

Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca

Rafael Quintero Durán*

Resumen

La importancia de los elementos menores en la nutrición de la caña de azúcar se basa principalmente en su participación en procesos enzimáticos, procesos de oxidación-reducción, formación de clorofila y transporte de carbohidratos. El cinc (Zn), el cobre (Cu), el hierro (Fe) y el manganeso (Mn) son absorbidos por las plantas en forma catiónica y como sales orgánicas complejas (quelatos); el cloro (Cl) es absorbido en forma aniónica; el molibdeno (Mo) como molibdato y el boro (B) como boratos.

En las condiciones de suelo y de clima que predominan en la parte plana del valle del río Cauca, las evaluaciones realizadas con 12 variedades de caña de azúcar indican que al producir 100 toneladas (t) de tallos molederos se generan 16 t de hojas y 11 t de yaguas y se extraen del suelo 9370 g de Fe, 1990 g de Mn, 490 g de Zn y 150 g de Cu. Los análisis de 620 muestras de suelo, tomadas entre 0 y 20 cm de profundidad, muestran que en la parte plana de este valle interandino predominan los suelos con contenidos bajos de Fe y altos de Mn, Zn y Cu; sin embargo, existe una proporción importante (39%) de suelos con contenidos bajos de cobre. Al determinar los contenidos de B, extraído con agua caliente, de suelos de las 15 series más importantes por su área, se encontró que la probabilidad de respuesta de la caña de azúcar a este nutrimento en esta zona es relativamente alta.

En cuatro experimentos realizados con la variedad MZC 74-275 en diferentes suelos de los órdenes Mollisols, Inceptisols y Vertisols no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en producción de caña ni en contenido de sacarosa de los tallos, pero debido a los efectos observados en ambas variables, para corregir posibles deficiencias de estos micronutrientes (contenidos <ppm del elemento respectivo) se sugieren aplicaciones al suelo de dosis (en kg/ha): entre 1 y 3 de B para suelos con <0.4 ppm, entre 3 y 5 de Zn para suelos con <1 ppm, entre 1 y 3 de Cu para suelos con <1 ppm, entre 3 y 7.5 de Fe para suelos con <40 ppm, y entre 2.5 y 5 de Mn para suelos con <20 ppm de Mn (B extraído con agua caliente, Zn, Cu, Fe y Mn extraídos con doble ácido o Mehlich).

Contenidos en la lámina de la hoja correspondiente al primer cuello visible entre 10 y 12 ppm de Cu, entre 82 y 127 ppm de Fe, entre 51 y 88 ppm de Mn y entre 18 y 19 ppm de Zn, determinados a los 3 meses de edad del cultivo, estuvieron relacionados con las más altas producciones de caña obtenidas con la variedad MZC 74-275, por tanto, estos valores pueden servir de guía para sugerir aplicaciones al suelo o foliares con base en el análisis de tejido.

* Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Edafólogo del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).

Introducción

En la zona plana del valle del río Cauca existen aproximadamente 200,000 hectáreas (ha) dedicadas al cultivo de la caña de azúcar. En 2003, el área cosechada en este valle interandino y destinada a la producción de azúcar fue de 170,002 ha y la producción total de azúcar fue de 2,500,500 t provenientes de 21,479,703 t de caña (Cenicaña, 2004).

Debido a las características agroclimáticas predominantes en la zona plana del valle del río Cauca, en Cenicaña se le ha dado prioridad a la fertilización de la caña con los elementos mayores nitrógeno, fósforo y potasio; sin embargo, las investigaciones realizadas para determinar las posibles respuestas de la caña de azúcar al boro (B), al cobre (Cu), al hierro (Fe), al manganeso (Mn) y al cinc (Zn), aunque no son suficientes para establecer niveles críticos específicos para el cultivo, han permitido establecer algunas pautas agronómicas para prevenir o corregir posibles deficiencias de estos elementos.

Los elementos menores o micronutrientes deben este nombre a las cantidades relativamente pequeñas que las plantas utilizan de ellos para su nutrición, pero son tan importantes como el resto de nutrientes esenciales por la relación que guardan con procesos enzimáticos, procesos de oxidación-reducción, formación de clorofila, transporte de carbohidratos, entre otros.

Los micronutrientes Cu, Fe, Mn y Zn son absorbidos por las plantas en forma catiónica y como sales orgánicas complejas (quelatos), el

cloro (Cl) es absorbido en forma aniónica, el molibdeno (Mo) como molibdato (MoO_4^{2-}) y el B como boratos ($\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, H_2BO_3 , HBO_3^- o BO_3^{3-}).

Las deficiencias de micronutrientes suelen presentarse como consecuencia de la pobreza natural del suelo o ser inducidas por condiciones adversas relacionadas con la acidez o la alcalinidad, el contenido de materia orgánica, la sequía, el exceso de humedad y los desbalances nutricionales debido a manejos inadecuados de los fertilizantes y las enmiendas.

La extracción de nutrientes por parte de la caña de azúcar depende de la variedad sembrada, el tipo de suelo, el clima, el manejo del cultivo y el número de corte.

Extracción de nutrientes

La extracción de nutrientes por parte de cualquier cultivo varía ampliamente ya que depende de la variedad sembrada, el tipo de suelo, las condiciones climáticas y el manejo del cultivo. Con respecto de la caña de azúcar, además de estos factores también influye el número de corte. Los promedios generales de 12 variedades importantes para el sector azucarero colombiano indican que por cada 100 t de tallos producidos se generan 16 t de hojas y 11 t de yaguas y se extraen 105 kg de nitrógeno (N), 26 kg de fósforo (P) y 208 kg de potasio (K). En relación con los elementos menores, la caña de azúcar extrae cantidades de Fe mayores que de otros micronutrientes; la extracción de este nutriente es casi cinco veces más alta que la de Mn, 19 veces más que la de Zn y 62 veces más que la de Cu (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producciones de hojas y yaguas y extracciones de elementos mayores y menores por cada 100 toneladas de tallos de caña de azúcar cosechados.

Variables	Parte de la planta			Total
	Tallos	Hojas	Yaguas	
Peso húmedo (t)	100	16	11	127
Nitrógeno (kg)	61	32	12	105
Fósforo (kg)	19	5	2	26
Potasio (kg)	121	54	33	208
Calcio (kg)	21	35	13	69
Hierro (g)	3960	3370	2040	9370
Manganeso (g)	630	810	550	1990
Cinc (g)	340	80	70	490
Cobre (g)	100	30	20	150

De las cantidades totales de elementos mayores y menores extraídas por el cultivo para producir 100 t de tallos, gran parte de ellas se encuentran en las hojas y en las yaguas. En el caso de los elementos menores, en las hojas y las yaguas se encuentran el 58% del Fe, el 68% del Mn, el 31% del Zn y el 33% del Cu. Si la caña es cosechada sin quemar y los residuos de la cosecha se incorporan al suelo mediante las labores de labranza realizadas para el levantamiento de las socas o durante la preparación del terreno en plantaciones renovadas, las extracciones reales serían del orden de 3960 g de Fe, 630 g de Mn, 340 g de Zn y 100 g de Cu por cada 100 t de tallos de caña producidos (Quintero, 1999).

Las diferencias entre las extracciones total y real evidencian la importancia del manejo de los residuos de cosecha, especialmente cuando son incorporados al suelo, no solamente por los contenidos de nutrimentos de las hojas y de las yaguas, sino también por los efectos benéficos en las condiciones físicas y biológicas de los suelos una vez que estos residuos se han descompuesto y gran parte de la materia orgánica se ha mineralizado para pasar a formar parte de la reserva nutricional del suelo y aumentar de esta forma la fertilidad.

Características de los suelos de la zona plana del valle del río Cauca

Esta zona tiene una extensión aproximada de 400,000 ha y sus suelos presentan una variabilidad relativamente alta. De acuerdo con un estudio semi-detallado de toda la zona plana y de tres estudios detallados de las áreas de influencia de tres ingenios azucareros, hasta 2004 se han identificado 126 suelos pertenecientes a los órdenes Mollisols, Inceptisols, Vertisols, Entisols, Alfisols, Ultisols e Histosols (IGAC, 1980). Los tres primeros órdenes ocupan más del 80% del área y la gran mayoría de los suelos son de origen aluvial, algunos suelos de pie de monte son de origen coluvio-aluvial.

Predominan los suelos franco-arcillosos, casi neutros, con contenidos medianos de materia orgánica, altos de P disponible, medianos de K intercambiable y altos de Ca y de Mg intercambiables.

Aunque se presentan suelos con relaciones Ca/Mg amplias y otros con relaciones Ca/Mg invertidas, la mayoría de ellos presentan relaciones con valores cercanos a 2 (relaciones 2:1).

Los valores de pH predominantes en los suelos se encuentran entre 5.5 y 7.3; pero los suelos alcalinos se presentan con mayor frecuencia que los ácidos, por tanto, en los suelos que están por fuera de este rango existe mayor probabilidad de que se presenten bajas disponibilidades de B, Cu, Fe, Mn y Zn.

Al analizar cerca de 620 muestras de suelos provenientes principalmente de lotes de cultivadores de caña de azúcar, se encontró un predominio de contenidos bajos de Fe y contenidos considerados tentativamente apropiados y altos de Zn, Mn y Cu (Cuadro 2). Sin embargo, es importante destacar que 39% de los suelos presentaron contenidos bajos de Cu.

Cuadro 2. Distribución porcentual de los suelos de la parte plana del valle del río Cauca, según el pH y los contenidos de hierro, manganeso, cinc y cobre.

pH		Hierro		Manganeso		Cinc		Cobre	
Valor	%	ppm*	%	ppm*	%	Ppm*	%	ppm*	%
<5.5	1	<40	86	<20	5	<1	14	<1	39
5.5-7.3	61	40-80	9	20-40	23	1	2	1-1.4	16
>7.3	38	>80	5	>40	72	>1	84	>1.4	45

* Niveles críticos tentativos (Extracción con doble ácido o Mehlich).



Investigaciones sobre dosis de boro, cinc, cobre, hierro y manganeso

Boro

El boro (B) es absorbido en la forma de borato por las raíces o por las hojas e interviene en la actividad mitótica y en el transporte de azúcares a través de las membranas. En relación con los síntomas de deficiencia de este micronutriente existe bastante coincidencia entre varios autores al señalar que se afecta el desarrollo apical debido a su inmovilidad dentro de la planta. Los entrenudos son cortos, las hojas son deformes, cortas y dispuestas en racimo como si emergieran de un mismo punto y las láminas foliares presentan parches cloróticos intervenales que se convierten en manchas cloróticas al aumentar la edad del cultivo. También pueden aparecer estrías cloróticas intervenales que con el tiempo se necrosan y al caerse el tejido quedan perforaciones alargadas en forma de escalera. Otro síntoma característico es la presencia de hojas cartucho entrelazadas, retorcidas y descoloridas (Agarwala *et al.*, 1986; Sobral y Weber, 1983) (Figura 1).

Contenidos de B en el suelo entre 0.4 y 0.6 ppm extraído con agua caliente (Malavolta, 1982) o con $\text{Ca} (\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,008 M, son considerados tentativamente como adecuados para el cultivo de la caña de azúcar.

Resultados de análisis correspondientes a suelos de las 15 series más importantes del valle del río Cauca indican que la probabilidad

de respuesta por la caña de azúcar a la aplicación de B es relativamente alta. Cuatro experimentos realizados en un campo donde se usó bórax como fuente de B en suelos de los órdenes Mollisols, Inceptisols y Vertisols no mostraron efectos estadísticamente significativos en la producción de la variedad MZC 74-275 que justifiquen plenamente su aplicación al suelo, pero debido a los aumentos obtenidos en producción de caña en dos suelos Vertisols e Inceptisols y en los contenidos de sacarosa en tres suelos Mollisols y Vertisols se recomienda aplicar B en dosis entre 1 y 3 kg/ha para suelos con contenidos de B por debajo de 0.4 ppm, aplicados en el fondo del surco en plantilla al momento de la siembra junto con P y K o en banda e incorporado al suelo junto con nitrógeno 45 días después de la siembra o del corte en socas.

En las condiciones agroclimáticas del valle del río Cauca, la caña de azúcar extrae cantidades de hierro mayores que las de otros nutrimentos. Siguen en orden de extracción el manganeso, el zinc y el cobre.

De acuerdo con Malavolta (1990) por cada 100 t de caña obtenidas en plantilla o primer corte se extraen entre 178 y 238 g de B del suelo. Las fuentes más comunes para aplicar al suelo son bórax, pentaborato de sodio, tetraboratos hidratados de sodio y vidrios de B finalmente molidos. Para aplicaciones foliares se usan el solubor y el ácido bórico.



Fotografías reproducidas. Fuente: Anderson y Bowen, 1990. Números 1, 2 y 3 muestran síntomas de deficiencia de boro. Número 4 muestra síntomas de toxicidad causada por boro.

Figura 1. Síntomas de deficiencia y toxicidad causados por el boro en caña de azúcar.

La importancia de los elementos menores en la nutrición de la caña de azúcar se basa principalmente en su participación en procesos enzimáticos, de oxidación-reducción, formación de clorofila y transporte de carbohidratos.

Cinc

El Zn es absorbido por las plantas en forma catiónica o como sales orgánicas. Interviene en el metabolismo de auxinas, utilización de agua, actividad enzimática y crecimiento celular (López, 1992; Malavolta, 1982; Price *et al.*, 1972; Kanwar y Youngdahl, 1985).

La deficiencia de Zn en caña de azúcar se caracteriza por la presencia de entrenudos cortos, reducción de la lámina foliar en la base de las hojas y formación de macollos cortos y débiles. Las hojas de la parte media muestran rayas cloróticas o necróticas (Agarwala *et al.*, 1985). De acuerdo con Sobral y Weber (1983) los primeros síntomas de deficiencia de este elemento aparecen en las hojas más nuevas, sus nervaduras se vuelven cloróticas, surgen estrías no simétricas pero el tejido intervenal permanece verde (Figura 2). Esta sintomatología se acentúa más en el ápice de las hojas, posteriormente aparece en todo el limbo que se torna clorótico con excepción de dos franjas angostas situadas a cada lado de la nervadura principal.

En general, se consideran como niveles adecuados de Zn en el suelo los contenidos de 1 ppm cuando es extraído por el método de Mehlich y entre 1.5 y 4 ppm, extraído por el método de Hunter (Malavolta, 1990; Lora, 1990).

Al evaluar 12 variedades de caña de azúcar se encontró una extracción media de 490 g de Zn por cada 100 t de tallos cosechados (Quintero, 1999). De 618 muestras de suelo analizadas en Cenicaña y provenientes de cultivos de caña de



Fotografía reproducida.
Fuente: Anderson y Bowen, 1990.

Figura 2. Síntoma de deficiencia de cinc en caña de azúcar.

azúcar, los contenidos de Zn extraído por el método Mehlich indican que el 16% presentaron contenidos bajos, o sea, iguales o <1 ppm y el 84% restante presentaron contenidos >1 ppm. Los experimentos de campo establecidos en cuatro sitios del valle del río Cauca no mostraron diferencias estadísticas significativas debido a la aplicación de Zn, pero en dos suelos con contenidos entre 1 y 4 ppm de Zn hubo incrementos en la producción de caña y en tres suelos con contenidos entre 1 y 3 ppm en el contenido de sacarosa de los tallos.

Estos resultados preliminares y las cantidades extraídas por la caña de azúcar en estas condiciones han servido de base para recomendar entre 3 y 5 kg de Zn por hectárea para suelos que presenten contenidos bajos de este nutrimento.

Las parcelas de altas producciones de caña presentaron, a la edad de 3 meses, contenidos entre 18 y 19 ppm de Zn en la lámina de las hojas correspondientes al primer cuello visible de la variedad MZC 74-275. Estos valores pueden servir de base para programar oportunamente aplicaciones foliares en suelos de la parte plana del valle del río Cauca donde exista probabilidad de que se presente la deficiencia de este nutrimento.

Como fuentes comunes de este nutrimento para aplicaciones en el suelo se encuentran sulfatos, el óxido, carbonato y quelatos de Zn. En las experimentaciones hasta ahora realizadas por Cenicaña se ha utilizado el sulfato de Zn y sus aplicaciones fueron efectuadas al momento de la siembra en el fondo del surco.

Cobre

El Cu es absorbido por las plantas en forma catiónica y como sales orgánicas complejas o quelatos. Es esencial para la actividad de varias enzimas que intervienen en procesos como la respiración y la fotosíntesis (Anderson y Bowen, 1990) y proporciona resistencia a enfermedades.

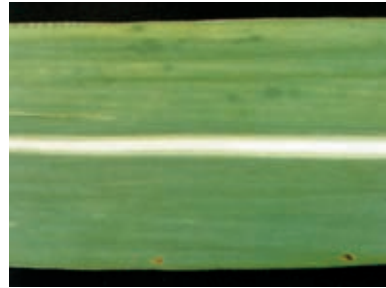
Las deficiencias de Cu son muy comunes en suelos donde se han efectuado altas aplicaciones de abonos orgánicos. El resultado

fisiológico de la deficiencia de este micronutriente es una aparente marchitez de las hojas debido al debilitamiento de las paredes celulares, pero no debe ser relacionado con el estrés por falta de agua (Kanwar y Youngdahl, 1985). En caña de azúcar la deficiencia de Cu se presenta como una clorosis general de las hojas nuevas con ápices blanquecinos (Figura 3). En algunos casos aparece una constricción de la hoja más nueva que la conduce al colapso; los macollos tienden a aumentar pero las hojas muestran también los ápices doblados (Agarwala *et al.*, 1986).

En el caso de Cu del suelo, se consideran tentativamente como adecuados para la mayoría de los cultivos los contenidos entre 1 y 3 ppm, extraídos con NaHCO_3 0.5 N + EDTA 0.05 M (método de Hunter) y entre 1 y 1.4 ppm cuando se usa el método de Mehlich (extracción con HCl 0.05 N + H_2SO_4 0.025 N) (Lora, 1990; Malavolta, 1990).

Para las condiciones agroclimáticas del valle del río Cauca, al evaluar 12 variedades de caña de azúcar se encontró una extracción media de 150 g de Cu por cada 100 t de tallos cosechados (Quintero, 1999). De 617 muestras de suelo analizadas en Cenicaña y provenientes de cultivadores de caña de azúcar, los contenidos de Cu extraído por el método de Mehlich indican que el 39% presentaron contenidos bajos (<1 ppm) y el 45% contenidos altos (>1.4 ppm).

En cuatro experimentos se encontró que las aplicaciones de Cu aumentaron la producción de caña en dos suelos con contenidos de 2 y <1 ppm y los contenidos de saca-



Fotografías reproducidas.
Fuente: Anderson y Bowen, 1990.

Figura 3. Síntomas de deficiencia de cobre en caña de azúcar.

rosa en dos suelos con contenidos <1 ppm de este elemento, no obstante las diferencias en producción de caña y en contenidos de sacarosa no fueron significativas. Con base en las más altas producciones de caña obtenidas con la variedad MZC 74-275 en estos experimentos, los contenidos entre 10 y 12 ppm de Cu en la lámina foliar en plantillas de 3 meses de edad se pueden considerar adecuados para las condiciones agroclimáticas del valle del río Cauca.

Entre las fuentes de este nutriente se encuentran sulfato de cobre, óxido de cobre y los quelatos. En las investigaciones que se realizaron en los ingenios azucareros se utilizó sulfato de cobre pentahidratado. Aunque los resultados son muy preliminares, en caso de ser necesario aplicar este nutriente la dosis podría variar entre 1 y 3 kg/ha.

Hierro

Es absorbido por las plantas en forma catiónica y como sales orgánicas complejas (quelatos). Interviene en procesos enzimáticos, transporte de electrones, metabolismo de ácidos nucleicos, síntesis de clorofila y fotosíntesis. La deficiencia de Fe es muy frecuente en suelos calcáreos (Murphy y Walsh, 1972) y se manifiesta en hojas jóvenes en forma de rayas pálidas que alternan con el color verde de las nervaduras. Cuando la deficiencia se acentúa, las hojas más jóvenes toman una coloración blanquecina, mientras que las hojas bajas presentan una coloración verde amarillenta (Figura 4). Generalmente estas clorosis por deficiencia de Fe se presentan en forma de parches irregulares en el campo en las plantaciones de caña de azúcar con edades aproximadas entre 3 y 4 meses.

Para el cultivo de la caña de azúcar se pueden considerar tentativamente como adecuados los contenidos de Fe del suelo entre los 40 y 80 ppm, cuando se determina por el método de Mehlich y entre 10 y 20 ppm por el método de Hunter, (Malavolta, 1990; Lora, 1990).

Las cantidades de Fe extraídas por la caña de azúcar son mayores que las de los otros micronutrientes (Quintero, 1999). Para las condiciones agroclimáticas del valle del río Cauca, se ha calculado que por cada 100 t de tallos cosechados se extraen 9370 g de este nutriente del suelo (Cuadro 1). De 617 muestras de suelo provenientes de cultivos de caña de azúcar, los contenidos de Fe extraído por el método de Mehlich indican que el 86% pre-



Fotografía: Rafael Quintero D.

Figura 4. Síntomas de deficiencia de hierro en la variedad CC 85-68 sembrada en un suelo Vertisols alcalino.

sentaron contenidos bajos; el 5%, contenidos altos y el 9%, contenidos entre 40 y 80 ppm, tentativamente considerados apropiados para el cultivo.

En experimentos realizados en cuatro suelos Mollisols, Vertisols e Inceptisols se observó que las más altas producciones de caña de la variedad MZC 74-275 (plantilla) presentaron contenidos de Fe entre 82 y 127 ppm en las láminas de las hojas correspondientes al primer cuello visible, tomadas a 3 meses de edad del cultivo; en consecuencia, estos valores, que están por debajo de los contenidos encontrados en otras regiones, pueden ser considerados como adecuados para la caña de azúcar en suelos de la parte plana del valle del río Cauca.

La aplicación de Fe en los suelos antes mencionados aumentó ligeramente la producción de caña en dos suelos que contenían entre 2 y 42 ppm de Fe (método de Mehlich) y los contenidos de sacarosa de los tallos en tres suelos que presentaron entre 2 y 33 ppm de Fe. Estas diferencias, aunque no fueron significativas, junto con los requerimien-

tos del cultivo, han servido de base para sugerir aplicaciones de Fe en dosis entre 3 y 7.5 kg/ha para suelos con contenidos bajos de este micronutriente.

Las fuentes más utilizadas son sulfatos, quelatos y óxido de Fe, los cuales se aplican en el fondo del surco inmediatamente antes de la siembra para plantilla y en banda e incorporados al suelo a los 45 días después del corte para socas. Se han presentado casos de baja disponibilidad en el suelo como consecuencia de la presencia de pH muy alto y las deficiencias de Fe se han controlado mediante la aplicación de quelatos o sulfatos de hierro por vía foliar.

Manganeso

Al igual que el Zn, el Cu y el Fe, el manganeso (Mn) es absorbido por las plantas en forma catiónica o como sales orgánicas complejas. Sus funciones están relacionadas con procesos enzimáticos y fotosintéticos. Su disponibilidad disminuye con las adiciones de abonos orgánicos al suelo, aunque este elemento no forma compuestos definidos con la materia orgánica (Krauskopf, 1972).

Los síntomas de deficiencia se caracterizan por la presencia de bandas oscuras a lo largo de las nervaduras que alternan con bandas verdes-amarillentas; se diferencian de los síntomas de deficiencia de Fe porque las bandas verde amarillentas aparecen en la parte media de las hojas jóvenes y se prolongan hacia el ápice (Figura 5). En casos muy severos de deficiencia de Mn, las áreas verde-amarillentas se tornan grises y hasta blancuzcas (López, 1978; Martín *et al.*, 1987; Labanauskas, 1966).

Los contenidos de Mn en el suelo entre 5 y 10 ppm (método de Hunter) y entre 20 y 40 ppm (método de Mehlich) se consideran tentativamente como adecuados para el cultivo de la caña de azúcar (Malavolta, 1990). De 617 muestras de suelo provenientes de cultivos de caña de azúcar, los contenidos de Mn extraído por el método de Mehlich indican que el 5% presentan conte-



Fotografía reproducida.
Fuente: Anderson y Bowen, 1990.

Figura 5. Síntomas de deficiencia de manganeso en caña de azúcar.

nidos bajos; el 72% contenidos altos y el 23% contenidos entre 20 y 40 ppm, considerados tentativamente como apropiados para el cultivo; en consecuencia, las deficiencias de Mn en cultivos de caña de azúcar en la zona plana del valle del río Cauca son poco probables.

Para las condiciones agroclimáticas de este valle interandino, los promedios de 12 variedades de caña de azúcar indican que por cada 100 t de tallos cosechados se extraen 1990 g de Mn del suelo; este cultivo extrae más Mn que B, Cu y Zn, pero menos que Fe (Quintero, 1999).

A pesar de la baja respuesta esperada al Mn, en cuatro experimentos realizados con la variedad MZC 74-275 en suelos de los órdenes Inceptisols, Mollisols y Vertisols, las aplicaciones de Mn en dosis 2.5 kg/ha aumentaron ligeramente la producción de caña en dos suelos cuyos contenidos variaron entre 34 y 46 ppm, y de sacarosa en dos suelos con contenidos que variaron entre 34 y 60 ppm de este nutrimento. Así mismo, las producciones más altas se presentaron en plantilla con contenidos de Mn foliar entre 51 y 88 ppm a la edad de 3 meses; estos valores son menores que los encontrados en algunos países y pueden servir de base para corregir mediante la aplicación foliar posibles deficiencias en caña de azúcar. Con base en los contenidos en el suelo, en forma preliminar se recomienda aplicar hasta 5 kg de Mn para suelos con contenidos <40 ppm, extraídos con doble ácido o método de Mehlich. Como fuentes de Mn normalmente se usan sulfato, óxido, carbonato y quelatos de este elemento. En las experimentaciones realizadas

en cuatro ingenios azucareros del valle del río Cauca se usó como fuente sulfato de manganeso.

Conclusiones

De estas investigaciones sobre las respuestas de la caña de azúcar a las aplicaciones de algunos elementos menores se concluye:

- En las condiciones agroclimáticas del valle del río Cauca, la caña de azúcar extrae del suelo cantidades de elementos menores en el orden siguiente: Fe > Mn > Zn > Cu.
- Los análisis de 620 muestras de suelo indican que en esta zona predominan los suelos con contenidos bajos de Fe y adecuados y altos de Zn, Mn y Cu.
- Los análisis de muestras correspondientes a los 15 suelos más importantes por sus extensiones de la zona plana del valle del río Cauca, indican que predominan los suelos con bajos contenidos de B.
- Para corregir posibles deficiencias (contenidos <ppm del elemento respectivo) de estos micronutrientes, se sugiere aplicar: B entre 1 y 3 kg/ha para suelos con contenidos <0.4 ppm; Zn entre 3 y 5 kg/ha para suelos con contenidos <1 ppm; Cu entre 1 y 3 kg/ha para suelos con contenidos <1 ppm; Fe entre 3 y 7.5 kg/ha para suelos con <40 ppm; y Mn entre 2.5 y 5 kg/ha de para suelos con <20 ppm (B extraído con agua caliente; Zn, Cu, Fe y Mn extraídos con doble ácido o Mehlich).

- Contenidos en la lámina de la hoja correspondiente al primer cuello visible entre 10 y 12 ppm de Cu, entre 82 y 127 ppm de Fe, entre 51 y 88 ppm de Mn y entre 18 y 19 ppm de Zn, determinados a 3 meses de edad del cultivo, estuvieron relacionados con las más altas producciones de caña obtenidas con la variedad MZC 74-275, por tanto, constituyen una guía interesante para sugerir aplicaciones al suelo o foliares con base en el análisis de tejido.

Referencias

- Agarwala, S.C.; Chatterjee, C.; Nautiyal, B.D.; Dube, B.K.; Nautiyal, N. 1985. Induction of deficiency of zinc, copper and molybdenum in sugarcane effect on growth, sugar concentration and some enzyme activities. Sugar Cane (Great Britain) N° 6, pp. 1-7.
- Agarwala, S.C.; Chatterjee, C.; Nautiyal, N. 1986. Copper boron interaction in sugarcane. Taiwan Sugar, v.32 no.2. pp. 10-16.
- Anderson, D. L.; Bowen, J. E. 1990. Sugarcane Nutrition. Atlanta, Potash and Phosphate Institute (PPI). 39 p.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), Cali. 2004. Informe Anual 2003. Cali, Cenicaña.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Bogotá (Colombia). 1980. Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá, IGAC. 582 p.
- Kanwar, J.S.; Youndahl, L.J. 1985. Micronutrients needs of tropical food crops. Fertilizer Research. v.7 pp. 43-67.
- Krauskopf, K.B. 1972. Biochemistry of micronutrients. En: Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Science Society of America. pp. 7-40.
- Labanauskas, C.K. 1966. Manganese. En: Chapman, H.D. (ed.), Diagnostic criteria



La perfecta solución en la nutrición de la caña de azúcar



En la caña de azúcar estimula a la planta a mejorar la fijación del contenido de sacarosa en los tallos y evita su desdoblamiento, aplicado al momento de la maduración.



Presentación: garrafa por 20 litros.



Mejora el desarrollo en plantaciones de caña de azúcar, aplicado via foliar cuando por condiciones extremas de humedad no hay posibilidad de absorción de nutrientes desde el suelo, incrementando su productividad.



Presentación: garrafa por 20 litros.



Elaborado a base de Acido Giberélico AG₃ actúa como promotor de crecimiento, su formulación líquida facilita el manejo y dosificación para ser usada en mezclas nutritivas o tradicionales comúnmente utilizadas.



Presentación: garrafa por 1 litro.



Brenntag Colombia S.A.
División Agrícola
E-mail: agroquimicos@brenntagla.com

MOSQUERA, CUNDINAMARCA,
Carretera Troncal Occidente Km. 19
PBO: (1) 2 94 04 20

CALL VALLE
Calle 13 No. 32 - 150
Arroyohondo, Yumbo
Tel: (2) 6 91 08 00

www.brenntagla.com



Viene de la página anterior

for plants and soils. Riverside, University of California, Division of Agricultural Science. pp. 264-285.

López F., Y. 1992. Funciones e interacciones de los elementos menores en plantas y suelos En: Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. pp.1-22. Palmira, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Comité Regional del Valle.

López, G. Funciones de algunos micronutrientes en las plantas. 1978. En: Potasio y micronutrientes en la agricultura colombiana. Memorias, v.9, No.2. pp. 141-148. V Coloquio de Suelos. Suelos Ecuatoriales. Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo (SCCS).

Lora S., R. 1990. Análisis de suelos y material vegetal para micronutrientes. En: Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. pp. 81-97. Palmira, SCCS, Comité Regional del Valle.

Malavolta, E. 1982. Nutrição mineral e adubação da cana de açúcar. s. l. Ultrafertil. 80 p. (Serie divulgativa técnica no. 9).

Malavolta, E. 1990. Micronutrientes en la fertilización de la caña de azúcar. En: Seminario. Actualidad y futuro de los micronutrientes en la agricultura. pp. 293-332. Memorias. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). Palmira, Colombia, Octubre 24-25, 1990. Palmira, SCCS.

Martín O., J.R.; Gálvez R.G; Armas U.R.; De Espinosa O.R.; Vigoa H. R.; León M.A. 1987. La caña de azúcar en Cuba. La Habana, Científico Técnica. 669 p.

Murphy, L. S; Walsh, L. M. 1972. Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers. En: Soil Science Society of America. Micronutrients in agriculture. pp 347-381. Madison, USA, Soil Sci. Soc. of America,

Price, C. A.; Clark, H. E.; Funkhouser, E. A. 1972. Funtions of micronutrients in plants. En: Morvedt, J. J.; Giordano, P. M.; Lindsay, W. L.. Micronutrients in

agriculture. pp. 231-242. Madison, Soil Sci. Soc. of America.

Quintero D., R. 1999. Extracción de nutrientes por la caña de azúcar. Carta Trimestral (Colombia), v.21 no.2, pp. 4-7.

Sobral, A.F.; Weber, H. 1983. Nutrição mineral da cana de açúcar (Micronutrientes). En: Nutrição e adubação da cana de açúcar no Brasil. pp. 103-122. Piracicaba, Planalsucar.