Agronomía Costarricense 22(1): 19-26. 1998

RESPUESTA DEL CAFETO A LA APLICACION DE DOSIS DE BORO AL SUELO EN DOS Y TRES EPOCAS, EN ANDISOLES DE HEREDIA, COSTA RICA[1]

*Jorge E. Ramírez**

RESUMEN

En una plantación de cv. Caturra de 4 años de edad, ubicado en un Dystric Huplustand de Heredia, Costa Rica, se evaluó el efecto de dosis crecientes de B, aplicadas al suelo en 2 y 3 épocas, sobre la producción de café. También se determinó el contenido de B en el suelo y las hojas, y la relación Ca/B por tratamiento. Además, se realizó una evaluación de campo para medir la toxicidad inducida por las dosis. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamiento evaluados. La mayor producción se obtuvo con la aplicación de 40 kg/ha de B_2O_3 fraccionado en 3 épocas, mayo, agosto y noviembre. La producción decreció cuando se aumentaron las dosis a partir de 40 kg. La producción aumentó cuando se aplicó B al final del período lluvioso. El uso de dosis crecientes de B desplazó la relación Ca/B hacia valores indicativos de toxicidad. Todos los tratamientos indujeron algún grado de toxicidad, excepto la aplicación de 20 kg/ha de B_2O_3.

ABSTRACT

The response of coffee trees to doses of Boron soil applications two or three times a year in Andisols at Heredia, Costa Rica. The effect on coffee production of increasing boron doses, applied to the soil two or three times a year, was tested in a 4 year-old plantation, cv. Caturra, growing in an Typic Haplustand at Heredia, Costa Rica, from 1991 to 1994. The effects on B content in soil and leaves (2nd or 4th pair), the Ca/B ratios, and toxicity symptoms, were also determined. There were significant differences among treatments in all variables. The highest yields were obtained with 40 kg/ha B_2O_3 split into three applications: May, August and November (early, mid and late rainy season). Yields of four annual harvest periods decreased significantly as doses increased over 40 kg/ha. Increasing B doses shifted Ca/B foliar ratios toward values reported as toxic, and more so in the 4th leaf pair. All treatments except 20 kg/ha B_2O_3 induced slight to severe toxicity symptoms on leaves.

INTRODUCCION

La relación del boro con la producción del cafeto se vincula con su papel en varios eventos fisiológicos del ciclo productivo de la planta (Farrera 1974, Phophete 1965). La función del B en los procesos de iniciación y crecimiento del tejido productivo del cafeto, a través de su participación en la actividad meristemática y el transporte de carbohidratos, lo sitúa como un micronutriente esencial en la nutrición mineral del cultivo (Carvajal 1984, Farrera 1974, Mburu et al. 1991, Phophete 1965, Ramírez 1993).

Bornemisza (1988) señala que comúnmente el B soluble en agua permite estimar el B disponible para el cafeto y que el ámbito frecuente en el suelo en esta condición oscila entre

1/ Recibido para publicación el 29 de julio de 1996.
* Convenio ICAFE-MAG, Apartado Postal 396-3000 Heredia, Costa Rica.

0.01 y 5 ppm, lo cual coincide con los datos aportados por otros autores (Rímolo 1970, García et al. 1982, Ramírez 1992).

La disponibilidad de B en el suelo depende de factores como la textura, el pH, el contenido de materia orgánica y la humedad. El encalado, como complemento de los programas de fertilización, también se relaciona con la disponibilidad de B, pues se produce mayor adsorción del elemento a valores altos de pH (Bornemisza 1988, Carvajal 1984, Farrera 1974, Mburu et al. 1991, Rímolo 1970, Sivaraman 1989, Valencia 1964, Valencia et al. 1968).

Según Rímolo (1970), los suelos arcillosos presentan una mayor adsorción de B debido a que este elemento puede reaccionar con la superficie de las arcillas y ser fuertemente retenido por estas. Este autor también destaca la mayor movilidad del B respecto a otros microelementos, especialmente en suelos de textura gruesa. Sivaraman et al. (1989) detectaron correlación negativa del B respecto al encalado y el pH, y correlación positiva con el porcentaje de materia orgánica. Una considerable proporción del B es retenida o fijada por la materia orgánica del suelo, de donde el B es liberado gradualmente por efecto de la descomposición microbiana (Rímolo 1970). En Brasil, García et al. (1982) determinaron bajos contenidos de B en diferentes tipos de suelos, que en común presentan bajo porcentaje de materia orgánica.

Los estudios de Mburu et al. (1991) en Kenya y Ramírez (1992) en Costa Rica confirman el efecto de la humedad del suelo sobre la disponibilidad de B. Los resultados mostrados por estos autores, indican que los contenidos de B durante la época seca son bajos, y se incrementan notablemente en condiciones de mayor humedad en los suelos. Rímolo (1970) señala que el efecto en la disminución del B disponible en el suelo, causado por el déficit hídrico, es similar al ocasionado por el aumento en el pH y el encalado.

El cociente Ca/B es un dato importante a considerar, al determinar el efecto de la aplicación de dosis de B sobre los niveles de suficiencia y toxicidad (Farrera 1974, Mburu et al. 1991 Rímolo 1970, Sivaraman et al. 1989, Valencia 1964, Valencia, 1968). Según Valencia (1964) el balance Ca/B es relevante, ya que ambos participan en asociación sobre las actividades metabólicas de las plantas. Este mismo autor encontró que la relación Ca/B disminuye casi a la mitad cuando se aplican 50 g/planta de bórax, respecto a la no aplicación (Valencia 1968).

Pérez et al. (1956) propusieron límites tentativos para el cociente Ca/B en las hojas del cafeto, definido entre los ámbitos siguientes: deficiente de 400-2500, normal de 60-400 y tóxico con valores inferiores a 60.

Ramírez (1993) cita a otros autores para describir la toxicidad de B en el cafeto como una clorosis que se inicia en el borde y avanza hacia el centro de la hoja, mientras que la parte no afectada permanece siempre de color verde oscuro. En las áreas que inicialmente eran cloróticas, se observan posteriormente zonas de tejido necrosado. Según Valencia (1975), este síntoma final se asemeja a veces a los daños causados por la deficiencia severa de K, con la diferencia de que en ésta no se observa la clorosis inicial de los bordes irregulares. También puede llegar a confundirse con la sintomatología de la deficiencia de Mg, pero en ésta la clorosis es de bordes regulares y no se presentan las zonas de tejidos necrosados.

A pesar de la importancia del B en la fisiología del cafeto, este elemento es requerido en cantidades relativamente pequeñas respecto a otros nutrimentos. Estudios realizados en Costa Rica, Colombia, El Salvador y Guatemala (Pérez et al. 1956, Valencia 1964, 1968, García 1980, Mendoza 1989) han evaluado el efecto de la fertilización con B, en dosis desde 0.76 hasta 33.0 g de B por cafeto al año. No obstante solamente en Costa Rica se hace referencia a registros de producción en dos períodos de cosecha para la evaluación de tratamientos.

Chaverri et al. (citados por Ramírez 1993) señalan como deficiencia el contenido de B foliar hasta 40 ppm, nivel crítico entre 40 y 60 ppm y normal entre 60 y 100 ppm. También indican que cuando se alcanza 200 ppm de B, las hojas del cafeto manifiestan síntomas de toxicidad.

García (1980) encontró que 5.0 g de B/cafeto mantuvo niveles adecuados del elemento en la hoja, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Valencia (1964), que señalan la dosis

de 5.5 g de B/cafeto/año como la más recomendable para aplicar en condiciones de deficiencia. Mendoza (1989) determinó que la dosis de 10 g de B elemental por planta al suelo, es la que mejor llena las demandas del cafeto.

En Costa Rica el B se aplica por lo general como parte de las denominadas "fórmulas cafetaleras", que consisten en fertilizantes completos como el 18-5-15-6-2, donde el último número se refiere al % de B_2O_3. Es común el uso de 1000 kg/ha de este fertilizante, lo que representa 20 kg de B_2O_3/ha/año.

Los conocimientos actuales establecen criterios bastante definidos sobre el papel del B en la fisiología del cafeto, los factores que rigen la disponibilidad del elemento en el suelo, y las relaciones suelo/planta. Sin embargo, no hay información suficiente en relación con la respuesta a la fertilización con B sobre la producción, y la posibilidad de ajustar dosis y épocas de aplicación del elemento en sistemas de cultivo intensivo y altamente tecnificado.

Con base en estas consideraciones, se estableció un experimento para determinar la respuesta productiva del cafeto a la fertilización con dosis de B aplicadas en diferentes épocas. También se estudió la variación en el contenido del elemento en el suelo y las hojas, así como la relación Ca/B en respuesta a los tratamientos. Adicionalmente, se realizaron evaluaciones de campo para determinar el grado de toxicidad inducida por efecto de las dosis aplicadas.

MATERIALES Y METODOS

Localización del estudio

El experimento se realizó en la finca de la Federación de Cooperativas de Caficultores (FEDECOOP R.L.), ubicada en el distrito de San Joaquín, cantón de Flores, provincia de Heredia; a una elevación de 1054 msnm, con precipitación anual promedio de 2125 mm, temperatura promedio de 21°C y un suelo que clasifica como Dystric Haplustand. La plantación está conformada por el cultivar Caturra, de 4 años de edad al inicio de la prueba, con distancia de siembra de 1.68 m entre hileras y 0.84 m entre plantas (7080 plantas/ha), manejado con sombra regulada de *Erythrina fusca,* y poda sistemática de cafetos en ciclos por hileras a 4 años a partir de 1991. El estudio se inició en mayo de 1990 y concluyó en agosto de 1994.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 14 tratamientos y 3 repeticiones, con arreglo factorial 4 x 3, un tratamiento convencional y un testigo. El número de plantas de la parcela total por unidad experimental fue de 48 y la parcela útil de 24 plantas. El total de plantas en el ensayo fue de 2016.

Tratamientos

Consistieron en la aplicación de 40, 80, 120 y 160 kg de B_2O_3/ha/año al suelo, fraccionados en 2 y 3 épocas para cada dosis (mayo y agosto, agosto y noviembre, mayo, agosto y noviembre), y un tratamiento convencional con 20 kg B_2O_3 distribuido en mayo y agosto. La fertilización básica utilizada en el lote experimental consistió en la aplicación anual de 300 kg de N/ha (en 3 épocas), 50 kg de P_2O_5/ha (en una época), 150 kg de K_2O/ha (en 2 épocas) y 60 kg de MgO/ha (en 2 épocas) con fuentes convencionales. En marzo de 1990 se aplicaron 1500 kg de $CaCO_3$/ha.

Muestreo y análisis

Las muestras de suelo se tomaron a la profundidad de 0 a 20 cm; se realizaron 3 muestreos, uno por año por unidad experimental. Los muestreos foliares se realizaron en 3 épocas, previo a las aplicaciones, en los meses de mayo, agosto y noviembre, y se tomaron muestras del segundo y del cuarto par de hojas.

Las determinaciones se llevaron a cabo por medio de los procedimientos sugeridos por Díaz-Romeu y Hunter (1978).

El procesamiento de las muestras de suelo y foliares se realizó en el laboratorio químico del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).

Evaluación de toxicidad

Consistió en evaluaciones de campo mediante el uso de una escala cualitativa que asigna ciertos valores a las observaciones realizadas por unidad experimental, de los cuales se obtienen promedios que se expresan en porcentajes de toxicidad. La escala de 0 a 4 corresponde al grado de toxicidad que presenta la planta, dado por los síntomas foliares, caída de hojas y desarrollo de hijos de poda de 2 años de edad.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza para determinar diferencias significativas para la variable producción. Posteriormente, mediante la prueba de rango múltiple de Duncan, se determinaron las fuentes que causan la significancia. Además se realizó el análisis del factorial para dosis, épocas y la interacción entre ambos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Mediante la evaluación de 4 períodos sucesivos de cosecha, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. En el Cuadro 1 se presentan los datos de cosecha para los tratamientos; la fertilización con 40 kg de B_2O_3/ha/año, distribuidos en 3 épocas, fue el mejor tratamiento. Estos resultados plantean una interesante estrategia de fertilización con B ya que se duplica la dosis comercial, se realiza un mayor fraccionamiento de la cantidad anual del fertilizante aplicado y se incluye una dosis de fertilización al final del período lluvioso.

Con la aplicación de 40 kg de B_2O_3 en 3 épocas se obtuvo un incremento productivo de 21% y 29% en relación con la dosis de 20 kg B_2O_3 y el testigo, respectivamente. Sin embargo, estos 2 tratamientos superaron la producción que se logra con el uso de dosis mayores a 40 kg, lo que parece indicar un efecto detrimental en la producción del cafeto con altas cantidades de B_2O_3. Estos resultados se pueden asociar al efecto tóxico de dosis altas, que tienden a causar disturbios fisiológicos como se manifiesta en los rendimientos productivos que se cuantifican en este estudio.

Para el efecto de dosis (Figura 1), se hace notorio el detrimento productivo que inducen las dosis crecientes de B: se produjo una disminución de cosecha de 11, 17 y 31%, cuando se aplicaron las dosis de 80, 120 y 160 kg, respectivamente, en relación con el uso de 40 kg de B_2O_3.

Esta tendencia es más evidente a partir de la cosecha 92/93 (Cuadro 1) posiblemente por el efecto acumulativo de las dosis altas.

Cuadro 1. Producción de café según las dosis y épocas de aplicación de B en 4 períodos de cosecha (1991-1994).

Tratamiento		Producción durante 4 períodos (fan/ha)				Promedio
kg/ha B_2O_3	Epoca	90/91	91/92	92/93	93/94	
40	May-Ago	47.84	58.40	41.89	48.31	49.11 bcd
40	Ago-Nov	56.77	65.11	37.00	55.24	53.53 bc
40	May-Ago-Nov	53.48	65.71	63.28	70.97	63.36 a
80	May-Ago	44.82	54.04	33.61	34.49	41.74 efg
80	Ago-Nov	58.14	67.33	40.05	54.36	54.97 b
80	May-Ago-Nov	52.63	62.88	43.49	56.36	53.94 b
120	May-Ago	55.56	68.35	29.78	35.90	47.40 cde
120	Ago-Nov	53.39	64.48	30.17	37.00	46.26 de
120	May-Ago-Nov	49.21	58.45	29.16	36.78	43.40 defg
160	May-Ago	46.01	55.54	19.34	28.51	37.35 g
160	Ago-Nov	54.34	67.43	24.64	29.83	40.06 def
160	May-Ago-Nov	48.54	64.91	16.10	26.57	39.03 fg
20	May-Ago	48.24	56.98	45.24	48.58	49.76 bcd
Testigo		52.70	53.99	32.23	40.72	44.91 def

1 fan= 258 kg café cereza

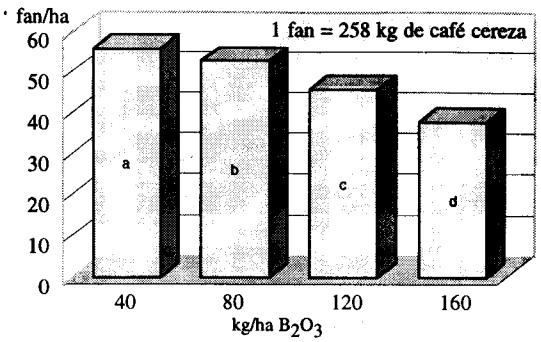

Fig.1 Efecto de dosis de fertilización con boro al suelo en la producción del cafeto.

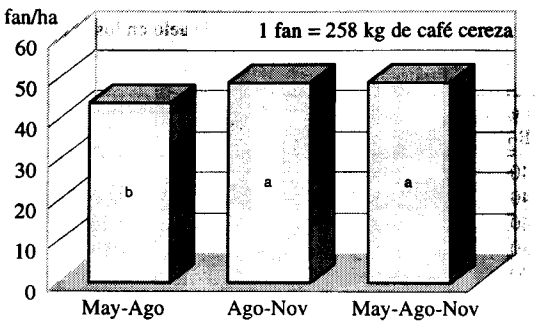

Fig.2 Efecto de épocas de fertilización con boro al suelo en la producción del cafeto.

Los resultados obtenidos al comparar la respuesta productiva con respecto a las épocas de aplicación (Figura 2), revelan un efecto favorable cuando se adiciona una parte del B al final del período lluvioso. Este aspecto agrega otro factor al criterio de nutrición mineral del cafeto con B, si se toma en cuenta que en varios estudios se ha evaluado la fertilización distribuida al inicio y hacia mitad de la época lluviosa (García 1980, Pérez et al. 1956, Valencia 1964, Valencia 1968), aunque Mendoza (1989), con base en análisis foliares, había sugerido una posible respuesta del cafeto a la fertilización con B en 3 épocas, al detectar efecto de la fertilización hasta con 10 g de B/planta durante 90 días.

Los resultados del presente estudio se pueden relacionar al papel fisiológico del B y a su disponibilidad en el suelo, citado por varios autores (Carvajal 1984, Farrera 1974, Phophete 1965, Ramírez 1993, Rímolo 1970, Valencia 1968). Este criterio es utilizado por Ramírez (1992) para explicar el comportamiento de la curva de variación estacional del B, cuando el contenido foliar del elemento decrece a partir del mes de setiembre, lo cual atribuye a una mayor actividad fisiológica en el transporte de carbohidratos y a la pérdida del B por lixiviación en el suelo, provocada por la intensa precipitación. Los datos de este experimento parecen vincular esos conceptos, con la respuesta productiva de los tratamientos más destacados.

En el Cuadro 2 se presentan los datos de análisis de suelos de muestreos realizados al inicio de la época lluviosa durante 3 años. El contenido de B en el suelo para cada muestreo (Cuadro 3), manifiesta un incremento esperado, que va desde 1.25 mg/L en el tratamiento con 40 kg/ha de B_2O_3 hasta 8.60 mg/L con 160 kg/ha. Conforme se aumenta la dosis, el contenido de B en el suelo crece en el rango definido por estos puntos extremos, e inclusive alcanza valores más altos, semanas después de iniciado el período lluvioso y luego de la primera fertilización, según se estableció por medio de muestreos adicionales realizados a través de esta etapa.

Cuadro 2. Características químicas de las muestras de suelos en los tratamientos de dosis y épocas de aplicación de B (promedio de 3 años, 1991, 1992, 1993)

Tratamientos		pH	M.O	cmol (+)/L				mg/L				
kg/ha B_2O_3	Epoca		(%)	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
40	May-Ago	5.3	5.7	0.55	5.00	0.64	0.55	34	5	13	11	91
40	Ago-Nov	5.4	6.3	0.45	5.83	0.77	0.60	35	6	14	11	94
40	May-Ago-Nov	5.6	5.5	0.40	5.30	0.74	0.61	34	4	11	10	85
80	May-Ago	4.9	6.0	0.60	3.92	0.68	0.48	38	5	13	11	120
80	Ago-Nov	5.4	5.7	0.65	3.76	0.71	0.59	33	2	12	10	112
80	May-Ago-Nov	5.7	5.8	0.70	4.95	0.66	0.53	35	2	10	8	106
120	May-Ago	5.2	6.4	0.60	5.11	0.70	0.56	37	2	10	10	97
120	Ago-Nov	5.4	6.8	0.55	4.81	0.64	0.53	28	5	12	9	95
120	May-Ago-Nov	5.1	6.3	0.70	3.47	0.77	0.55	47	3	15	9	111
160	May-Ago	5.3	6.2	0.85	3.22	0.62	0.63	46	2	13	11	125
160	Ago-Nov	5.2	5.9	0.75	3.98	0.65	0.57	51	4	15	11	118
160	May-Ago-Nov	5.3	6.2	0.80	4.86	0.84	0.59	42	4	15	10	117
20	May-Ago	5.3	6.7	0.50	4.78	0.62	0.55	28	3	11	10	91
0	Testigo	5.3	6.3	0.55	4.91	0.58	0.48	30	2	11	10	94

Cuadro 3. Análisis de B (mg/L) en el suelo en los tratamientos con dosis y épocas de B, durante 3 años (1991-1993).

Tratamiento		Concentración de B(mg/L) en el suelo			Promedio
kg/ha B_2O_3	Epoca	1991	1992	1993	
40	May-Ago	1.10	1.20	1.45	125
40	Ago-Nov	2.30	3.15	3.40	2.95
40	May-Ago-Nov	2.00	2.35	4.60	2.30
80	May-Ago	2.00	3.40	3.90	3.10
80	Ago-Nov	3.10	4.60	5.20	4.30
80	May-Ago-Nov	2.60	3.40	6.00	4.00
120	May-Ago	2.80	3.30	6.20	4.10
120	Ago-Nov	4.20	6.40	9.95	6.85
120	May-Ago-Nov	3.60	5.50	6.80	5.30
160	May-Ago	4.00	5.80	7.15	5.65
160	Ago-Nov	4.70	7.00	14.10	8.60
160	May-Ago-Nov	4.10	7.50	11.50	7.70
20	May-Ago	1.00	0.65	0.75	0.80
Testigo		0.40	0.20	0.30	0.30

El contenido de materia orgánica y el pH del suelo no parecen ser factores determinantes en la respuesta a las tratamientos bajo las condiciones del experimento, dado que el porcentaje de MO fue adecuado y el pH ácido en general (Cuadro 2).

Los datos del análisis de suelos también parecieron indicar que el aumento de B aplicado no influye sobre el contenido de Ca disponible, como sí ocurre en el caso contrario cuando se encala; la cal produce aumentos de pH, y reduciones en la disponibilidad de B en el suelo (Rímolo 1970, Sivaraman et al. 1989).

Los resultados de análisis foliares para Ca y B, que se presentan en el Cuadro 4, señalaron que el B alcanza niveles altos y excesivos con el incremento en las dosis de B, condición más acentuada para el cuarto par de hojas. La concentración de Ca aumentó evidentemente en los tratamientos que recibieron 160 kg de B_2O_3 en 3 épocas; también se acumuló Ca en las hojas más viejas, lo cual se asocia con la escasa movilidad de estos elementos en la planta (Carvajal 1984, Ramírez 1992).

Cuadro 4. Contenido foliar y relación Ca/B del segundo y cuarto par de hojas del cafeto *C. arabica* cv. Caturra en plantas tratadas con dosis y épocas de B aplicado al suelo.

Tratamientos		Segundo par			Cuarto par		
kg/ha B_2O_3	Epoca	% Ca	ppm B	Ca/B	% Ca	ppm B	Ca/B
40	May-Ago	0.93	149	62.4	1.35	258	52.3
40	Ago-Nov	1.02	142	71.8	1.38	223	61.9
40	May-Ago-Nov	1.06	102	103.9	1.37	185	74.0
80	May-Ago	1.05	171	61.4	1.35	279	48.4
80	Ago-Nov	1.01	168	60.1	1.34	266	50.4
80	May-Ago-Nov	1.04	168	61.9	1.33	222	59.9
120	May-Ago	0.99	158	62.6	1.37	274	50.0
120	Ago-Nov	0.97	171	56.7	1.35	287	47.0
120	May-Ago-Nov	1.05	204	51.5	1.36	278	48.9
160	May-Ago	1.09	209	52.1	1.47	294	50.0
160	Ago-Nov	1.07	182	58.8	1.45	288	50.3
160	May-Ago-Nov	1.99	198	50.0	1.40	296	47.3
20	May-Ago	0.88	85	103.5	1.13	119	94.9
Testigo		0.89	56	158.9	1.17	63	185.7

La notable diferencia en el contenido foliar de B respecto a la posición de las hojas, sugiere considerar el muestreo a partir del cuarto par para seguimiento y control del efecto fitotóxico que pudiera inducir la fertilización con B, debido a que la escasa movilidad del elemento en la planta favorece su acumulación en los tejidos más viejos. Por las mismas razones fisiológicas para el diagnóstico de deficiencias debería procurarse efectuar el muestreo de las hojas más jóvenes.

El valor de la relación Ca/B decrece conforme se aumenta la dosis de B aplicado. De acuerdo con los niveles establecidos por Pérez et al. (1956) para la relación Ca/B, el 36% de los datos correspondientes al segundo par de hojas indica toxicidad, mientras que el 71% de los valores para el cuarto par señala un efecto fitotóxico de los tratamientos. En ambas posiciones de las hojas, el tratamiento de 40 kg/ha de B_2O_3 en 3 épocas, presenta los datos de contenido foliar de B que establecen mayor diferencia positiva respecto al nivel crítico de la relación Ca/B propuesto por los autores citados. Caso aparte corresponde a la dosis de 20 kg de B_2O_3 y al testigo, con valores aún más altos.

Los datos para la evaluación de toxicidad se muestran en el Cuadro 2; se encontró para todos los tratamientos, excepto el de 20 kg y el testigo, que los cafetos manifestaron algún grado de toxicidad. Cabe destacar que el porcentaje más bajo de toxicidad encontrado en los 12 tratamientos, correspondió a la fertilización con 40 kg/ha de B_2O_3 en 3 épocas. También se observó un incremento en el grado de toxicidad conforme aumentó la dosis de B, hasta alcanzar, con 160 kg/ha, la categoría 4, asociada con escaso desarrollo y muerte de plantas.

Tomando en cuenta las variables evaluadas y las determinaciones de análisis de suelos y tejido vegetal, se puede concluir que la fertilización del cafeto con 40 kg/ha de B_2O_3, distribuidos en 3 épocas, aumentó la producción y mantuvo alta disponibilidad de B en el suelo; a la vez, el contenido foliar de B no excedió las 200 ppm citadas como nivel tóxico, aunque sí se mantuvo el tenor bastante alto, y los valores de la relación Ca/B fueron apenas superiores a 60. Adicionalmente, la evaluación sobre la aparente toxicidad, indicó síntomas foliares leves, lo cual debe tenerse en cuenta para considerar el uso de esta dosis.

Cuadro 5. Toxicidad de boro por efecto de tratamientos de dosis y épocas en hijos de poda de cafetos cv. Caturra, de dos años de edad.

Tratamientos		%	Grado de
kg/ha B_2O_3	Epoca	B	Toxicidad*
40	May-Ago	21.3	1
40	Ago-Nov	17.8	1
40	May-Ago-Nov	12.2	1
80	May-Ago	45.6	2
80	Ago-Nov	43.4	2
80	May-Ago-Nov	31.0	2
120	May-Ag	46.6	2
160	May-Ago	63.4	3
160	Ago-Nov	81.2	4
160	May-Ago-Nov	70.0	3
20	May-Ago	0	0
0	Testigo	0	0

* 0 Síntoma foliar ausente, retención de hojas, desarrollo vigoroso.
1 (menos de 25%) Síntoma foliar leve, retención de hojas, buen desarrollo.
2 (25%-50%)Síntoma foliar acentuado, caída de hojas, regular desarrollo.
3 (50%-75%) Síntoma foliar severo, abundante caída de hojas, pobre desarrollo.
4 (Más de 75%) Síntoma foliar muy severo, escaso desarrollo o muerte de plantas.
Síntoma foliar según Ramírez (1993).

CONCLUSIONES

- A partir de 40 kg/ha de B_2O_3 aplicados, las dosis crecientes reducen significativamente la producción.
- Los tratamientos que incluyen una aplicación al final del período lluvioso inducen significativamente mayor producción respecto a los de otras épocas.
- Todos los tratamientos pueden causar algún grado de toxicidad, excepto aplicaciones muy bajas, como 20 kg/ha de B_2O_3. El tratamiento con 40 kg fraccionado en 3 épocas presenta un bajo porcentaje de toxicidad, mientras que la fertilización con 160 kg/ha B_2O_3 llega a provocar la muerte de cafetos en hijos de poda de dos años de edad, en este tipo de suelos.
- El uso de dosis crecientes de B desplaza la relación Ca/B en tejido foliar hacia valores

progresivamente más bajos, inclusive inferiores a 60, que se encuentran con mayor frecuencia mediante el análisis del cuarto par de hojas.

- El análisis foliar constituye una ayuda valiosa en la regulación de las aplicaciones de B; mientras el muestreo del segundo par parece dar mejor información sobre el contenido en el nuevo crecimiento, los datos extraídos de análisis a partir del cuarto para podrían prevenir una toxicidad.

- Estos resultados sugieren orientar nuevas investigaciones en el estudio de la respuesta a la fertilización con B, hacia niveles localizados en un rango no mayor a 40 kg/ha de B_2O_3.

LITERATURA CITADA

BORNEMISZA, E. 1988. Oligoelementos en la nutrición del cafeto. Curso regional sobre nutrición mineral mineral del café. San José, Costa Rica, PROMECAFE. p. 135-140.

CARVAJAL, J.F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. 2 ed. Berna, Suiza. Instituto Internacional de la Potasa. 254 p.

DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. p. 24-27, 35-38.

FARRERA, R.E. 1974. Influencia del B en algunos parámetros fisiológicos del cafeto *(Coffea arabica L.)*. San José, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 59 p.

GARCIA, V. 1980. Absorción foliar de cuatro niveles de boro aplicados al suelo. III Simposio Latinoamericano sobre caficultura. PROMECAFE. Tegucigalpa, Honduras. p. 99-113.

GARCIA, A.W.R.; CORREA, J.B.; FREIRE, A.C.F. 1982. Levantamento das características químicas dos solos e estado nutricional das lavouras cafeeiras do Sul de Minas. En Resumen 10 Congresso de Pesquisas Cafeeiras (Brasil) p. 5-8.

MBURU, J.N.; KANYANJA, S.J.N. 1991. Seasonal variation in the boron content of *Coffea arabica* var. K7: A survey in Bungama, Trans-Nzoia and West Pokot districts of Kenia. Kenya Coffee 56(660):1189-1199.

MENDOZA, L.E. 1989. Respuesta del cafeto (*Coffea arabica* L.) a niveles y formas de aplicación de boro. Revista Cafetalera (Guatemala) 299:21-27.

PEREZ, V.M.; CHAVERRI, G.; BORNEMISZA, E. 1956. Algunos aspectos del abonamiento del cafeto con boro y calcio en las condiciones de la Meseta Central de Costa Rica. Ministerio de Agricultura e Industrias-STICA. San José, Costa Rica. Información Técnica no. 1. 14 p.

PROPHETE, F.J. 1965. Efecto de aspersiones de azúcar y boro sobre el crecimiento y la nutrición mineral del café. Turrialba 15(2):141-143.

RAMIREZ, J.E. 1992. Variación estacional del boro en el cafeto *Coffea arabica* L. Café Cacao Thé 36(2):109-114.

RAMIREZ, J.E. 1993. Efecto de dosis y épocas de aspersiones foliares con boro y dos coadyuvantes al cafeto (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí. Agronomía Costarricense 17(1):33-39.

RIMOLO, L.A. 1970. Efecto del encalado sobre la disponibilidad y absorción del boro en seis suelos de Costa Rica. Tesis Lic. Quim. Universidad de Costa Rica. 45 p.

SIVARAMAN, T.K.; ROYAR, A.; BHEEMA, M. 1989. Boron status of coffee soils in Coorg, Coimbatore and Yercaud area. Indian Coffee 53(6):18-19.

VALENCIA, G. 1964. La deficiencia de boro en el cafeto y su control. CENICAFE (Colombia) 15(3):115-125.

VALENCIA, G.; MESTRE M.A.; DURAN G.A. 1968. Respuesta a la aplicación de boro y zinc en un cafetal de Fredonia (Antioquia). CENICAFE (Colombia) 19(3):95-101.

VALENCIA, G.; ARCILLA, J. 1975. Toxicidad por boro en el cafeto. Avances técnicos CENICAFE (Colombia) 45:2.