

## EFICIENCIA DE USO DE NUTRIENTES: VERDADES Y MITOS

D. Dibb\*

### Introducción

El concepto de **Eficiencia de Uso de Nutrientes** es a menudo mal entendido o mal interpretado, particularmente si se lo discute como un proceso aislado y no en el contexto del sistema total de producción agrícola. Es importante recordar que la eficiencia y la viabilidad económica son parte del sistema total de producción y que cada uno de ellos tiene factores que necesitan ser optimizados para lograr la meta de producción propuesta.

Cuando se tiene acceso a los nutrientes requeridos por los cultivos, la tierra es a menudo el principal recurso limitante. Existen áreas donde se puede incorporar más tierra a la producción, pero en la mayoría de los casos esta es tierra marginal en términos de su potencial de producción. La explotación de estas tierras marginales generalmente trae consigo problemas de contaminación por erosión, pérdida de bosques y cobertura natural, pérdida de vida silvestre, etc. En otras palabras, la tierra más productiva está al momento siendo ya utilizada. Por esta razón, la forma más efectiva de mejorar la eficiencia de los sistemas agrícolas es a través de continuos incrementos en los rendimientos de los cultivos. Esto mejorará la eficiencia total del sistema debido a que el principal recurso limitante (tierra) es más productivo en términos de rendimientos por unidad de área cultivada.

El análisis de una curva clásica de respuesta demuestra como el concepto de **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser mal entendido o mal interpretado si se ignoran o se olvidan los valores y objetivos del sistema de producción. En la Figura 1 se presenta una curva de respuesta a la aplicación de un nutriente. El eje de las abscisas (Y) representa una medida del potencial de rendimiento, el cual puede llegar a 100% si todos los componentes necesarios están disponibles en cantidades óptimas. El eje de las ordenadas (X) representa los incrementos de aplicación de un nutriente en particular, asumiendo que los otros nutrientes y factores de manejo no son limitantes. Si algún otro nutriente o factor de manejo no se encuentra al óptimo, la curva puede parecer similar, pero llegará a su pico máximo con rendimiento menor y la pendiente podría ser de menor magnitud. Puede ser también que un nutriente cause toxicidad si se aplica en exceso, en este caso

\* El Dr. Dibb, es el Presidente del Instituto de la Potasa y el Fósforo (Potash and Phosphate Institute). Suite 110, 655 Engineering Drive, Norcross, Georgia, USA. E-mail: ddibb@ppi-far.org

OCTUBRE 2000

No. 41

### CONTENIDO

	Pág.
Eficiencia de uso de nutrientes: verdades y mitos	1
Efecto de niveles de N, P y K en la producción de cacao en Colombia	4
Boro: Se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas?	8
Nueva Impresión: Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar	13
Reporte de Investigación reciente	14
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16
Editor: Dr. José Espinosa	

*Se permite copiar, citar o reimprimir los artículos de este boletín siempre y cuando no se altere el contenido y se cite la fuente y el autor.*

la curva puede virar inmediatamente después que la curva ha alcanzado su pico máximo. Existen algunas variaciones de modo que se pueden dibujar una familia de curvas que podrían estar bajo la curva de más alto rendimiento.

En la Figura 1, el punto C es el rendimiento producido cuando solamente la fertilidad natural del suelo suplementa los nutrientes a la planta. Ninguno de los nutrientes limitantes ha sido aplicado. El punto C representa la situación de muchos países en desarrollo en los cuales los rendimientos son bajos debido a que los suelos son infértiles producto de los procesos naturales de meteorización o porque han sido cultivados por muchos años sin reemplazar los nutrientes removidos. El punto A es el máximo rendimiento potencial en un sitio dado asumiendo que todos los insumos necesarios están al óptimo nivel. El punto B es en realidad un rango que depende de variables de costo de producción y valor del producto que definen la meta final del sistema de producción. Esta meta es aquel rango donde se encuentra la más alta **Eficiencia de Uso de la Tierra** y donde todos los otros insumos están interaccionado a su óptimo nivel. Este rango se encuentra justamente debajo del máximo rendimiento potencial. Dentro de este rango se localiza el máximo económico, punto donde se encuentra el máximo retorno a la inversión en insumos en un particular sistema de producción.

Si arbitrariamente se divide la curva de respuesta en cuatro áreas, se puede entonces discutir algunos aspectos generales de la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** y de la **Eficiencia de Uso de la Tierra** y se

pueden comparar estas dos en la agricultura de países desarrollados y en la agricultura de países en desarrollo. Es aquí donde se observa como aparecen las malas interpretaciones. Las áreas I, II, III y IV se distribuyen de abajo hacia arriba de la curva como se observa en la Figura 2.

### Area I, parte baja de la curva de respuesta

Esta área se caracteriza por tener muy bajos rendimientos. Pocos nutrientes están disponibles en el suelo o se los aplica. A menudo, la única aplicación de nutrientes se hace a través de la incorporación de limitadas cantidades de residuos vegetales y animales que están disponibles en la finca, pero que no añaden los suficientes nutrientes para mover mucho la curva hacia arriba. Cualquier adición de un nutriente limitante produce una respuesta relativamente grande como lo indica la magnitud de la pendiente de la curva. Como los rendimientos son muy bajos, la **Eficiencia de Uso de la Tierra** es también muy baja. Las preocupaciones ambientales son significativas, ya que los cultivos crecen poco y lentamente, exponiendo al suelo a largos períodos de pérdidas por erosión hídrica y eólica. Paradójicamente, la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser muy alta debido a que una pequeña cantidad de nutriente aplicado puede proporcionar una alta respuesta en rendimiento. Si la meta es solamente buscar una alta **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, es aquí donde se la puede lograr, sin embargo, las necesidades alimenticias no serán satisfechas porque los rendimientos totales son muy bajos. Muchos países se pueden ubicar en esta parte de la curva. Un buen ejemplo son los países del Sub-

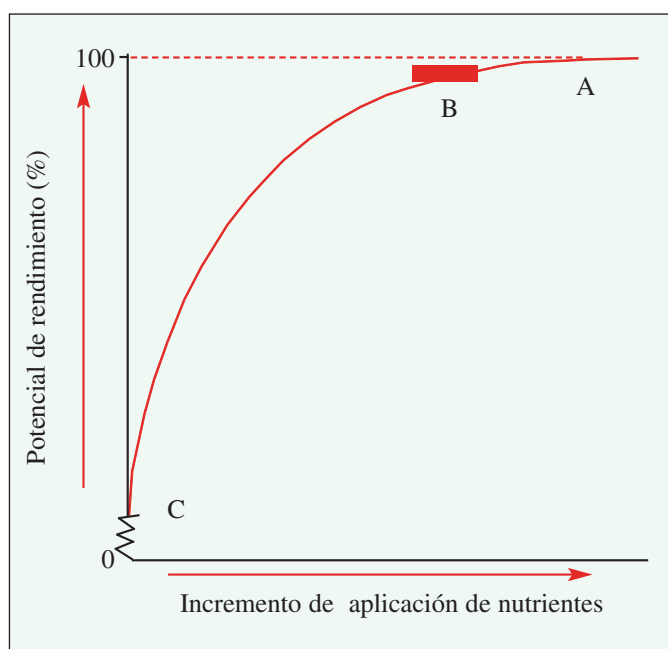


Figura 1. Curva clásica de respuesta a la aplicación de nutrientes.

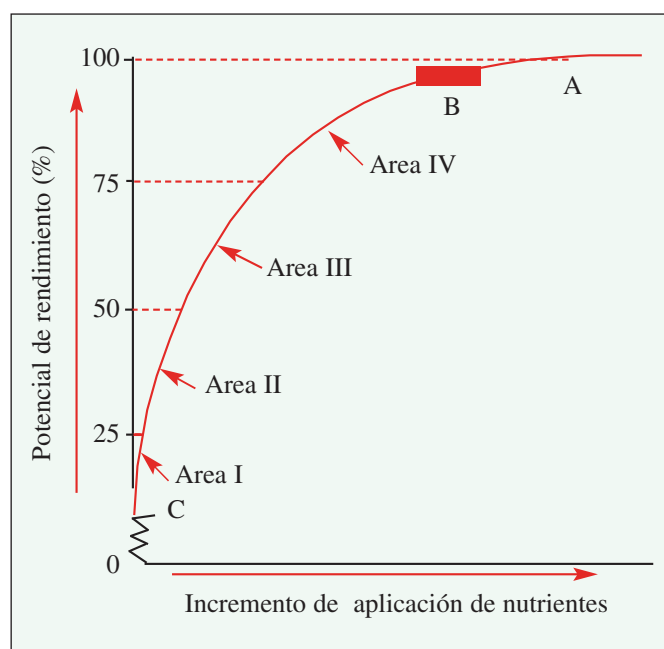


Figura 2. Compatibilidad entre Uso Eficiente de Nutrientes (UEN) y Uso Eficiente de la Tierra (UET).

Sahara en Africa. El Dr. Norman Borlaug ha descrito esta situación indicando que un modesto incremento de 20 a 30 kg/ha de nutrientes, junto con semillas mejoradas, puede incrementar el rendimiento dos, tres o cuatro veces. A pesar de esto, los rendimientos continúan siendo relativamente bajos y se encuentran todavía en la parte de mayor pendiente de la curva.

## Area II, rendimientos un poco mejores

En esta parte de la curva los rendimientos son un poco mejores como resultado de la utilización de variedades de rendimiento más alto que responden eficientemente a la aplicación de nutrientes. En esta condición frecuentemente se presenta un desbalance porque se usa solamente nitrógeno (N) con la exclusión o déficit de otros nutrientes como fósforo (P) y potasio (K) que pueden promover una respuesta adicional. Aun cuando la magnitud de la pendiente de la curva es menor, la **Eficiencia de Uso de N** es todavía bastante alta, mientras que otros nutrientes como P, K y azufre (S) son extraídos del suelo. Sin embargo, la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser más baja que en el área I. Desde el punto de vista ambiental, el crecimiento del cultivo no es lo vigoroso que podría ser y la erosión hídrica y eólica continúan sido un problema. Además, debido a que el N es usado sin un balance adecuado con P y K el potencial de pérdida de N del sistema es también alto. La **Eficiencia de Uso de la Tierra** no es muy buena porque los rendimientos están muy por abajo del potencial existente. La India, que produce rendimientos promedios relativamente bajos en relación al potencial, puede estar localizada en el área II. Los niveles de nutrientes son solamente medios y existe un considerable desbalance de nutrientes debido a políticas gubernamentales y a problemas de disponibilidad de recursos para la compra de fertilizantes. Varios estados de la antigua Unión Soviética está cayendo para ubicarse en esta área de la curva, a medida que se extraen los nutrientes del suelo sin que éstos sean repuestos. Los niveles de nutrientes han bajado a cerca del 30% de lo que fueron anteriormente. Si en esta área de la curva se determina la **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, solamente como la respuesta a los nutrientes aplicados, esta eficiencia puede ser bastante alta, sin embargo, los rendimientos declinan y la productividad futura se ve comprometida a medida que la **Eficiencia de Uso de la Tierra** se reduce.

## Area III, parte de la curva donde todavía hay buena respuesta a la aplicación de nutrientes

En esta parte de la curva los rendimientos se incrementan, pero la magnitud de la pendiente es menor. Para lograr estos rendimientos es necesario

mantener un mejor balance de nutrientes, incluyendo la aplicación de nutrientes secundarios [calcio (Ca), magnesio (Mg) y S] y micronutrientes, en el caso de que éstos sean deficientes. Las interacciones positivas entre nutrientes empiezan a hacerse evidentes y la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** mejora. El crecimiento de la planta es más vigoroso, reduciéndose el potencial de pérdidas por erosión. Se producen más residuos que incrementan el contenido de materia orgánica. Debido a que todavía existe un desbalance a favor del N, existe una eficiencia del N menor de lo deseado. China es un ejemplo de un país que ha pasado, en los últimos 10 a 15 años, del área II al área III de la curva. En este caso se ha trabajado bastante para balancear apropiadamente las relaciones N-P-K incluyendo la atención necesaria a los nutrientes secundarios y los rendimientos se han incrementado concordantemente. China puede todavía ver incrementos en los rendimientos para alcanzar el potencial existente y claramente se encuentra moviéndose hacia arriba en la curva a medida que se mejora el balance de nutrientes. La **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede todavía mejorar, pero China ha mejorado dramáticamente su **Eficiencia de Uso de la Tierra** y el retorno económico que obtiene el sistema como respuesta a la aplicación de los insumos.

Es interesante el anotar que algunas áreas de producción en el mundo han sido bendecidas con suelos altamente fértiles y que se han iniciado en el área III de la curva al comienzo de su desarrollo agrícola. Ejemplos de estas condiciones son Las Pampas Argentinas y los suelos del Medio Oeste de los Estados Unidos. En ambos lugares, los cultivos crecieron por muchos años sin que se reemplacen los nutrientes extraídos en las cosechas. Al no prestar atención al efecto de extracción de nutrientes, los rendimientos se reducen y pasan del área III al área II de la curva. En los Estados Unidos se empezó a prestar atención a este déficit a principios de la década de 1950 a medida que las deficiencias nutricionales empezaron a ser observadas y corregidas en el campo. Argentina está al momento pasando por la misma transición y la aplicación de nutrientes se ha incrementado en este país.

## Area IV, cima de la curva de respuesta

Al prestarse adecuada atención al balance de nutrientes la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** puede ser muy alta, aun cuando se encuentre en la misma cima de la curva de respuesta. La **Eficiencia de Uso de la Tierra** alcanza su más alto nivel. Los cultivos crecen vigorosamente y ayudan a proteger el suelo de la erosión hídrica

Continúa... Pág 7

# EFECTO DE NIVELES DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN LA PRODUCCION DE CACAO EN COLOMBIA

A. Uribe, H. Méndez y J. Mantilla

## Introducción

Países americanos y africanos, reconocidos productores de cacao, han adelantado numerosos estudios sobre fertilización. En Trinidad, experimentos sobre fertilización, distancia de siembra y sombra, señalan la importancia de utilizar mezclas completas de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en cacao a plena exposición solar. En México, se demostró una buena respuesta a la aplicación de N. En este caso se indica la amplia relación C/N de los residuos sobre el campo que hace necesaria la aplicación de altas cantidades de este elemento (Quiroz, 1981).

Experimentos conducidos en Brasil han demostrado que la fertilización del cacaotero bajo sombra solamente produce pequeños incrementos en producción, mientras que la fertilización de cacao a plena exposición solar produce incrementos considerables en rendimiento de grano seco. La fotosíntesis es mucho más intensa en una plantación sin sombra y la respuesta a la fertilización es alta. Sin embargo, cuando se suprime todo el sombrío y no se fertiliza, los rendimientos se reducen apreciablemente con el tiempo y la plantación entra en senescencia temprana (Pinto, 1962; Murria, 1982).

Los incrementos en producción documentados en experimentos conducidos en Africa son muy interesantes. Experimentos conducidos en Ghana, evaluados por 3 años consecutivos que se iniciaron en una plantación de 9 años de edad, demostraron que la aplicación de fertilizantes sin remoción de sombra incrementó la producción en un 25%. La simple remoción del sombrío elevó la producción de 750 a 2875 kg/ha (Pinto 1963, citado por Llano y Castaño 1997).

Los trabajos de investigación sobre fertilización edáfica y foliar en el cultivo del Cacao en Colombia han sido relativamente escasos. Se dispone de poca información sobre los requerimientos nutricionales, las dosis y épocas de aplicación de fertilizantes de acuerdo con la edad y grado de sombrío de las plantaciones en las diferentes zonas productoras del país.

Resultados de un experimento realizado durante 4 años en Marsella, Risaralda, Colombia, en una plantación de 9 años de edad, constituida por una mezcla comercial de híbridos, demuestran que la respuesta a la fertilización se obtiene a largo plazo. El mejor tratamiento obtuvo un promedio de 2536 kg/ha y fue el de mayor rentabilidad (Llano y Castaño, 1977).



Foto 1. Síntomas deficiencia de N en cacao.



Foto 2. Síntomas de deficiencia de K en cacao.

\* Tomado de: Uribe, A., H. Méndez y J. Mantilla. 1998. Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. Revista Suelos Ecuatoriales, 28:31-36.

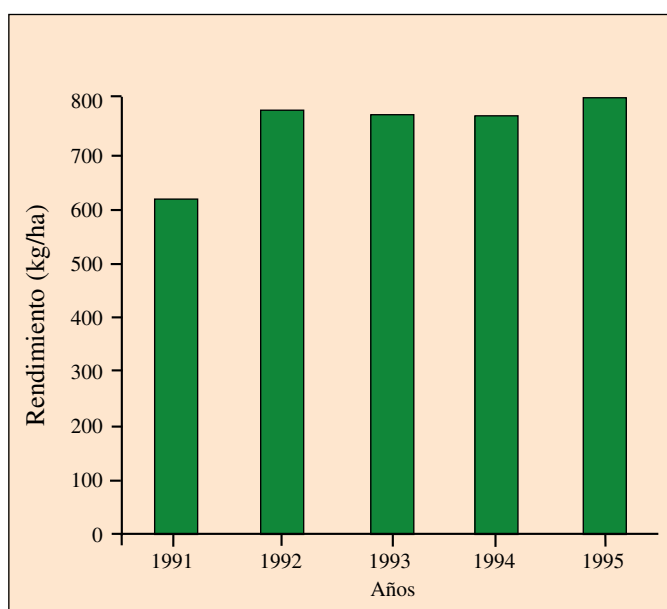
Experimentos conducidos en el área de Santa Marta, en el Caribe Colombiano, en una plantación de cacao constituida por mezcla de híbridos, se encontró que los mejores rendimientos se obtuvieron con la aplicación de 350 kg/ha de las fórmulas 13-26-4 y 12-6-22-2. La primera produjo 1.077 kg/ha y la segunda 1.020 kg/ha que representan incrementos de 383 y 325 kg sobre el testigo (694 kg/ha), respectivamente (Quiroz, et. al., 1981).

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la respuesta agronómica y económica del cultivo del cacao a plena exposición solar a la aplicación de diferentes niveles de N, P y K, en la zona agroecológica de mayor importancia para el cacao en Colombia.

## Materiales y métodos

El experimento se condujo desde octubre de 1990 a enero de 1996 en el municipio de Landázuri, Santander, Colombia. El sitio está ubicado a 900 m.s.n.m y tiene una precipitación promedio anual de 3.000 mm, temperatura media anual de 24°C y una humedad relativa del 85%. El suelo del área experimental presenta textura arcillosa, reacción ácida pH (4.7), alto contenido de M.O. (9.3%), mediana a alta saturación de aluminio (66%), bajos contenidos de P (9.0 ppm) y K (0.11 meq K/100 g).

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron dosis anuales de las siguientes combinaciones: Testigo agricultor (200 g dolomita/planta + 2 kg/planta de gallinaza ); 50-90-50; 100-90-50; 150-90-50; 50-90-100; 100-90-100; 150-90-100; 50-90-200; 100-90-200



**Figura 1. Rendimientos de cacao durante los 5 años del estudio (1991-1995) promediados a través de los tratamientos de fertilización, en Landázuri, Colombia.**

y 150-90-200 de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Todas las unidades experimentales recibieron una aplicación anual de 200 g/planta de dolomita. Las fuentes utilizadas fueron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Las dosis anuales se fraccionaron en 2 aplicaciones que se colocaron al inicio de los principales períodos lluviosos (marzo y septiembre). La plantación a plena exposición solar estuvo constituida por una mezcla comercial de híbridos y al inicio del trabajo las plantas tenían 4 años de edad. Se realizaron los análisis de suelos en las etapas inicial, intermedia y final del experimento.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones. La parcela experimental estuvo constituida por 15 árboles, con sus respectivos bordes. Mediante un normal manejo agronómico se atendió la plantación y la recolección de frutos con una frecuencia quincenal o mensual, según fuera época de alta o baja cosecha.

## Resultados y discusión

En la Tabla 1 se presentan los rendimientos promedio de 5 años como respuesta a la aplicación de los diferentes tratamientos. Sobresalen por su mayor respuesta a las dosis más altas de N y K. El tratamiento 150-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, es el mejor con una producción promedio de 1160 kg de grano seco/ha, rendimiento que superó al testigo con 597 kg/ha, lo que equivale a un 51% de incremento. El segundo mejor tratamiento es el de 100-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, con un rendimiento promedio de 1049 kg de grano seco, lo que equivale a un incremento del 46% frente al testigo.

Las respuestas en rendimiento de grano seco a la aplicación de niveles crecientes de N y K se explican en gran parte por los requerimientos del cultivo y por el

**Tabla 1. Efecto de niveles crecientes de N y K en el rendimiento de cacao en Landázuri, Colombia. Rendimientos promedio de 5 años (1991-1995).**

----- Tratamientos, kg/ha -----			Rendim.
N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	kg/ha
50	90	50	560
100	90	50	574
150	90	50	572
50	90	100	601
100	90	100	650
150	90	100	943
50	90	200	819
100	90	200	1049
150	90	200	1160
Testigo			562

bajo contenido de nutrientes en el suelo (Tabla 2). Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios con cultivos de cacao sin sombra en diferentes países en el mundo (Cabala, 1975).

El análisis combinado de varianza del rendimiento por años, promediando los tratamientos de fertilización, indica que el año 5 del estudio fue el que acumuló

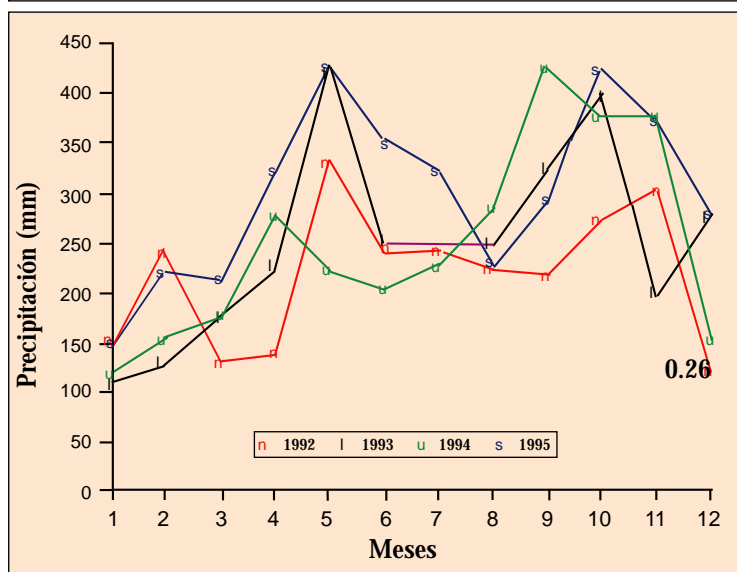
mayor rendimiento con un promedio de 802 kg de granos secos/ha. Los años 2, 3 y 4 presentan rendimientos más o menos similares y el año 1 resultó ser el de menor rendimiento (Figura 1). Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios y demuestran que el efecto de la fertilización en cultivos de plantación como el cacao se materializa a largo plazo (Llano y Castaño, 1977). La Tabla 2 registra la dinámica de los nutrientes en el suelo durante el período del estudio. Los incrementos visibles en la fertilidad aseguran la sostenibilidad del recurso suelo, su nivel nutritivo y la producción de rendimientos altos.

La mayoría de zonas productoras de cacao en Colombia, excepto las localizadas sobre la costa pacífica, presentan un rango de precipitación que va de 1000 a 2000 mm anuales. La zona de estudio tiene un promedio de 2956 mm para los últimos 4 años del estudio. La distribución de la precipitación es importante para determinar la época de aplicación de los fertilizantes a través del año. Aun cuando este no fue un parámetro de estudio cabe indicar que la aplicación de las dosis totales de fertilización utilizadas en el estudio se fraccionaron para coincidir con el inicio de los períodos de lluvia (Figura 2). Esto contribuye también al efecto de la aplicación de nutrientes en el rendimiento.

La tasa de retorno marginal para los diferentes tratamientos se presenta en la Tabla 3. De acuerdo con este análisis el mejor tratamiento, en términos económicos, es la aplicación 150-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Al comparar este tratamiento con el segundo mejor tratamiento

**Tabla 2. Análisis inicial, intermedio y final en las parcelas donde se obtuvo el mejor rendimiento. Landázuri, Colombia.**

Fecha	pH	M.O. %	P ppm	Al ---	K meq/100 g suelo	Ca ---	Mg ---
Marzo, 1990	4.6	9.2	10	2.9	0.12	0.60	0.11
Agosto, 1992	5.0	9.7	12	2.4	0.21	0.75	0.19
Julio, 1994	5.6	10.8	14	2.1	0.31	1.01	



**Figura 2. Distribución de la lluvia en el municipio de Landázuri, Colombia en el período 1992-1995.**

**Tabla 3. Tasa de retorno marginal por tratamiento en el experimento de fertilización cacao en Landázuri, Colombia.**

Tratamientos, kg/ha			Beneficio neto parcial \$/ha *	Costo variable fertilizantes \$/ha	Incremento marginal beneficio neto	Incremento marginal costo variable	Tasa retorno marginal %
150	90	200	1310500	258200	115250	37300	308
150	90	100	1195250	220900	103000	40100	256
150	90	200	1092250	180800	424400	37300	137
50	90	200	886150	184500**			
100	90	100	695300	182200**			
50	90	100	667850	143500	36700	18650	196
50	90	50	631150	124850			
Testigo			615700	143000**			
100	90	50	611350	163550**			
150	90	50	569950	202250**			

\* Pesos Colombianos (2200 pesos por dólar).

\*\* Tratamientos dominados.

(150-90-100), se observa que produce un ingreso adicional de \$115.250/ha, con una inversión adicional de \$37.300, lo que se traduce en una tasa de retorno marginal del 308%, considerado altamente rentable. Al compararse el mejor tratamiento con el tratamiento testigo, se observa un ingreso adicional de \$694.800/ha con una inversión marginal de solo \$115.200, lo que es altamente rentable.

## Conclusiones

El experimento documentó claramente la necesidad de fertilizar plantaciones de cacao a plena exposición solar, debido a su intensa actividad fotosintética que se refleja en altos rendimientos. Se obtuvo una alta respuesta a la fertilización con N y K y en el tratamiento que produjo el mejor tratamiento se aplicó al suelo 150-90-200 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente. Los datos demuestran que la fertilización adecuada del cacao a plena exposición puede ser rentable y que los rendimientos se sostienen a través del tiempo.

## Referencias bibliográficas

- Cabala, R. P. 1975. Exigencias nutricionales e fertilizacáo do cacauero. Centro de pesquisas Docacau. Itabuna, Brasil P:1-10.
- Llano, A. O. y Castaño M. C. 1977. Segunda etapa del ensayo sobre fertilización en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la hacienda Calamar. Tesis U. Caldas. Manizales (Colombia).
- Murray, D. B. 1982. Sombra y Nutrición. Cacao. 3ª edic. México. Edit. Continental. Pág. 13-159.
- Pinto, C. M. D. 1963. Requerimiento nutricional del Cacaotero durante un ciclo anual. Rev. Instituto Internacional de Ciencia Agrícolas.
- Quiroz, P. G. et al. 1981. Abonamiento del Cacao (*Theobroma cacao* L.) en fertilizantes compuestas en el corregimiento de Río Frío, zona bananera. I. A, Tesis (Resumen) 8ª conferencia Internacional de Cacao. Cartagena Oct. 18-24. 6 pág.

## Eficiencia del uso de nutrientes.. cont.

y eólica. Se producen cantidades altas de residuos que enriquecen el suelo con materia orgánica. Si los rendimientos se localizan en el rango B, se logra el óptimo económico y esto ayuda a asegurar la sostenibilidad del sistema.

Se podría concluir que la agricultura en los países desarrollados, como Estados Unidos o Europa Occidental, caería en esta categoría y esto es probablemente cierto. Sin embargo, en estos países todavía se encuentran preocupaciones de tipo ambiental como las pérdidas de suelo por erosión y la acumulación de N y P en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como con la viabilidad económica de la agricultura. A qué se debe esto? En parte se debe a que la mayoría de agricultores están en la parte superior del área III, o en la base del área IV de la curva, y todavía pueden mejorar. Los agricultores están tratando de introducir mejoras en el sistema, ya sea por medio de un mejor balance de nutrientes y adecuadas épocas y formas de aplicación de los fertilizantes, buscando elevar la **Eficiencia de Uso de Nutrientes**, por medio de un mejor manejo de los residuos del cultivo para reducir la erosión y mejorar la calidad del suelo, por medio de fajas de filtración que controlen la escorrentía superficial e intercepten los nutrientes que podrían perderse del campo hacia los

cuerpos de agua, y por medio de una gran cantidad de otras decisiones de manejo que buscan rendimientos más altos y mejor control ambiental.

Muy pocos agricultores logran rendimientos mayores al 75 u 80% del rendimiento potencial, aun en los países desarrollados. Por esta razón, se han empezado a utilizar nuevas herramientas en lo que hoy se conoce como Agricultura de Precisión o más objetivamente como agricultura de Manejo por Sitio Específico. Todo este nuevo manejo mejora la **Eficiencia de Uso de Nutrientes** y lo lleva a niveles aceptables para una producción agrícola sustentable, que provea adecuada cantidad de alimentos, fibras y combustibles en todo el mundo. En este punto se logra una verdadera **Eficiencia en el Uso de Nutrientes**, un punto que reside en el área IV de la curva y no en las áreas I, II y III. La **Eficiencia de Uso de Nutrientes** se optimiza como parte del sistema total de producción y esto a su vez maximiza la **Eficiencia de Uso de la Tierra** y el retorno económico a los insumos utilizados, mientras que al mismo tiempo se protege el ambiente. Estos componentes definen y determinan la sostenibilidad de la agricultura al momento y en el futuro.

## BORO: Se están aplicando las dosis suficientes para el adecuado desarrollo de las plantas?

T. Yamada\*

### Introducción

El calcio (Ca) y el boro (B) son nutrientes de fundamental importancia para el desarrollo de las yemas apicales y de las puntas de las raíces. Sin estos nutrientes se paraliza el crecimiento de nuevas brotaciones y el de nuevas raíces.

La corrección de los niveles deficientes de Ca a lo largo del perfil del suelo, por medio del encalado o la aplicación de yeso, es una práctica establecida. Debido a la inmovilidad del Ca en el floema, es preciso corregir el contenido de Ca en todo el perfil del suelo hasta donde llega el desarrollo radicular. Esto se puede hacer fácilmente mediante la aplicación de yeso. El encalado tiene el mismo efecto, pero solamente se afecta las capas superficiales del perfil del suelo, sin embargo, en siembra directa, el efecto es el mismo que el del yeso pero de forma un poco más lenta.

El B es también inmóvil en el floema, aun cuando existen excepciones como las plantas que producen polioles como sorbitol, manitol, dulcitol, que

acomplejan el B tornándolo móvil en el floema. Ejemplos son el maní, manzanos y nectarinas (Patrick Brownl, 1999; comunicación personal).

Desafortunadamente, el B es inmóvil en el floema en la mayoría de las plantas y por esta razón el nutriente debe estar presente en el suelo para facilitar el crecimiento radicular. En otras palabras, para que se desarrolle un buen sistema radicular es preciso que el B esté en cantidades adecuadas en el sitio mismo donde crecen las raíces (junto con el Ca).

Existen dos consagrados dogmas que restringen la aplicación de dosis de B mayores a las que se usan actualmente, estas son:

- u Que la franja entre deficiencia y toxicidad de B en la planta es muy estrecha
- u Que el B aplicado en el suelo se lixivias fácilmente

Existen resultados de trabajos de investigación que ponen en duda estos dogmas. Estos trabajos

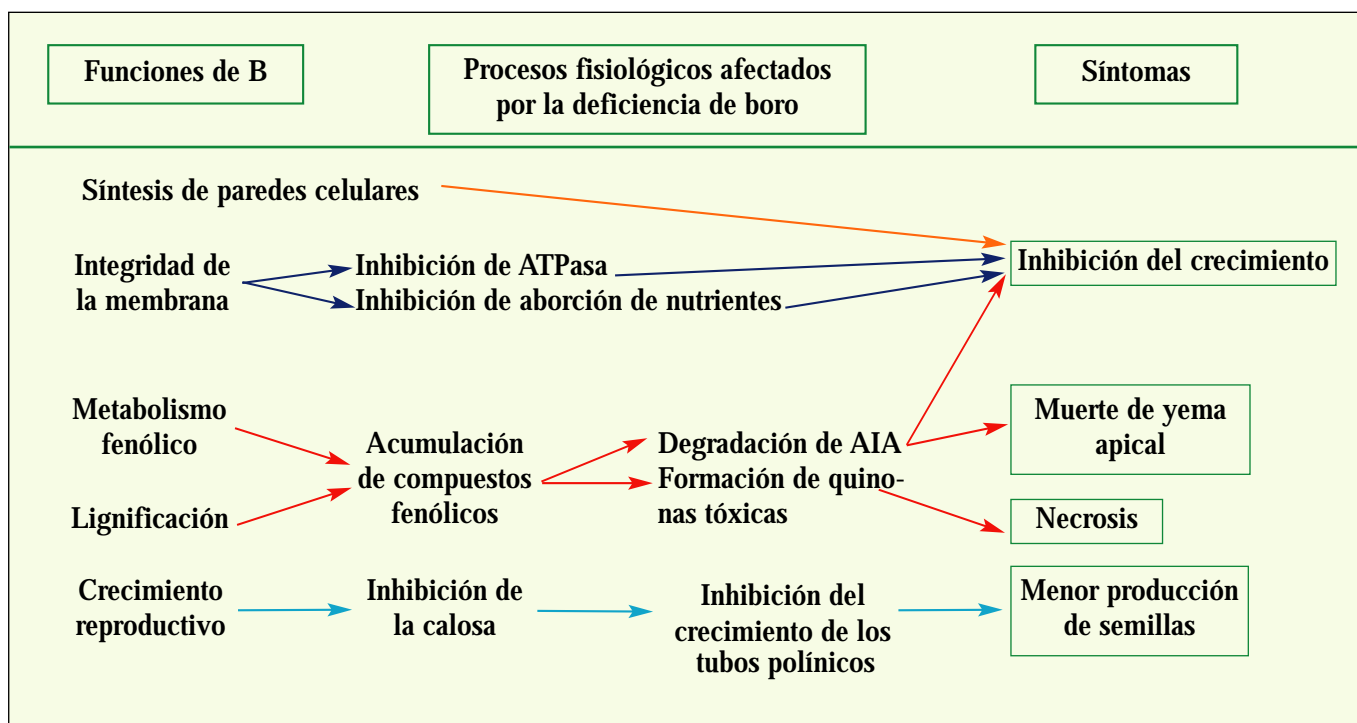
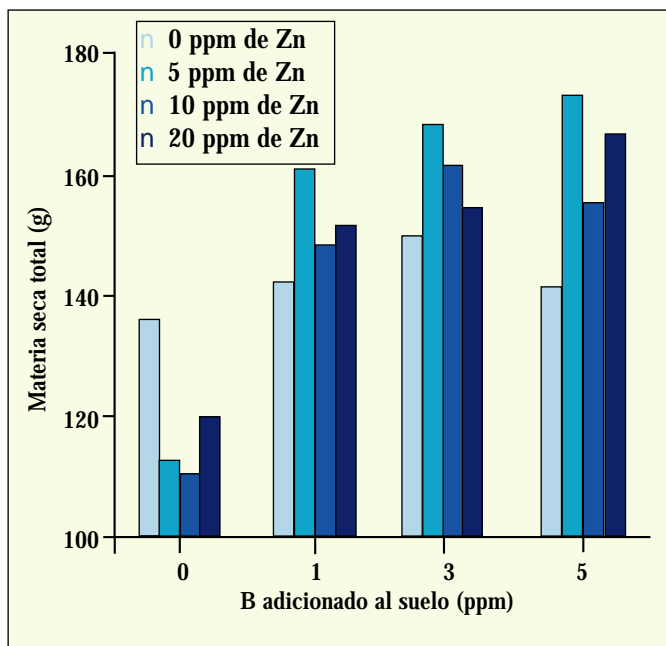


Figura 1. Funciones del boro y procesos fisiológicos afectados por su deficiencia y síntomas en la planta (Rönheld, comunicación personal).

\* Tomado de: Yamada, T. 2000. Boro: será que estamos aplicando a dose suficiente para o adecuado desenvolvimento das plantas? POTAFOS: Informacoes Agronomicas 90: 1-5.





**Figura 2. Materia seca total del café en función de los niveles de boro y zinc adicionados al sustrato.**

demuestran que no existe evidencia que soporte la idea de que la franja entre deficiencia y toxicidad de B es estrecha (Chapman et al., 1997), y que el factor que gobierna la disponibilidad de B en la solución del suelo es la lixiviación (Catani et al., 1971; Ribeiro & Braga, 1974; Correa et al., 1985; Goldberg, 1997). Estos conceptos se discuten a continuación:

### El B en la planta

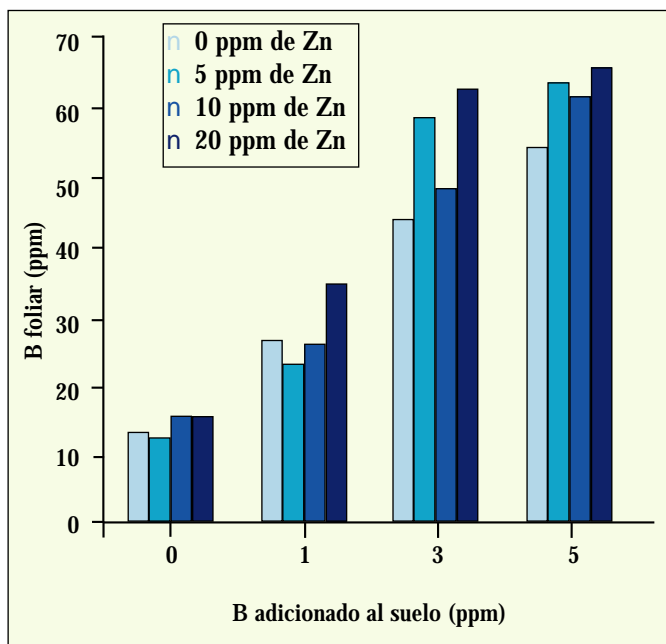
La deficiencia de B afecta muchos procesos fisiológicos de la planta como el transporte de azúcares,

síntesis y estructura de la pared celular, lignificación, metabolismo de carbohidratos, metabolismo del RNA, AIA, fenoles y ascorbato, respiración e integridad de la membrana plasmática. Entre las diversas funciones atribuidas al B en las plantas dos están claramente definidas. Estas son la síntesis de la pared celular y la integridad de la membrana plasmática (Cakmak & Römheld, 1998).

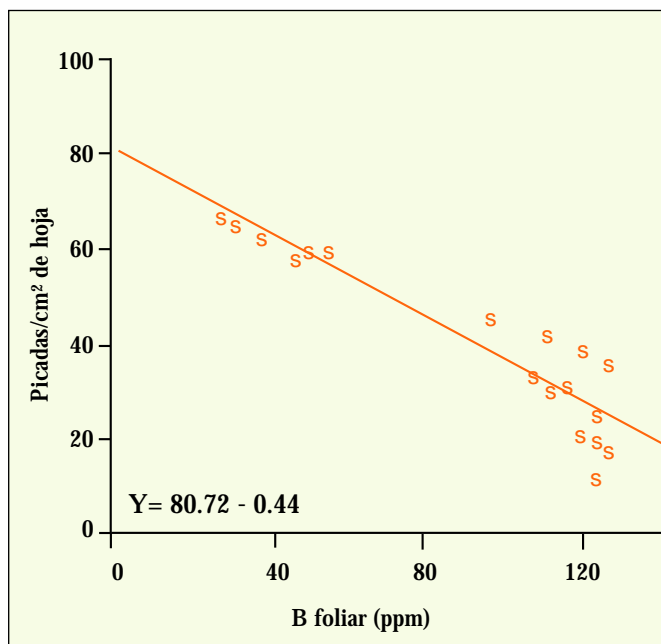
Las funciones del B, los procesos fisiológicos relacionados con la deficiencia y los síntomas en la planta se resumen en la Figura 1 (Römheld, Comunicación personal).

El trabajo de Power y Woods (1997) proporciona abundante información acerca del B de mucha implicación práctica que se resume a continuación:

- u La absorción del potasio (K) aumenta con la de B. Casi no ocurre absorción de K en ausencia de B, es decir, muchos casos de deficiencia aparente de K pueden ser de hecho deficiencia de B.
- u El B juega un papel importante en el transporte de fósforo (P) a través de las membranas y así como ocurre con el K, muchos casos de deficiencia de P pueden ser reflejo de la deficiencia de B.
- u El B y el zinc (Zn) son esenciales para el funcionamiento óptimo de la ATPasa y de los sistemas redox de la membrana plasmática, es decir, sin B se puede reducir la eficiencia de Zn y viceversa.



**Figura 3. Contenido foliar de boro en el café en función de los niveles de zinc adicionados al sustrato.**



**Figura 4. Relación entre el contenido de boro foliar y la intensidad del ataque de ácaros en plántulas de palma aceitera, 20 días después de la infestación.**

- u La enzima ureasa es inhibida por el ácido bórico, esto explicaría porque fracasa la aplicación foliar de urea conjuntamente con ácido bórico.

Boaretto et al. (1997) advirtieron que la falta de correlación entre el contenido de B en las hojas y el rendimiento se debe a la dificultad de remoción del B retenido en la cutícula foliar o ligado a la capa péptica de la pared celular.

Lima Filho (1991), en su tesis de maestría, estudió la interacción entre B y Zn. Observó que el aumento en producción de materia seca del cafeto como respuesta a dosis crecientes de Zn ocurría tan pronto como se elevaba el contenido de B en el suelo. Es decir, la respuesta al Zn dependía de un contenido mínimo de B en el suelo (Figura 2). Las mejores respuestas al Zn se obtuvieron con los tratamientos de 3 y 5 ppm de B en el suelo (Figura 3).

LeNoble et al., (1993) y Lukaszewski & Blevins (1996) observaron que las dicotiledóneas mejoraban el crecimiento radicular en presencia de B, aun en condiciones de aluminio (Al) tóxico. Un segundo trabajo explica el fenómeno por la mayor producción de ascorbato en las plantas a las que se suplió B. Plantas con deficiencia de B recuperaron el desarrollo radicular con la adición de ascorbato al medio. Cabe aquí la pregunta: podría la fertilización con B incrementar el desarrollo del sistema radicular, mejorando la resistencia de los cultivos a los veranos tan frecuentes en ciertos sitios?

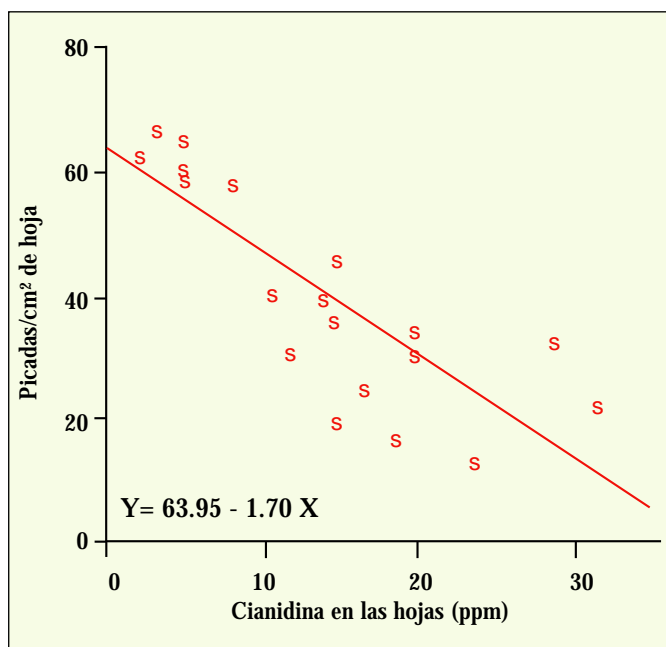
Es muy interesante el trabajo de Rajaratnam & Hock

(1975) con plántulas de palma aceitera. Se demostró que el aumento del contenido de B foliar redujo la infestación del ácaro rojo (*Tetranychus pirooei*) (Figura 4). Se observó además que existe correlación entre el B y la producción de cianidina, un polifenol que sería tóxico para el ácaro o que formaría complejos con compuestos nitrogenados que serían no disponibles o indigeribles por los ácaros (Figura 5). Nuevamente aquí la pregunta: Podría ser que lo observado en la palma aceitera podría también ocurrir en los cítricos, café y muchos otros cultivos?.

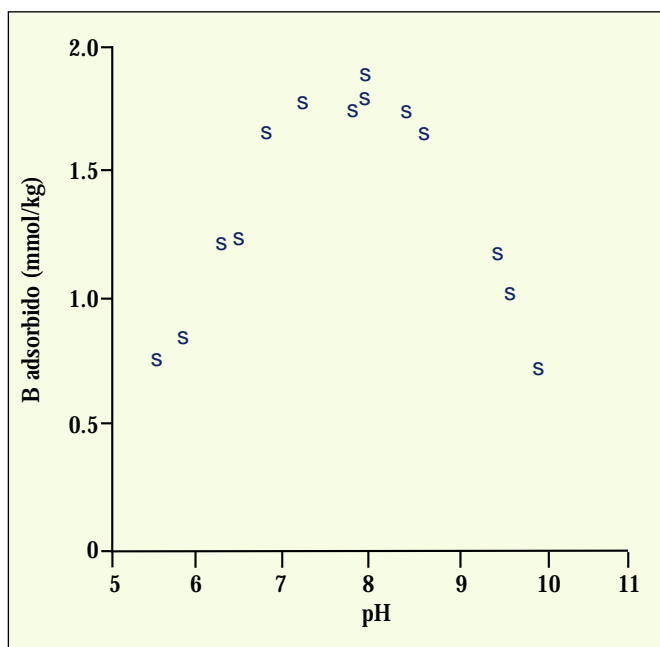
## Boro en el suelo

Se considera que el factor que gobierna la disponibilidad de B en el suelo es la lixiviación. Sin embargo, la absorción del B por las plantas depende solamente de su actividad (concentración) en la solución del suelo. Esta a su vez depende de las reacciones de adsorción del B en los materiales activos en el suelo, como los óxidos de Fe y Al, minerales arcillosos, materia orgánica, hidróxido de magnesio  $[Mg(OH)_2]$  y carbonato de calcio ( $CO_3Ca$ ). La adsorción aumenta con el aumento del pH, temperatura, contenido de materiales adsorbentes y con la disminución de la humedad del suelo (Goldberg, 1993).

Los óxidos de Al fijan más B que los óxidos de Fe. A pH 6.0 la adsorción de B es aproximadamente 20 veces mayor en los óxidos de Al que en los óxidos de Fe (Figura 6 y 7). En las arcillas cristalinas, la adsorción sigue al siguiente orden: illita > montmorillonita >



**Figura 5. Relación entre el contenido de cianidina y la intensidad del ataque de ácaros en plántulas de palma aceitera, 20 días después de la infestación.**



**Figura 6. Adsorción del boro por óxido de hierro en soluciones que contienen 5 ppm B (Goldberg y Glaubig, 1985).**

caolinita, además, la adsorción se incrementa con el pH (Figura 8).

En la Figura 6 es posible estimar que de una solución con 5 ppm de B a pH 6.0 se adsorben 10 mg de B/kg de óxido de Fe. Esto equivale a la adsorción de 0.2 kg de B por cada unidad de porcentaje de óxido de hierro presente en el suelo (suponiendo que 1 ha = 2 000 toneladas de suelo). Aplicando el mismo razonamiento en la Figura 7, se puede determinar que la adsorción de B llega a 4 kg de B por unidad de porcentaje de óxido de Al en el suelo.

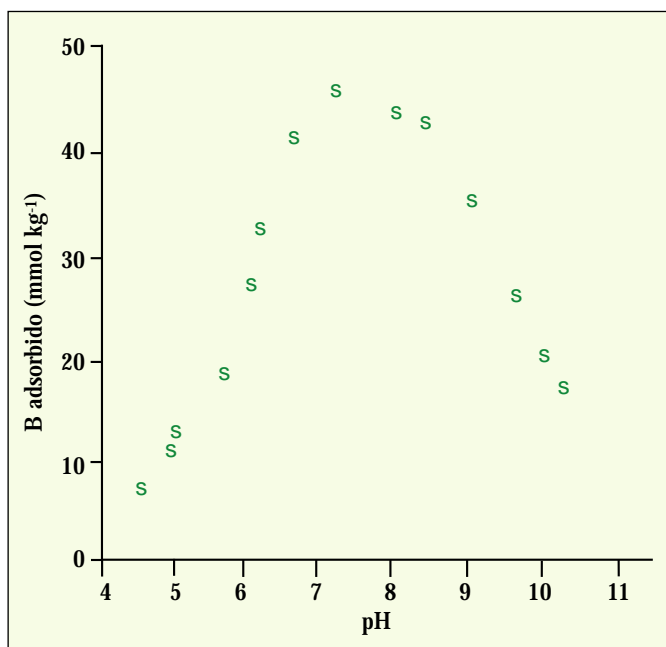
Catani et al., (1971), trabajando con muestras de suelo de los horizontes B de un Latosol rojo oscuro y un Podzsol rojo amarillo, observaron que la adsorción de B aumentó con la concentración de B de la solución de equilibrio y con el incremento del pH. Con la menor concentración de B probada en el estudio (5.0 mg/ml) y con pH 6.0 hubo fijación de 3.5 ppm de B, equivalentes a 7.0 kg de B/ha.

Ribeiro & Braga (1974), trabajando con 14 muestras de la capa superficial de Latosoles de Mina Gerais observaron valores de adsorción de B que variaban entre 8 y 34 ppm (16 a 64 kg de B/ha). Observaron también el efecto directo del pH en el incremento de la adsorción de B.

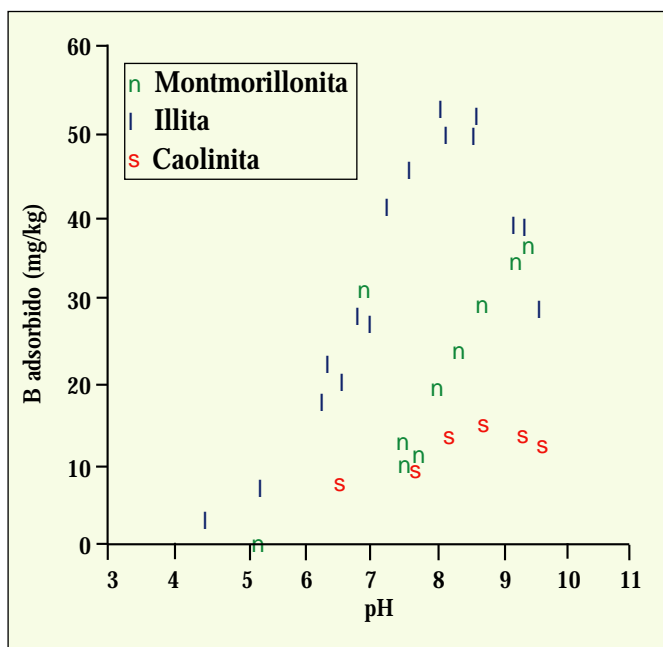
Correa et al. (1985), estudiaron la respuesta de café a la aplicación de B en dos Latosoles, uno arcilloso (75% de arcilla) y otro arenoso (11% de arcilla) y llegaron a las siguientes conclusiones, muy interesantes desde el punto de vista práctico:

- u La capacidad de adsorción de B depende de la textura del suelo, es decir, del contenido de arcilla. Cuanto mayor es el contenido de arcilla mayor es la adsorción;
- u La absorción de B por las raíces del café está en función del contenido de B en equilibrio en la solución del suelo (alrededor de 0.6-0.8 ppm) y no del B adsorbido por el suelo;
- u Las extracciones de B del suelo con la pasta de saturación o HCl 0.05 N presentaron mejores correlaciones con el absorbido por las raíces del café (Tabla 1).

Se puede observar en la Tabla 1 que el Latosol rojo distrófico con 75% de arcilla adsorbió 4.25 mg B/kg de suelo (equivalentes a 8.5 kg de B/ha, en la capa superficial a 20 cm de profundidad), lo que equivale también a decir un adsorción de a alrededor de 0.1 kg B por cada unidad de porcentaje de arcilla) para mantener una concentración de 0.60 g B/g en el extracto de saturación. Esta concentración a su vez proporcionó la mayor producción de peso seco total de las plantas de café. En el Latosol amarillo oscuro distrófico, con apenas 11% de arcilla, la mayor producción de peso seco total se dio a una concentración de 0.77 g B/g de suelo en el extracto de saturación, un poco mayor que en el suelo anterior, posiblemente debido a la menor capacidad tapón de este suelo. Esto corresponde a una adsorción de 2.05 mg B/kg de suelo, lo que equivalen a 4.10 kg B/ha en la capa superficial a 20 cm de profundidad, o alrededor de 0.4 kg de B por cada unidad de porcentaje de arcilla.



**Figura 7. Adsorción del boro por óxido de aluminio en soluciones que contienen 5 ppm B (Goldberg y Glaubig 1985, citados por Goldberg 1997).**



**Figura 8. Adsorción de boro en diferentes arcillas en soluciones que contienen 2 ppm de boro (Higston, 1964, citado por Goldberg 1997).**

**Tabla 1. Efectos del boro en el suelo (adicionado, adsorbido y extraído) en el desarrollo de las plantas y en la concentración de boro en las hojas de cafeto (Correa et al., 1985).**

B adicionado	B adsorbido	----- B extraído -----		Peso seco total	B foliar
		Extracto de saturación <sup>1</sup>	Extracción HCl 0.05 N		
g/ml	mg/kg	----- g -----		g/planta	ppm
----- LR Distrófico, 75% arcilla -----					
0	1.55	0.07	0.14	18.7	52
0.5	2.70	0.30	0.58	21.8	60
1.0	4.25	0.60	0.69	23.6	88
2.0	7.30	0.80	0.70	23.0	95
4.0	9.70	1.22	1.16	18.3	107
8.0	15.55	3.00	1.44	10.3	253
----- LAO Distrófico, 11% arcilla -----					
0	0.50	0.16	0.45	11.4	60
0.5	0.80	0.60	0.41	12.7	86
1.0	1.15	0.68	0.80	15.9	92
2.0	2.05	0.77	0.90	21.5	102
4.0	2.80	1.93	1.10	16.9	172
8.0	3.70	3.19	1.43	11.1	243

**1 Resultados expresados en peso seco.**

Como consecuencia de lo anterior se observa que las dosis de B necesarias para el desarrollo óptimo de las plantas es superior a las dosis máximas de B recomendadas actualmente. Por ejemplo se recomienda 1.5 kg de B/ha para la soya (EMBRAPA Soya, 1999) y 3.0 kg de B /ha para el café (CFSEMG, 1999). Aquí nuevamente la pregunta: se debería probar dosis mayores de B basándose en los contenidos de arcilla de los horizontes subsuperficiales del suelo que queremos corregir?.

## Conclusiones

El B participa de una serie de procesos fisiológicos dentro de la planta y en ocasiones su deficiencia se confunde con la de otros nutrientes como la de P y K. Entre las funciones del B en las plantas, dos están muy bien definidas: la síntesis de la pared celular y la integridad de las membranas plasmáticas. Por esta razón, en presencia de una deficiencia de B no crecen nuevas raíces y tampoco nuevas brotaciones.

La disponibilidad de B en la solución del suelo está gobernada por la adsorción de B con los coloides del suelo.

La adsorción de B se incrementa con el contenido de arcilla y con el pH del suelo.

Aparentemente, las dosis de B actualmente recomendadas no logran mantener la concentración adecuada de B en la solución del suelo para el

óptimo desarrollo de las plantas, particularmente en suelos arcillosos y con exceso de encalado.

Es necesario conducir más investigación para afinar la recomendación de B en los sistemas de cultivo actuales.

## Bibliografía

- Boaretto, A. E., C. S. Tiritan. y T. Muraoka. 1977. Effects of foliar applications of boron on citrus fruit and on foliage and soil boron concentration. In: Bell, R. W. & B. Rerkasem, (eds.). Boron in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers. p.121-123.
- Cakmak, I. y V. Romheld. 1977. Boron deficiency induced impairments of celular functions in plants. In: Dell, B., P.H. Rown y R. W. Bell. (eds.). Boron in soil and plants: review. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v.193, n1-2, p.71-83.
- Cakmak, I., H. Kurz y H. Marschner. 1995. Short-term effects of boron germanium and high light intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower. *Physiol. Plantarum*, v.95, p.11-18.
- Catani, R. A., J. C. Alcarde y F. M. Kroll. 1971. Adsorcao de boro pelo solo. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.28, p.189-198.
- Chapman, V. J., D. G. Edwards, F. P. C. Blamey y C. J. Asher. 1977. Challenging the dogma of a narrow supply range between deficiency and toxicity of boron. In: Bell, R. W. & B. Rerkasem. (eds.). Boron in Soils and Plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p. 151-155.

- CFSEMG-Comissao de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais. 1999. Recomendacoes para o uso de correctivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ta aproximacao. Vicosa: Universidade Federal de Vicosa. 359 p.
- Correa, A. E., M. A. Pavan y M. Miyazawa. 1985. Aplicacao de boro no solo e respostas do cafeeiro. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, v.20, n.2, p.177-181.
- EMBRAPA soja.1999. Recomendacoes técnicas para a cultura da soja no paraná 1999/2000. Londrina: 236p. (EMBRAPA Soja. Documentos, 131).
- Goldberg, S. 1977. Chemistry and mineralogy of born in soils. In: Gupta, U. C. (ed.). Boron and its role in crop production. Boca Raton: CRC Press, p. 3-44.
- LeNoble, M.E., D. G. Blevins, R. J. Miles. 1993. Extra boron maintains root growth under toxic aluminum conditions. Better Crops. Summer. p. 3-5.
- Lima Filho, O. F. 1991. Calibracao de boro e zinco para o cafeeiro (coffea arabica L. Cv. Catuaí amarelo). Piracicaba, 100p. Tese (mestrado) – Centro de Energia

Nuclear na Agricultura/USP.

- Rajartnam, J. A., L. I. Hock. 1975. Effect of boron nutrition on intensity of red spider mite attack on oil palm seedings. Experimental Agriculture, v.11, n.1, p 59-63.
- Lukaszewski, K. M. y D. G. Blevins. 1996. Root growth inhibition in boron-deficient or aluminum-stressed squash may be a result of impaired ascorbate metabolism. Plant Physiology, v. 112, p.1135-1140.
- Power, R. P. y W. G. Woods. 1977. The chemistry of boron and its speciation in plants. In: Dell, B., P. H. Ron y R. W. Bell. (eds.). Boron in soil and plants: review. Symposium, Chiang Mai, reprinted Plant and Soil, v. 193, n. 1-2, p.1-13.
- Ribeiro, A. C., J. M. Braga. 1974. Adsorcao de boro pelo solo. Experimentae, v.17, n.12, p.293-310.
- Ribeiro, A. C., P. T. G. Guimaraes y V. Alvarez. 1999. Recomendacoes para o uso de correctivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ta. Aproximacao. Vicosa: Universidade Federal de Vicosa. 359p.

# Nueva Impresión

## Manual de Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar



Así como la caña de azúcar se cultiva en diferentes condiciones físicas, químicas y biológicas de suelo y en diferentes condiciones climatológicas, el productor de caña enfrenta una diversidad de problemas muy complejos. La interacción entre factores de suelo y ambiente afecta los requerimientos nutricionales, el crecimiento y el rendimiento de la caña y además complica el entendimiento de la producción tanto a los estudiantes como a los agricultores experimentados. Un conjunto de decisiones de manejo deben tomarse antes, durante y después de la siembra. El monitorizar e interpretar el crecimiento de la planta durante el ciclo es un trabajo arduo. Para resolver estos problemas es necesario adquirir cierto nivel de conocimiento de las condiciones nutricionales de la caña. Este libro ayudará a los productores de caña a tomar decisiones adecuadas en el uso de fertilizantes. Esta guía describe e ilustra los desórdenes nutricionales en una manera simple y sin complicaciones y esto ayudará al estudiante y al agricultor experimentado a entender los requerimientos nutricionales de la caña.

La segunda impresión del **Manual de Nutrición de la Caña de Azúcar** esta a disposición de los interesados. El costo de esta publicación es US \$ 8:00 dólares más US \$ 3:00 dólares por costo de correo y puede ser adquirida en las oficinas de INPOFOS o en los sitios de venta en otros países.

## REPORTE DE INVESTIGACION RECIENTE

### EFECTO DE LA FERTILIZACION NPK EN LA FERTILIDAD DEL SUELO, NUTRICION Y CRECIMIENTO DEL CAUCHO

**Bataglia O. C. y W. R. Santos. 1999. Efeitos da adubacao NPK na fertilidade do solo, nutricao e crescimento da seringueira. R. Bras. Ci. Solo, 23:881-890.**

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes combinaciones de dosis de fertilizantes NPK sobre las características químicas del suelo, nutrición mineral y crecimiento, durante el periodo de formación de árboles de caucho [*Hevea brasiliensis* (Willd. Ex Adr. de Juss) Muell. Arg.], clon RMI 600. El experimento se instaló en un Latosol rojo-amarillo Podzólico distrófico A moderado, de textura arenosa/média, localizado en el municipio de Avaí, estado de Sao Paulo, en árboles de 2 y 8 años de edad en el periodo 1985 a 1993. Se utilizó un arreglo de bloques al azar, en un esquema factorial fraccionado (4x4x4). Se probaron dosis anuales de 0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O aplicadas en forma de urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. La evaluación del experimento se hizo por medio de análisis de suelo, análisis foliar y por el promedio del perímetro del tallo. El fertilizante nitrogenado (urea) causó intensa acidificación del suelo, además, la aplicación de urea incrementó la concentración de N y redujo la concentración de K y S en las hojas. La fertilización fosfatada incrementó la disponibilidad de P en el suelo y la concentración en las hojas, lo mismo sucedió con la fertilización potásica. Sin embargo, la correlación entre la concentración de P y K en el suelo y en las hojas y el periodo inmaduro no fueron coherentes con el incremento de la disponibilidad. Sin aplicación de los micronutrientes se pudo observar que la concentración de B en las hojas se correlacionó positivamente con el periodo inmaduro. En lo referente a los demás micronutrientes poco influyeron en la fertilidad del suelo.

### CONTRIBUCION DE LOS MECANISMOS DE FLUJO DE MASA Y DE DIFUSION PARA EL SUPLEMENTO DE K, Ca Y Mg A PLANTAS DE ARROZ

**Ruiz, A. H., J. Miranda y J. C. S. Conceicao. 1999. Contribucao dos mecanismos de fluxo de massa e de difusao para o suprimento de K, Ca e Mg a plantas de arroz. R. Bras. Ci. Solo 23:1015-1019.**

El transporte de nutrientes hasta la superficie de las raíces se realiza por flujo de masa o por flujo de masa y difusión dependiendo de la actividad del nutriente en la solución del suelo y de la exigencia nutricional de la planta. En experimentos realizados en invernadero se pudo verificar la contribución de los mecanismos de flujo de masa y de difusión para suplementar K, Ca y Mg a plantas de arroz. Para lo cual, se aplicaron a muestras de un Latosol

Variación Una, los siguientes tratamientos: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; CaCO<sub>3</sub> y MgCO<sub>3</sub>. Se cosecharon plantas de arroz, a los 75 días de la siembra, y se determinó la cantidad de K, Ca y Mg acumulado, así como la concentración de estos nutrientes en la solución del suelo. Para calcular el suplemento por flujo de masa se multiplicó la concentración por el volumen de agua transpirado. La difusión se estimó por diferencia entre la cantidad de nutriente acumulado en el vegetal y la cantidad transportada por flujo de masa. Se pudo constatar que el K se transportó predominantemente por difusión, excepto en el tratamiento con K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> que generó altos contenidos de K en la solución del suelo, tomando el flujo de masa suficiente para atender la demanda de las plantas. El Ca y el Mg fueron transportados por flujo de masa. Según los resultados, la difusión fue el principal mecanismo de transporte de K en condiciones experimentales, aunque ante una elevada concentración de K en la solución del suelo, el flujo de masa puede satisfacer independientemente la demanda nutricional de la planta.

### CONTENIDOS Y FORMAS DE FOSFORO EN SUELOS DESARROLLADOS SOBRE MATERIALES ALUVIALES DE TUCUMAN (ARGENTINA)

**Molina, N. C., R. Blanco, A. Cabrera y J. Arcia. 1999. Contenidos y formas de fósforo en suelos desarrollados sobre materiales aluviales de Tucumán (Argentina). Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba. Ciencia del Suelo 17(1):49-53.**

Se analizaron los contenidos de P total, orgánico, inorgánico móvil y resistente en cinco suelos de origen aluvial de los órdenes Molisol y Entisol cultivados con caña de azúcar. En todos los perfiles evaluados, el P ligado al calcio (P-Ca) y el P orgánico fueron las formas predominantes.

El contenido relativo de P-Ca aumentó en profundidad mientras que el de P orgánico disminuyó. Los fosfatos ligados al Al y al Fe (P-Al y P-Fe) constituyeron formas secundarias en todos los perfiles. El pH del suelo fue la principal variable que determinó la distribución de las formas inorgánicas de P. El contenido relativo de P resistente fue casi constante en cada perfil con valores bajos en los tres suelos desarrollados sobre material madre aluvial de la Sierra de Aconquia y altos para los dos suelos desarrollados sobre material madre aluvial originado por transporte local en vaguadas de la llanura Chacopampeana.

El contenido de P total fue bajo en estos dos últimos suelos y relativamente alto en los tres primeros; esto se interpretó de acuerdo a diferencias inherentes al material madre ligadas a la posición geomorfológica y geográfica.

## CURSOS Y SIMPOSIOS

### 1. CONFERENCIA FERTILIZANTES CONO SUR 2000

**Organiza** : British Sulphur Publishing  
**Lugar y Fecha** : Punta del Este - Uruguay, 27 - 29 Noviembre, 2000  
**Información** : Alexander More  
 British Sulphur Publishing  
 CRU Publishing Ltd.,  
 31 Mount Pleasant,  
 London WC1X0AD - England  
 Fax.: 44 20 7903 2432  
 Web: www.fertilizer-society.org

### 2. SIMPOSIO INTERNACIONAL RAICES DEL CULTIVO DE BANANO

**Organiza** : Corporación Bananera Nacional  
**Lugar y Fecha** : San José - Costa Rica, 5 - 8 Marzo, 2001  
**Información** : Ing. Antonio López M.  
 CORBANA  
 Apdo. 390-7210  
 Pococí - Limón - Costa Rica  
 Fax: 506 763 3055  
 E-mail: agrosuel@corbana.com

### 3. 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL AND PLANT ANALYSIS

**Organiza** : Palm International Conferences  
**Lugar y Fecha** : Edmonton - Canada, 21 - 27 Julio, 2001  
**Información** : Anette Palm  
 Palm International Conferences  
 Turnstrasse 11, 67707  
 Krickenbarch, Germany  
 Fax: +49 6307 401104  
 Web: www.isspa2001.com

### 4. XV CONGRESO LATINO AMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO

**Organiza** : Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo y  
 Sociedad Latino Americana de la Ciencia del Suelo  
**Lugar y Fecha** : La Habana - Cuba, 11 - 16 Noviembre, 2001  
**Información** : Dr. Rafael Villegas  
 Av. Van Troi No. 17203  
 Boyeros CP 19210  
 La Habana - Cuba  
 Fax: 53 7 666036  
 E-mail: xv@inica.edu.cu

### 5. XII SEMINARIO CIENTIFICO

**Organiza** : Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas INCA  
**Lugar y Fecha** : San José de Las Lajas - Cuba, 14 - 17 Noviembre, 2001  
**Información** : Dr. C. Walfredo Torres de la Noval  
 Secretario Ejecutivo  
 INCA  
 Gaveta Postal 1  
 Boyeros CP 19210 - San José de Las Lajas  
 La Habana - Cuba  
 Fax: 53 7 240942  
 E-mail: evento@inca.edu.cu

## PUBLICACIONES DE INPOFOS

**Las siguientes publicaciones de INPOFOS se encuentran disponibles al siguiente costo**

		US \$
U	<b>NUEVO Acidez y Encalado de los Suelos.</b> Boletín que discute los fundamentos de la acidez del suelo y permite planificar adecuadamente las estrategias de encalado en suelos tropicales.	\$ 8.00
U	<b>NUEVO Estadística en la Investigación del Uso de Fertilizantes.</b> Publicación que presenta conceptos actuales de diseño experimental e interpretación estadística de los datos de investigación de campo en el uso de fertilizantes.	\$ 4.00
U	<b>NUEVA IMPRESION Nutrición de la Caña de Azúcar.</b> Este manual de campo es una guía completa para la identificación y corrección de los desórdenes y desbalances nutricionales de la caña de azúcar. El tratamiento completo de la materia y las excelentes ilustraciones hacen de este manual una importante herramienta de trabajo en la producción de caña.	\$ 8.00
U	<b>Manual de Nutrición y Fertilización del Café.</b> Este manual presenta conceptos modernos del manejo de la nutrición y fertilización del cafeto como herramienta para lograr rendimientos altos sostenidos	\$ 20.00
U	<b>Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.</b> Publicación didáctica sobre uso y manejo de suelos y fertilizantes con datos y ejemplos de diferentes partes del mundo.	\$ 15.00
U	<b>Síntomas de Deficiencias de Nutrientes y Desórdenes en Palma Aceitera.</b> Guía de bolsillo para técnicos a cargo del manejo de plantaciones que deseen identificar los síntomas de deficiencia en el campo, conocer algo de sus causas y cómo éstas podrían prevenirse o remediarse.	\$ 8.00
U	<b>POTASA: Su Necesidad y Uso en Agricultura Moderna.</b> Esta publicación cubre aspectos como funciones de potasio en las plantas, necesidad, síntomas de deficiencia y el eficiente uso de fertilizantes potásicos.	\$ 4.00
U	<b>Manual de Nutrición y Fertilización del Banano: Una visión práctica de la fertilización.</b> Documento que resalta modernos conceptos de nutrición y fertilización de banano y que permite lograr recomendaciones prácticas sobre dosis de nutrimentos necesarios para lograr altos rendimientos sostenidos de banano.	\$ 20.00
U	<b>Fertilización del Algodón para Rendimientos Altos.</b> Publicación que cubre en forma detallada los requerimientos nutricionales, análisis foliar y de suelos y fertilización del cultivo del algodón.	\$ 5.00
U	<b>Nutrición y Fertilización del Maracuyá.</b> Esta publicación contribuye al mejoramiento de la producción de esta pasiflora al entregar a los productores, investigadores y estudiantes una discusión actualizada de la nutrición y fertilización del Maracuyá.	\$ 5.00
U	<b>Conceptos Agronómicos.</b> Panfletos que describen conceptos agronómicos básicos que ayudan en el manejo eficiente de suelos y nutrientes. Disponible: El Cloro, verdades y mitos.	\$ 0.50

**PEDIDOS DE PUBLICACIONES:** Las publicaciones de INPOFOS pueden ser adquiridas en las siguientes direcciones:

**COLOMBIA:** Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Carrera 11 No. 66-34, Oficina 601. Telf. y Fax.: 211-3383. E-mail: scsuelo@ibm.net. Bogotá, Colombia.

**COSTA RICA:** Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). Código Postal 2060. Telf.: 224-3712 Fax: 224-9367 E-mail: fbertsch@cariari.ucr.ac.cr. San José, Costa Rica.

**PERU:** Corporación MISTI S.A. Ing. Federico Ramírez, Tudela y Varela 179, San Isidro. Telf.: 222-6722 Fax: 442-9881 E-mail: framirez@corpimizi.com.pe. Lima, Perú.

**EN OTROS PAISES:** Solicitar las publicaciones a las oficinas de INPOFOS en Quito. Adjuntar cheque girado contra una plaza de los Estados Unidos a nombre del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) por el valor de las publicaciones más costo de correo (3.00 US \$ dólares por publicación).