

# **RIESGOS DE TOXICIDAD CON BORO** *en viveros de palma de aceite*

## **RISK OF BORON TOXICITY** *to Oil Palm Seedlings in the Nurseries*

### AUTORES

**Nolver A. Arias A.**

Investigador asistente

Autor para correspondencia:

nolver.arias@cenipalma.org

**Fernando Munévar M.**

Investigador titular.

Centro de Investigación en Palma  
de Aceite (Cenipalma).

### Palabras CLAVE

Fertilización, boro, síntomas de  
toxicidad, palma de aceite.

Fertilization, boron, toxicity  
symptoms, oil palm

Recibido: 01 febrero 2006

Aprobado: 30 marzo 2006

### RESUMEN

Debido a la falta de resultados experimentales que den bases para dosificar en forma adecuada el boro (B) en los viveros de palma de aceite y a que existen riesgos de causar toxicidad por excesos en las aplicaciones, se adelantó una prueba exploratoria sobre este tema en Barrancabermeja (Colombia). Se evaluaron seis niveles de aplicación de B durante seis meses. Las aplicaciones de B se reflejaron en mayores concentraciones de dicho elemento en la hoja No. 3 de las plántulas y a pesar de que el menor nivel aplicado (0,5 gramos de borato 48/palma/quincena) aumentó la longitud del estípite y el área de la hoja No. 3, aplicaciones mayores tuvieron efecto negativo en todas las variables de crecimiento evaluadas. Todos los tratamientos de aplicación indujeron síntomas de toxicidad en el follaje, mientras que las plántulas no tratadas tuvieron una apariencia normal. Se describe la evolución de los síntomas de toxicidad que se observaron, la cual parte de un amarillamiento en bandas y lleva a necrosis y rompimiento de la lámina foliar. Los resultados indican que el nivel de B disponible en el suelo experimental sin enmendar fue suficiente para el normal desarrollo de las plántulas bajo las condiciones experimentales y que la menor dosis de fertilización utilizada en el experimento fue excesiva. Se sugiere la continuación de investigaciones sobre este aspecto.

### SUMMARY

Since there is a lack of experimental bases for making decisions on boron (B) fertilization in oil palm nurseries, and there is a risk of causing toxicity due to excessive fertilization, an exploratory trial on this matter was conducted in Barrancabermeja, Colombia. Six B rates were evaluated during six months. Boron fertilization resulted in greater concentrations of this element in leaf No 3 of the treated seedlings as compared to the control ones. Although the lowest rate of application (0.5 g Borate 48/plant every 15

days) increased leaf area and stem length, higher rates had a negative effect on the above mentioned and other growth variables. All treatments, but the control, induced the development of leaf toxicity symptoms. The pattern of development of toxicity symptoms is described in detail; it begins with a yellow stripping pattern which conducts to almost a complete necrosis and shredding of leaflet blades. Therefore, the results indicate that the level of available B in the experimental soil was adequate for sustaining oil palm seedling growth under the experimental conditions and/or that the lowest fertilization rate used in the trail was excessive. Further studies on this subject are encouraged.



## INTRODUCCIÓN

La aplicación de boro (B) a las plántulas de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en los viveros es una práctica común en Colombia, aunque con frecuencia se presentan manifestaciones de toxicidad inducidas por aplicaciones excesivas de este nutriente. Por lo general, las decisiones sobre las dosis y épocas de aplicación del B en los viveros se rigen por recomendaciones tradicionales, pero no son el resultado de un verdadero diagnóstico sobre la necesidad de aplicación del nutriente, como sería haber determinado una baja concentración de B disponible en el suelo utilizado como sustrato para el crecimiento de las plántulas.

Si bien puede pensarse que la aplicación de B en el vivero se justifica al observar síntomas de deficiencia del nutriente, debe tenerse en cuenta que existe la posibilidad de confundir algunas malformaciones genéticas de las plántulas con deficiencias de B (Rankine y Fairhurst, 1998). De otra parte, las cantidades de B requeridas para superar una deficiencia nutricional son muy pequeñas y existe un alto riesgo de ocasionar toxicidad (Turner y Gillbanks, 2003). Estos riesgos y la baja frecuencia de deficiencias reales de este elemento en Malasia, han determinado que en dicho país no se recomiende la fertilización con B en los viveros (Rankine y Fairhurst, 1998). Sin embargo, las recomendaciones para Malasia no son aplicables en su totalidad para Colombia si no son validadas, porque los sustratos en las condiciones colombianas pueden tener diferencias importantes con respecto a los usados en Malasia. De igual modo, no aplicar B en una situación de verdadera deficiencia, provocaría retardo en el crecimiento y malformaciones en las plantas (Turner y Gillbanks, 2003).

Dado que en Colombia no se han adelantado investigaciones sobre el tema, se decidió realizar una prueba exploratoria tendiente a ayudar a dilucidarlo. El presente escrito resume los principales resultados de dicho trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental Palmar de La Vizcaína, del Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma), ubicado en el corregimiento El Centro en el municipio de Barrancabermeja, en el departamento de Santander (Colombia). El sitio experimental está a una altura de 98 msnm, tiene una temperatura media de 32°C y una precipitación de 3.200 mm anuales. Al inicio del experimento se tomó una muestra del suelo utilizado para el llenado de las bolsas de vivero y los resultados de su análisis se presentan en la Tabla 1.

El suelo es moderadamente ácido, bajo en aluminio (Al) intercambiable (1% de saturación de Al), alta saturación y suma de bases y contenido de B que se considera como medio para la palma de aceite adulta, ya que el nivel deseable es de 0,3 a 0,5 ppm (Corley y Tinker, 2003; Munévar, 2001). Para el análisis de B disponible, este nutriente fue extraído con fosfato monocálcico y determinado colorimétricamente (Cuéllar y Munévar, 1998).

El material vegetal utilizado fue un cruce Deli x Avros, producido por la compañía Applied Agricultural Research (AAR) de Malasia. Las semillas pregerminadas se sembraron en bolsas de previvero donde permanecieron dos meses y luego fueron transplantadas a bolsas de vivero de 40 cm de diámetro y 60 cm de altura, las cuales se llenaron con el suelo anteriormente descrito. Las bolsas se distribuyeron en un

**Tabla 1:** Textura y características químicas del suelo usado en el ensayo

Parámetro	Unidad	Valor	Parámetro	Unidad	Valor
Textura		Franco arenosa	Ca	meq/100g	8,27
Arena	%	34,28	Mg	meq/100g	2,4
Arcilla	%	32,10	Na	meq/100g	0,08
Limo	%	33,62	P	ppm	11,43
pH	unidades	5,08	S	ppm	7,19
CC	meq/100g	12,02	B	ppm	0,39
Carbono orgánico	%	2,07	Fe	ppm	47,8
Acidez intercam.	meq/100g	0,38	Cu	ppm	1,49
K	meq/100g	0,57	Mn	ppm	27,69
Al	meq/100g	0,11	Zn	ppm	16,32

arreglo de triángulos equiláteros de 80 cm de lado. La aplicación de B comenzó a los tres meses de haber realizado el transplante a las bolsas de vivero, es decir, cinco meses después de la siembra de las semillas.

Los tratamientos del ensayo consistieron en la aplicación de seis niveles de B (Tabla 2), utilizando como fuente el borato 48 (tetaborato de sodio pentahidratado del 48% de  $B_2O_3$ ). Cada tratamiento incluyó dos palmas y se aplicaron las dosis con una periodicidad de 15 días durante seis meses. Para pesar las cantidades de borato se utilizó una balanza electrónica con una precisión de 0,1 gramos. El producto se aplicó en forma sólida distribuido en un semicírculo a una distancia aproximada de 12 cm de la base de la palma.

Teniendo en cuenta que el riego se realizó a diario, el borato siempre se aplicó bajo condiciones adecuadas de humedad en el suelo. Los demás nutrientes se aplicaron de manera uniforme para todos los tratamientos en las siguientes cantidades totales (g/palma): nitrógeno, 40;  $P_2O_5$ , 40;  $K_2O$ , 60; MgO, 24 y S, 48. Dichas cantidades se fraccionaron durante los seis meses del ensayo en 12 aplicaciones quincenales, como se hizo con el B. Las fuentes de nutrientes que se usaron fueron: nitrato de amonio (26% de N), fosfato diamónico (46% de  $P_2O_5$  y 18% de N), cloruro de potasio (KCl estándar del 60% de  $K_2O$ ), sulfato de magnesio agrícola (18% de MgO y 20% de S).

Las variables con las cuales se evaluó la respuesta a los tratamientos se midieron al finalizar el ensayo (11 meses de edad) y fueron: longitud del estípite, largo de la hoja, número de folíolos, ancho y largo de los folíolos, área de la hoja No. 3, área foliar total,

**Tabla 2:** Descripción de los tratamientos aplicados

Tratamiento Nb	Dosis quincenal de borato 48 (g/palma)	Total aplicado en los seis meses (g de borato 48/palma)
1	0,0	0
2	0,5	6
3	1,0	12
4	1,5	18
5	2,0	24
6	2,5	30

porcentaje de hojas con necrosamiento ocasionado por la toxicidad de B y concentración de B en el tejido foliar. Todas las variables foliares se midieron en la hoja No. 3.

Para el cálculo del área foliar se utilizó la fórmula sugerida por Hartley (1983). El análisis de B foliar se realizó siguiendo el método estandarizado en el Laboratorio de Análisis Foliares y de Suelos de Cenipalma (Cuéllar y Munévar, 1998). Algunas de las variables evaluadas se sometieron a análisis de regresión y se estableció la correlación entre la concentración de B foliar y las variables de crecimiento.

## RESULTADOS

### *Efectos sobre el crecimiento vegetativo*

Con el fin de describir el efecto del nivel de B aplicado sobre las variables de repuesta, se hicieron análisis de regresión tanto lineal como cuadrática, encontrando que en las funciones de segundo grado

los coeficientes de regresión cuadrática no presentaron significancia estadística ( $p > 0.05$ ), por lo cual en lo sucesivo la interpretación de los resultados está basada en los modelos de regresión lineal.

### Longitud del estípote

A pesar de que con la aplicación quincenal de 0,5 g de borato se encontró un aumento en la longitud del estípote del 17% con respecto al testigo, dosis mayores causaron su disminución, la cual llegó a ser del 30,5% con respecto al testigo, en el caso de la mayor dosis utilizada (Figuras 1 y 2). El comportamiento general de esta variable en función del B aplicado se ajustó a una regresión lineal (Tabla 3) altamente significativa ( $P < 0,01$ ), de acuerdo con la cual la longitud del estípote disminuyó en forma proporcional al aumentar el nivel de B aplicado.

### Área foliar

Esta variable tuvo un comportamiento paralelo al de la longitud del estípote, es decir, la dosis de 0,5 g/quincena aumentó el área de la hoja No. 3 (11% con respecto al testigo), pero dosis mayores causaron una disminución del área foliar (hasta del 64%) (Figura 3). De manera concomitante, las palmas del tratamiento testigo y del de 0,5 gramos de borato tuvieron una mayor área foliar total y un mayor número de folíolos de mayor tamaño (datos no incluidos). Sin embargo, modelos de regresión lineal altamente significativos ( $P < 0,01$ ) mostraron que, al igual que lo ocurrido con la longitud del estípote, los diferentes parámetros de área foliar disminuyeron en forma proporcional con el aumento en el B aplicado (Tabla 3). El número total de hojas no se afectó por el B aplicado, como se puede inferir por la falta de significancia ( $P > 0,05$ ) de los modelos de regresión estimados.

### Efecto sobre la concentración foliar de boro

En todos los tratamientos que recibieron B, la concentración foliar de dicho elemento aumentó con respecto al testigo (Tabla 4). Este comportamiento pudo describirse mediante una función lineal estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) (Tabla 3). Con



Figura 1: Efecto de la aplicación de borato en la altura de las plantas.

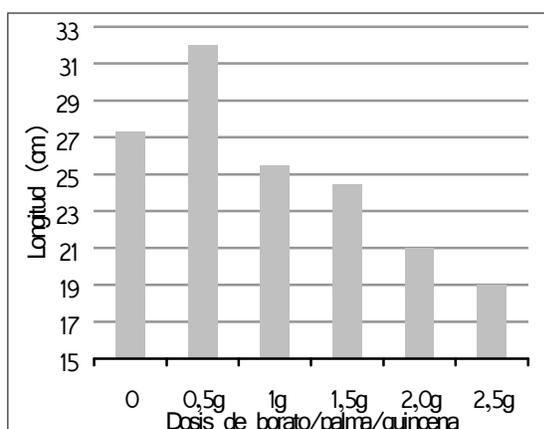


Figura 2: Longitud del estípote en función de la dosis de borato aplicado.

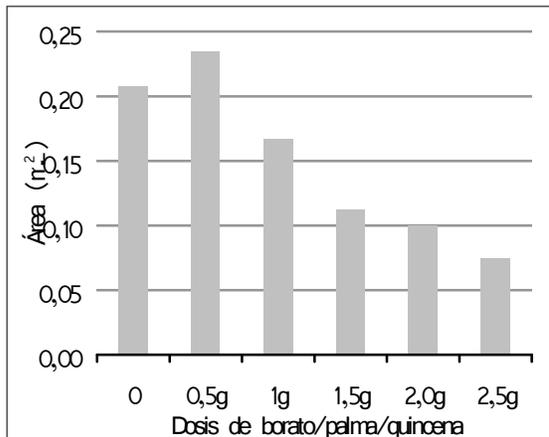
los niveles de aplicación más bajos (0,5 y 1,0 g/palma/quincena) los aumentos en concentración foliar fueron pequeños, pero en adelante la concentración foliar de B aumentó en forma muy marcada.

Sin embargo, con la aplicación de dosis más alta, la concentración foliar de B fue menor que con las dosis

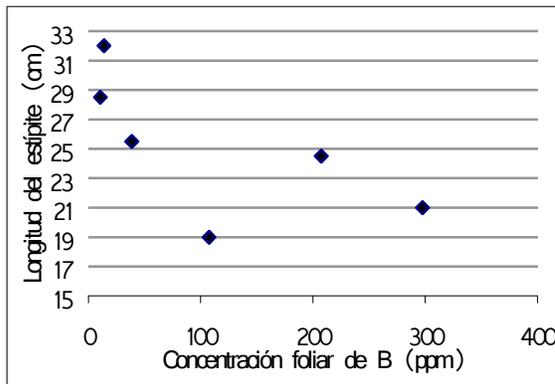
Tabla 3: Resultados de análisis de regresión lineal de las variables de crecimiento, concentración foliar de B y % de necrosamiento en función del B aplicado

Variable dependiente	Significancia (P) <sup>1</sup>	Coefficiente de determinación (R <sup>2</sup> )
Longitud del estípote (cm)	0,0003	0,7125
Área de la hoja No. 3 (cm <sup>2</sup> )	0,0005	0,6872
Área foliar de la planta (cm <sup>2</sup> )	0,0059	0,5025
Número de hojas/palma	0,8480	0,0039
Concentración foliar de B (ppm)	0,0140	0,4161
Hojas con necrosis (%)	0,0000	0,8574

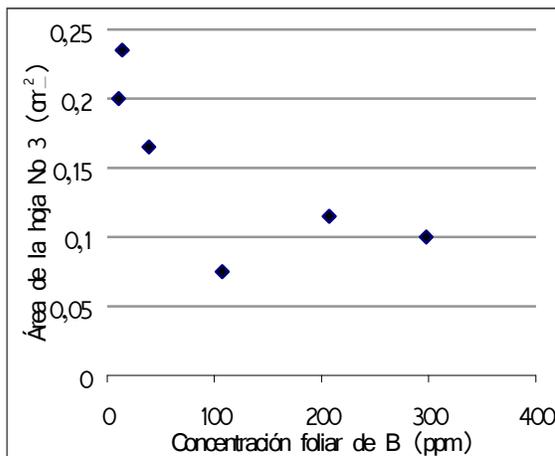
<sup>1</sup> P < 0,05, significativo; P < 0,01, altamente significativo; P > 0,05, no significativo



**Figura 3:** Área foliar de la hoja No. 3 de palmas de vivero con 12 meses de edad, bajo cinco niveles de aplicación de borato 48.



**Figura 4:** Correlación entre la longitud del estípite y la concentración de B en hoja No.3.



**Figura 5:** Correlación entre el área foliar y la concentración de B en la hoja No.3.

**Tabla 4:** Concentración foliar B de en la hoja No.3

Tratamiento (g de borato 48/palma/quincena)	Boro foliar (ppm)
0,0	10,63
0,5	13,84
1,0	38,69
1,5	207,40
2,0	297,70
2,5	107,40

de 1,5 y 2,0 g/palma/quincena, lo cual no puede ser explicado directamente con los datos de este estudio, salvo que el efecto tóxico de B a dicho nivel de aplicación haya determinado una suspensión en la absorción del elemento a partir de cierto momento.

En las figuras 4 y 5 se observa cómo los aumentos en concentración foliar de B por encima de 13,8 ppm (valor encontrado para el nivel de aplicación de 0,5 g/palma/quincena) se asociaron a disminuciones en la longitud del estípite y el área foliar, aclarando, sin embargo, que los resultados en esta variable para el nivel de 2,5 gramos, no siguieron la tendencia general observada con los otros tratamientos.

Se encontraron correlaciones negativas y significativas ( $P < 0,05$ ) entre la concentración de B foliar y la longitud del estípite y entre la primera de estas variables y los parámetros del área foliar considerados (Tabla 5), de lo cual se infiere que el efecto negativo del B aplicado se expresó a través de su excesiva acumulación en el follaje.

### ***Daños causados en las hojas por el exceso de boro***

Teniendo en cuenta la alta susceptibilidad de la palma en etapa de vivero a las aplicaciones excesivas de B (Turner y Gillbanks, 2003), se registraron los porcentajes de hojas necrosadas para cada uno de los tratamientos, al igual que la secuencia en la sintomatología característica de la toxicidad.

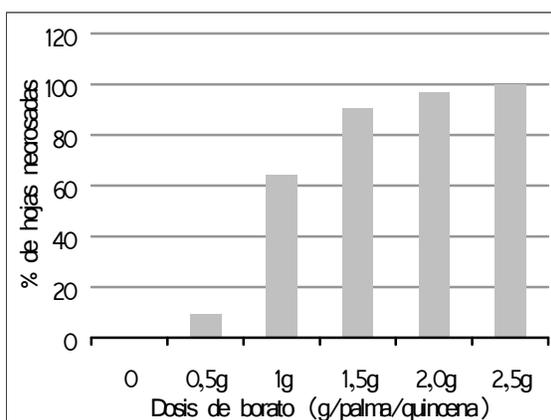
### ***Proporción de hojas necrosadas***

Todos los niveles de aplicación de borato causaron algún grado de necrosamiento en las palmas (Figura 6). Aún con la menor dosis de aplicación, se presentó un 9,2% de palmas con necrosamiento en las hojas y

**Tabla 5:** Significancia y coeficientes de correlación (Pearson) entre la concentración foliar de B y otras variables

Variable	Coefficiente de correlación (r)	Nivel de significancia (P) <sup>1</sup>
Longitud del estipe (cm)	- 0,6191	0,0318
Area de hoja No.3 (cm <sup>2</sup> )	- 0,6688	0,0174
Area foliar de la planta (cm <sup>2</sup> )	- 0,5833	0,0463
Hojas con necrosis (%)	0,7661	0,0037

<sup>1</sup> P<0,05, significativo; P<0,01, altamente significativo; P>0,05, no significativo

**Figura 6:** Porcentaje de hojas necrosadas por la aplicación de B al suelo.

la proporción de palmas afectadas aumentó en forma muy marcada con las dosis mayores, llegándose a tener la totalidad de las palmas afectadas con la mayor dosis aplicada. Este comportamiento se ajustó a una regresión lineal (Tabla 3) altamente significativa ( $P < 0.0000$ ), con un coeficiente de determinación alto ( $r^2 = 0.857$ ).

Las relaciones antes descritas, junto con el hecho de que en el tratamiento testigo no se presentó necrosamiento de las hojas, permiten suponer que esta afección se debió al borato aplicado. La proporción (%) de hojas afectadas por necrosamiento estuvo correlacionada positiva y significativamente ( $P < 0,01$ ) con la concentración de B en la hoja No. 3 (Tabla 5).

### **Expresión del daño en las hojas**

Los primeros síntomas de toxicidad de B se observaron en el nivel de la hoja No. 3 y se hicieron más severos en la medida en que la hoja fue

envejeciendo. Se presenta una secuencia de fotografías (figuras 7 a 12) en la cual se muestran el tratamiento testigo sin afección alguna (Figura 7) y la evolución de la toxicidad ocasionada por dosis crecientes de B. El síntoma inicial observado fue un amarillamiento en forma de bandas en el área foliar próxima al ápice (Figura 8). Luego, al interior de las

bandas amarillentas, aparecen puntos oscuros que posteriormente se unen (Figura 9), se debilitan y causan la ruptura de la hoja (Figura 10) observándose un conjunto de tiras que fracturan totalmente la hoja (Figura 11).

A diferencia de los necrosamientos observados por otras causas, donde se puede percibir el secamiento de toda la parte apical de la hoja, en el caso de la toxicidad por B, la hoja se divide en forma longitudinal en el mismo sentido en que aparecieron los síntomas iniciales de amarillamiento. De otra parte, un efecto muy marcado es la severa reducción del área foliar (Figura 12). Algunos de estos síntomas fueron descritos por Turner y Gillbanks (2003).

## **DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES**

Se presentó una alta consistencia en el patrón de comportamiento de las diferentes variables relacionadas con el crecimiento vegetativo que se midieron, así como con el grado de afección observado en el tejido foliar, lo cual permite afirmar que para el material de siembra objeto de estudio y para las condiciones de suelo utilizado como sustrato, la aplicación de dosis de 0,5 g de borato 48/palma/quincena o más, resulta nociva para el crecimiento adecuado de palmas de vivero y se expresa en un necrosamiento progresivo del área foliar y una limitación general del crecimiento de la palma. De otra parte, los mayores niveles de daño estuvieron asociados a concentraciones foliares de B en la hoja No. 3 superiores a 11 ppm, nivel que puede tomarse como referencia para futuros trabajos.

Se considera que el nivel de B que se encontró en el suelo no fertilizado (extraído con fosfato monocalcico) de 0,39 ppm, es adecuado para el normal desarrollo



**Figura 7:** Aspecto de la hoja No.3 del tratamiento testigo (sin aplicación de B). Nótese que no hay amarillamiento ni necrosis.



**Figura 8:** Afección observada en el tratamiento de 0,5 gramos de borato 48. Nótese las bandas amarillas a lo largo de la hoja y la aparición de puntos y áreas necróticas.



**Figura 9:** Necrosamientos en las hojas del tratamiento con 1 gramo de borato 48. Los puntos necróticos observados en la Figura 8 son ahora de mayor tamaño y empiezan a unirse formando bandas a lo largo de la hoja.



**Figura 10:** Necrosamientos en las hojas del tratamiento con 1,5 gramos de borato 48. La unión de los puntos necróticos formando líneas continuas termina por rasgar la hoja.



**Figura 11:** Necrosamientos observados en las hojas del tratamiento con 2,0 gramos de borato 48. Finalmente las hojas se fracturan y se observa el avance del amarillamiento y la necrosis.



**Figura 12:** Necrosamientos observados en las hojas del tratamiento con 2,5 gramos de borato 48. Nótese la severa reducción en el área foliar.

en la etapa de vivero del material de siembra utilizado, ya que en ninguna planta se observaron síntomas de deficiencia de B y, por el contrario, cualquier aplicación igual o superior a 0,5 g de borato/palma/quincena, causó toxicidad.

Los resultados muestran que existe un margen estrecho entre los niveles de suficiencia y de toxicidad del B para la palma en etapa de vivero, ya que con pequeños incrementos en la dosis de aplicación se aumentó de forma notoria la incidencia de necrosis de las hojas y se redujo el crecimiento. De acuerdo con lo anterior, antes de establecer un vivero debería hacerse un análisis del B disponible en el sustrato a utilizar y con base en los resultados, decidir sobre el requerimiento de B. De ser necesario suplementar el sustrato con B, esto debería hacerse antes de sembrar las plántulas, porque de esta manera se contaría con un sustrato donde las raíces encontrarían un nivel adecuado de B en la medida que crecen y ocupan de manera progresiva el volumen de sustrato que tienen a su disposición. Convendría, en consecuencia, realizar algunas pruebas de verificación de esta forma alterna de aplicar el B en los viveros, la cual también podría conllevar menores requerimientos de mano de obra.

Como era de esperarse, dado el conocimiento sobre el tema (Blevins y Lukaszewski, 1998; Brown y Hu, 1998), el B se comportó como un elemento inmóvil

en el floema de la palma, razón por la cual los síntomas de toxicidad no se expresaron en las hojas más jóvenes, sino que se requirió que los tejidos foliares lograran cierta edad y por ende cierta concentración de B, para verse afectados por los excesos de dicho nutriente. El conocimiento de este patrón de comportamiento es útil para los responsables del manejo agronómico de los viveros, pues les permite diferenciar esta situación de otros problemas y evaluar con más facilidad el efecto de las aplicaciones de B.

En la interpretación de estos resultados, debe tenerse en cuenta que la respuesta de las plántulas a las aplicaciones de B depende de la naturaleza del suelo y los demás componentes del sustrato que se utilice, y que existen diferencias entre materiales de siembra en cuanto a los requerimientos de B (Turner y Gillbanks, 2003). Por tales razones, es recomendable que en las plantaciones se realicen pruebas sencillas, que pueden hacerse con pocas palmas, para conocer los ajustes que se requieran para las condiciones particulares y evitar riesgos de inducir daños a las plántulas por excesos o retardos en el crecimiento por deficiencia de B.

## AGRADECIMIENTO

La investigación sobre la cual se basa este artículo fue cofinanciada por el Fondo de Fomento Palmero.

## BIBLIOGRAFIA

- Blevins, DG; Lukaszewski, KM. 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49:481-500.
- Brown, P; Hu, H. 1998. Boron mobility and consequent management in different crops. *Better Crops.* 82 (2):28-31.
- Corley, RH. V; Tinker, PB. 2003. *The oil palm.* 4a. ed. Blackwell Science. Oxford. 561p.
- Cuéllar S, M; Munévar M, F. 1998. Instalación y calibración del laboratorio de análisis foliares y de suelos de Cenipalma. *Cenipalmas* 43. Cenipalma. Bogotá.
- Hartley, C. 1983. *La palma de aceite.* Editorial Continental. México.
- Munévar M, F. 2001. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Palmas* (Colombia) 22(4):9-17.
- Rankine, IR; Fairhurst, TH. 1998. Nurseries, Field Handbook. *Oil Palm Series.* Vol.1. PPI-PPIC. Singapore. 93p.
- Turner, PD; Gillbanks, RA. 2003. *Oil palm cultivation and management.* 2ª ed. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur. 915p.

