por otra parte la deficiencia de boro puede agravarse si se aumenta en el substrato la concentración de potasio (18, 21) o de potasio y calcio (17, 18); usando en exceso materiales alcalinos Middgley (10) dice que se provoca la fijación de boratos en el suelo.

Los síntomas que de acuerdo con los autores estudiados podían atribuirse a deficiencia de boro en el cafeto, se han manifestado en los últimos años con mayor frecuencia e intensidad en nuestros cafetales en diferentes series de suelos y aparentemente en plantaciones donde el programa de fertilización con fórmulas de alto contenido de potasio lleva varios años. Con el fin de obtener información sobre la cantidad del elemento boro que debe aplicarse en café para controlar la aparición de dichos síntomas, se realizó este experimento en Cenicafé.

MATERIALES Y METODOS

Los síntomas de deficiencia de boro tales como deformación de hojas, clorosis del extremo apical de la hoja, suberización de nervaduras en las hojas adultas, puntos necróticos en las hojas tiernas (en desarrollo), muerte de la yema terminal y desarrollo de yemas subterminales, que aparecían en cafetos adultos pertenecientes a una plantación a libre crecimiento y bajo sombra, trataron de controlarse mediante aplicación de bórax al suelo.

Los tratamientos a tres cafetos por parcela en seis replicaciones fueron: 0, 5.5, 11.0, 22.0, 33.0 gramos de boro por cafeto, mediante aplicación de 0, 50, 100, 200 y 300 gramos de bórax, cantidades éstas que se dividieron para aplicar en dos épocas: una mitad en abril y el resto en septiembre de 1962. El diseño usado fue el de bloques al azar y para el análisis estadístico corriente se consideró un "split plot" con las dosis de boro como parcelas principales y las épocas de muestreo como subparcelas.

El suelo en que crecían los árboles de este experimento corresponde a la serie 20 (Chec) diferente de la serie 10 (Chinchi-

ná) por su contenido de piedras principalmente. Es un suelo franco arenoso con pH de 5.5 en los primeros 40 cms y un 10% de materia orgánica aproximadamente. Proviene de cenizas volcánicas, roca volcánica y material coluvial. El perfil presenta abundantes piedras de diferentes formas y tamaños, las cuales afloran a la superficie en muchos sitios.

Por medio de análisis foliares de muestras tomadas cada 2 meses se determinó el efecto de los tratamientos y su duración no solo sobre el contenido de boro de las hojas sino también sobre los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y cenizas. Se hicieron también recuentos de brotes terminales muertos en los árboles del estudio con intervalos de 2 y 4 meses.

RESULTADOS

En el estudio estadístico de los contenidos minerales en las hojas de los seis muestreos efectuados se encontró que el contenido foliar de boro aumenta en todas las épocas con el aumento de la cantidad de bórax aplicado al suelo. En el Cuadro 1 representado en el gráfico 1 aparecen los niveles de boro logrados. El Gráfico 2 trae el contenido foliar promedio de boro para los diferentes tratamientos, donde se aprecia que la relación entre estas dos variables puede representarse tanto por ecuaciones de primero como de segundo grado.

Los demás minerales analizados en los muestreos de hojas efectuados permanecieron sin variación por efecto de las aplicaciones de boro y solo se notó en los muestreos tercero y cuarto una tendencia lineal al aumento del nivel de calcio en la hoja con las aplicaciones de bórax.

Con base en los pesos equivalentes de los elementos calcio y boro se calculó (Cuadro 1) la interesante relación Ca/B como lo hace Jones (7), pues se sabe que existe cierto balance entre ellos por su asociación en las actividades metabólicas (18) y para un desarrollo normal de la planta (7).

En el gráfico 1 se representa también la cantidad de agua retenida por el suelo en el mes anterior al mes en que se hizo el correspondiente muestreo de hojas; estos datos* pertenecen a un predio de escorrentía ubicado en la serie Chec en un cafetal bajo sombra y sometido a prácticas culturales similares a las que se realizaban en el presente experi-

* Datos del predio de escorrentía No 16 suministrados por la Sección de Conservación de Suelos de este Centro.

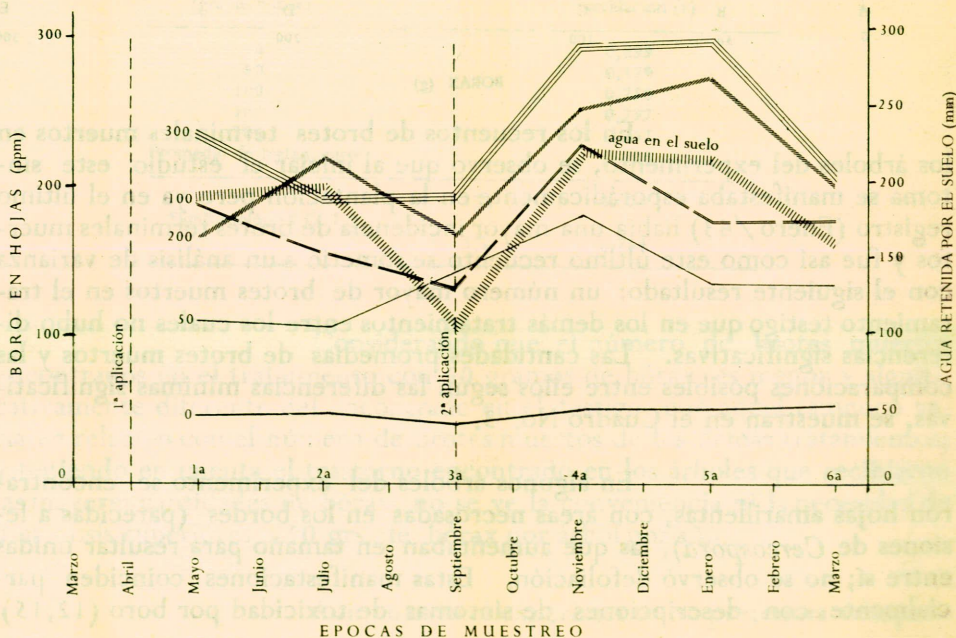
mento. Se estudió la relación entre la cantidad de boro encontrada en la hoja para cada tratamiento y la cantidad de agua retenida por el suelo en el mes anterior al del muestreo porque parecía lógico que dicha agua afectaría la absorción del boro por la planta en la época en que estaba en formación el cuarto par de hojas que serviría para el análisis y evaluación del efecto de los tratamientos.

Cuadro. 1 Niveles foliares de boro (ppm) en base seca. Relación calcio/boro.

MEDIA TOTAL DE TRATAMIENTOS								
Tratamientos (grs de bórax)	Mayo/62	Julio/62	Septbre/62	Novbre/62	Enero/63	Marzo/63	Promedio Tratamientos	Relación Ca/B
0	47,00	47,33	41,50	48,00	48,00	48,67	46,75	125,7
50	109,33	105,00	137,67	176,67	131,33	131,33	131,89	42,6
100	188,00	152,00	129,00	222,67	172,33	173,00	172,80	35,0
200	164,33	212,67	162,00	249,33	266,67	198,00	208,83	30,9
300	233,33	189,33	186,00	285,33	290,00	203,33	231,22	28,0
Promedio Epocas	148,40	141,27	131,23	196,40	181,67	150,87		
D. M. S. 1%	99,13	114,33	90,65	72,64	99,18	84,33		
(entre tratam.) 5%	72,68	83,83	66,47	53,26	72,72	61,83		

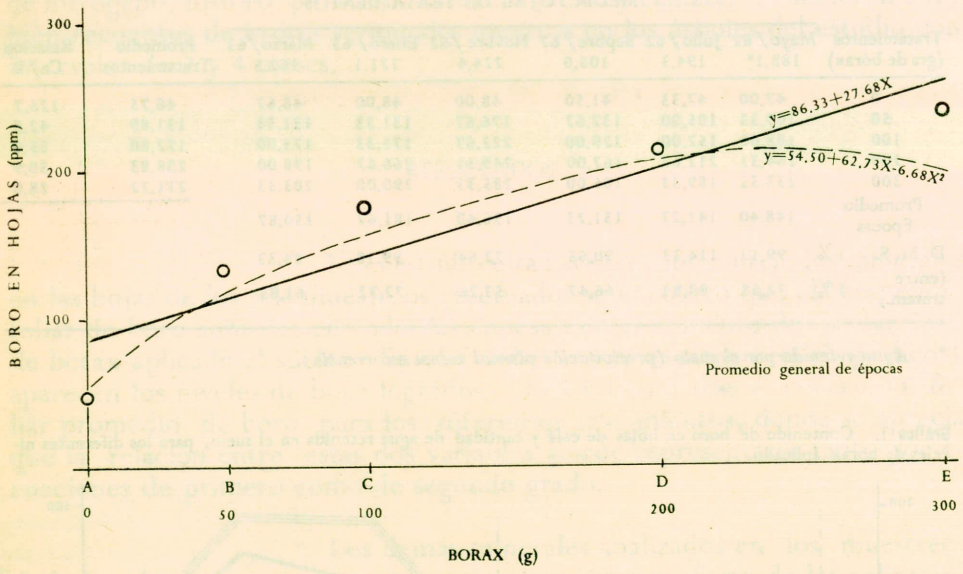
* Agua retenida por el suelo (precipitación pluvial menos escorrentia).

Gráfico 1. Contenido de boro en hojas de café y cantidad de agua retenida en el suelo, para los diferentes niveles de borax aplicado.



Los coeficientes de correlación (r) que trae el cuadro 2, muestran que solamente el tratamiento de 50 grs de bórax tiene un valor muy bajo posiblemente debido a que el contenido de boro encontrado en las hojas en el tercer muestreo (gráfico 1) es inesperadamente alto y afecta la aparente correlación que podría existir entre la cantidad de agua retenida por el suelo y los demás muestreos de este mismo tratamiento.

Gráfico 2. Respuesta a la aplicaciones de boro (promedio de niveles foliares en los muestreos).



En los recuentos de brotes terminales muertos en los árboles del experimento, se observó que al iniciar el estudio este síntoma se manifestaba esporádicamente en la plantación pero ya en el último registro (Enero/63) había una mayor incidencia de brotes terminales muertos y fue así como este último recuento se sometió a un análisis de varianza con el siguiente resultado: un número mayor de brotes muertos en el tratamiento testigo que en los demás tratamientos entre los cuales no hubo diferencias significativas. Las cantidades promedias de brotes muertos y las comparaciones posibles entre ellos según las diferencias mínimas significativas, se muestran en el Cuadro No. 3.

En algunos árboles del experimento se encontraron hojas amarillentas, con áreas necrosadas en los bordes (parecidas a lesiones de *Cercospora*), las que aumentaban en tamaño para resultar unidas entre sí; no se observó defoliación. Estas manifestaciones coinciden parcialmente con descripciones de síntomas de toxicidad por boro (12,15).

Ciertamente, de 23 árboles encontrados con este trastorno, 10 habían recibido 300 grs de bórax, 9 habían sido tratados con 200 grs de bórax, 3 pertenecían al tratamiento de 100 grs de bórax y 1 árbol había recibido 50 grs de bórax.

DISCUSION

Las aplicaciones de boro no corrigen los síntomas de deficiencia de boro; puesto que el daño que sufre el tejido formado en presencia de baja disponibilidad de este elemento es inmodificable, así, después de una aplicación de bórax se encuentran hojas con los síntomas de deficiencia y con altos contenidos de boro. El efecto de los tratamientos en estudio se notó en las nuevas formaciones de tejidos, de donde se ve la necesidad de las mencionadas aplicaciones del elemento para prevenir la aparición de síntomas que como el de la muerte de la punta de la rama, uno de los más graves en café, reduce su frecuencia de aparición aún con la dosis más baja usada en este estudio (50 grs de bórax por árbol por año).

Cuadro. 2 Correlación entre el boro en las hojas y el agua en el suelo para los diferentes tratamientos.

Tratamientos (grs de bórax)		Coefficiente de correlación (r)
0		0,899
50		0,179
100		0,750
200		0,797
300		0,787
Promedio de tratamientos		0,808
	1%	0.874
Significación (5 G. L.)	5%	0.754

Considerando que el número de brotes muertos encontrados en el tratamiento con 50 gramos de bórax es menor y significativamente diferente del encontrado en el testigo; que aquel tampoco varía en relación con el número de brotes muertos de los demás tratamientos; y teniendo en cuenta el trastorno encontrado en los árboles que recibieron las mayores cantidades de bórax, no se ve la conveniencia ni la necesidad de usar dosis superiores a 50 grs de bórax por árbol por año.

Aún cuando el experimento no pretendía compro-

bar las manifestaciones de deficiencia de boro en el cafeto, es un hecho incontrovertible que en las plantas tratadas con boro se redujo la ocurrencia de dichas manifestaciones mientras el contenido foliar de boro aumentaba y los otros elementos analizados permanecían prácticamente invariables, lo que parece indicar que el boro es absorbido por la planta sin ninguna aparente limitación hasta provocar trastornos por toxicidad.

Cuadro. 3 Comparación de tratamientos por promedio de brotes muertos en el último registro. (enero 63).

Tratamientos (grs de bórax)	Promedio Brotes Muertos
0	4.00
50	0.80
100	0.60
200	1.60
300	0.40
	5%
D. M. S.	1.61
	1%
	2.19

Considerando los niveles de boro obtenidos y su correlación con la precipitación, por ser esta la que determina el agua en el suelo, se observa que con la aplicación hecha en la época lluviosa de abril aquellos niveles habían aumentado notablemente un mes más tarde, quizás por una oportuna disponibilidad del elemento con la presencia de las lluvias y ante una aguda deficiencia; con la aplicación hecha en septiembre, algún efecto residual de la primera aplicación y la influencia de las lluvias se alcanzaron posteriormente niveles tan altos que llegaron a ser tóxicos para la planta. En los cinco meses transcurridos entre las dos aplicaciones y a pesar de la época seca presentada, los niveles de boro en la hoja no alcanzaron a ser de deficiencia.

En el gráficos 1 se puede apreciar que a mayor cantidad de agua en el suelo hay mayor absorción de boro en las plantas que recibieron las mayores dosis experimentales y que el descenso fuerte que muestran entre el quinto y sexto muestreos los tratamientos de 200 y 300 grs de bórax se debe a posible lixiviación de un exceso de elemento aplicado en esos tratamientos. La lixiviación si ocurre, aunque como dice Olarte (14), el exceso de boro en el suelo se lixivia menos fácilmente que los cloruros y sulfatos.

En el último muestreo, realizado seis meses después de la segunda aplicación de bórax, es importante notar que los contenidos de boro tienden a conservarse en niveles entre 100 y 200 ppm, lo

que puede ser indicativo de que el suelo ha retenido una cantidad de boro que bien puede considerarse suficiente para suplir las necesidades del café durante un tiempo superior a los seis meses.

Si se comparan los valores de la relación Ca/B (Cuadro 1) con los que trae Jones (7) para otros cultivos:

tabaco	relación	Ca/B	1.200,
soya	relación	Ca/B	\pm 500,
remolacha	relación	Ca/B	\pm 100,

vemos que el café es menos susceptible a la toxicidad por boro, o lo que es lo mismo, es más exigente en boro, lo cual parece confirmar que "la cantidad de boro que resulta conveniente aplicar al café causaría la muerte de otras plantas" (5). Sin embargo Pérez (16) trae para esa relación en café valores entre 60 y 2500 para indicar toxicidad y deficiencia de boro respectivamente. Estas discrepancias quizás encuentren explicación en las diferencias de pH que parecen existir entre los suelos de la serie 10 (pH aproximado 5.5) y los de Costa Rica, los que según Dondoli (3) están entre 5.8 y 6.1 de pH aproximado, puesto que Jones (7) dice que en suelos ácidos la tolerancia de la planta al boro disminuye y Scharrer, citado por Olarte (14), sostiene que la fijación del boro aumenta proporcionalmente con el pH.

CONCLUSIONES

1. Los síntomas visuales más comunes que trataron de ser controlados mediante suministro de boro al suelo mostraron evidentemente menor frecuencia de aparición en los árboles tratados con boro.
2. Por medio de aplicaciones de bórax como fuente de boro al suelo, no se corrigen las manifestaciones de deficiencia de este elemento, pero si puede prevenirse su ocurrencia o presentación, como quedó demostrado en el caso de la muerte de las yemas terminales de la rama (Cuadro 3).
3. Para prevenir las manifestaciones de la deficiencia de boro en plantaciones adultas puede recomendarse una aplicación al año de 20 grs de bórax planta; y para evitar que una vez presentados los síntomas se hagan éstos cada vez más graves pueden aplicarse hasta 50 grs divididos en dos aplicaciones en el primer año y en los años siguientes como en el primer caso.
4. Como nuestros cafetales pueden corrientemente ser considerados de-

ficientes en boro es posible que se obtenga una buena respuesta en producción con las aplicaciones de bórax, por lo que es aconsejable continuar los estudios sobre el problema del boro en la fisiología del cafeto.

RESUMEN

Los síntomas visuales muy generalizados y poco atendidos, atribuidos a falta de boro en el cafeto, tales como deformación de hojas, clorosis del extremo apical de la hoja, suberización de nervaduras en las hojas adultas, puntos necróticos en hojas en desarrollo (tiernas), muerte de la yema terminal y desarrollo de yemas subterminales, trataron de controlarse con aplicaciones de bórax al suelo en cantidades de 0, 50, 100, 200 y 300 grs por planta.

Por medio de análisis de hojas se encontró un aumento del nivel foliar de boro desde las dosis más bajas hasta llegar a manifestarse perjudicial en las dosis más altas. En el último registro de muerte de la yema terminal de la rama que es el síntoma más serio en el cafeto, se encontró una diferencia significativa entre el número promedio de yemas muertas en los árboles del testigos y el promedio de los árboles tratados con bórax; el promedio de yemas muertas fué de 4.0, 0.80, 0.60, 1.60, 0.40 para el testigo y los tratamientos de 50, 100, 200 y 300 grs de bórax por árbol por año respectivamente.

Se encontró además una correlación positiva entre el nivel foliar de boro y la cantidad de agua retenida por el suelo. Se calculó además la relación Ca B en base a los pesos equivalentes de los elementos y se recomiendan aplicaciones desde 20 hasta 50 grs de bórax por cafeto por año según la gravedad de las manifestaciones de la deficiencia, con lo cual es posible que se consigan aumentos en producción.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CARVAJAL C., J. F. Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en plantas de café (*Coffea arabica* var typica). Revista de Biología Tropical 8(2):165-179. 1960.
- 2.- COFFEE BOARD OF KENYA. An atlas of coffee pests and diseases. Nairobi, 1961. 145 p.
- 3.- DONDOLI B., C. & TORRES M., J. A. Estudio geoagronómico de la región oriental de la Meseta Central. San José, C. R., Ministerio de Agricultura e Industrias, 1954. 180 p.
- 4.- GONZALEZ, C. A. & CAMACHO, C. Síntomas de la deficiencia de boro en el cafeto; informe preliminar. San José, C. R., Ministerio de Agricultura e Industrias, Boletín Técnico no. 11. 1952. 11 p.

- 5.- _____ & OTROS. El abonamiento del café; informe divulgativo de los resultados de las investigaciones en progreso periodo enero 1950 - julio 1953. Suelo Tico (Costa Rica) 7(29):144-166. 1953.
- 6.- JOHRI, B. M. & VASIL, I. K. Physiology of pollen. Botanical Review 27(3):325-381. 1961.
- 7.- JONES, H. E. & SCARSETH, G. D. The calcium-boron balance in plants on related to boron needs. Soil Science 57(1):15 - 24. 1944
- 8.- LOUË, A. Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in Ivory Coast. Berne, Switzerland, International Potash Institute, 1957. 68 p.
- 9.- MALAVOLTA, E. & OTHERS. On the mineral nutrition of some tropical crops. Berne, Switzerland, International Potash Institute, 1962. 155 p.
- 10.- MIDGLEY, A. R. & DUNKLEE, D. E. The effect of lime on the fixation of borates in soils. Soil Science Society of America. Proceedings 4:302-307. 1939.
- 11.- MOWRY, H. Minor element deficiencies in coffee in Costa Rica. Foreign Agriculture 17(5):93-96. 1953.
- 12.- MULLER, L. E. Algunas deficiencias minerales comunes en el café (*Coffea arabica* L.). Turrialba, C. R., Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Boletín Técnico no. 4 1959. 40 p.
- 13.- O'KELLEY, C. J. Boron effects on growth, oxygen uptake and sugar absorption by germinating pollen. American Journal of Botany 44(3):239-244. 1957.
- 14.- OLARTE, LUIS, I. & MOTTA, S. B. Deficiencia de boro en algunos suelos del Valle del Cauca. Publicación IT - 10. Departamento agrológico - Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Bogotá, 1961. 27 p.
- 15.- PEREZ S., V. M. Algunas deficiencias minerales del café en Costa Rica. San José, C. R., Ministerio de Agricultura, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola (STICA), Información no. 2 1957. 27 p.
- 16.- PEREZ S., V. M., CHAVERRI, G. & BORNEMISZA, E. Algunos aspectos del abonamiento del café con boro y calcio en las condiciones de la Meseta Central de Costa Rica. San José, C. R., Ministerio de Agricultura, Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola (STICA), Información Técnica no. 1 1956. 13 p.
- 17.- PURVIS, E. R. The present status of boron in american agriculture. Soil Science Society of America. Proceedings 4:316:321. 1939
- 18.- REEVE, E. & SHIVE, J. W. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. Soil Science 57(1):1-14. 1944.
- 19.- SKOK, J. Relationship of boron nutrition to radiosensitivity of sunflower plants. Plant Physiology 32(6):648-658. 1957.
- 20.- WEISER, C. J., BLANEY, L. T. & LI, P. The question of boron and sugar translocation in plants. Physiologia Plantarum 17(3):589-599. 1964.
- 21.- WOODRUF, C. M. & OTROS. Como se produce la deficiencia en boro por acción del potasio en la soja. Inglaterra, Publicación del "Tiro de 20 mulas". El boro en la agricultura, Boletín trimestral de resúmenes no. 52. 1961. pp. 3 - 5.