

CRECIMIENTO Y DINÁMICA DE ACUMULACIÓN DE NUTRIENTES EN CAÑA DE AZÚCAR. I. MACRONUTRIENTES

Marcos Rengel¹, Fernando Gil² y José Montaña¹

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el crecimiento y patrones de acumulación de macronutrientes en una variedad de caña de azúcar y contribuir con el manejo racional de su fertilización se evaluó en un tablón plantado con la variedad RB 85-5035, en la localidad de Chivacoa, estado Yaracuy, Venezuela. La evaluación consistió en realizar diez muestreos de la parte aérea de la planta con frecuencia mensual a lo largo del ciclo de cultivo. Cada muestra constó de tres cepas o "macollas", tomadas al azar en una superficie de 0,6 m² por cepa, y se determinó en tallos y hojas el contenido de materia seca y la concentración de macronutrientes. En los meses 11 y 12 se tomaron muestreos adicionales para determinar el contenido final de materia seca. Hacia el final del ciclo la planta acumuló 43,7 t·ha⁻¹ de biomasa aérea, con un 75,1 % correspondiente a tallos y el restante a tejido foliar. La acumulación de N, P, K, Ca, Mg y S a los 300 días después del corte (ddc) fue de 201,4; 43,2; 149,0; 112,7; 71,1 y 71,6 kg·ha⁻¹, respectivamente. El nitrógeno se acumuló principalmente en las hojas durante una buena parte del ciclo pero al final fue transportado mayoritariamente hacia los tallos; se detectaron dos períodos críticos de absorción, el primero de los cuales abarcó las etapas de macollamiento y crecimiento en la fase vegetativa, y el segundo en la etapa de maduración de la fase reproductiva. Los nutrientes P, K, Mg y S se distribuyeron proporcionalmente en hojas y tallos durante la mayor parte del ciclo del cultivo, pero se diferenciaron radicalmente a partir del día 251 ddc, momento en que la acumulación se dirigió fundamentalmente hacia el tallo. El calcio se almacenó principalmente en las hojas pero al final del ciclo se revirtió la tendencia y los tallos superaron moderadamente a las hojas. Se detectó que durante los cuatro primeros meses del ciclo el cultivo había producido solamente el 16,5 % de su biomasa seca, pero había acumulado entre 20 y 40 % de los macronutrientes, lo cual sugiere la necesidad de su suministro desde las primeras etapas del cultivo.

Palabras clave adicionales: Biomasa, nutrición mineral, *Saccharum* spp híbrido

ABSTRACT

Growth and dynamics of nutrient accumulation in sugarcane. I. Macronutrients

With the purpose of assessing the growth and macronutrient accumulation patterns of the sugar cane plant and promote a rational fertilization management of the crop, an evaluation was carried out in a plot cropped with the RB 85-5035 variety, in Chivacoa, Yaracuy State, Venezuela. The trial consisted on taking ten monthly samplings of the aerial portion of the plant, along the whole crop cycle. Each sample consisted of three stumps, taken at random in a surface of 0.6 m² per stump, and dry biomass content and macronutrient concentrations were determined on both leaves and stalks. In the months 11 and 12, additional samples were taken to determine the final dry biomass. At the end of cycle the crop accumulated 43.7 t·ha⁻¹ dry biomass, with 75.1 % corresponding to the stalks and the remaining to the leaves. The accumulation of N, P, K, Ca, Mg, and S at 300 days after cutting (dac) was 201.4; 43.2; 149.0; 112.7; 71.1 and 71.6 kg·ha⁻¹, respectively. Nitrogen accumulated mainly in leaves during a good part of the cycle but at the end the nutrient was mainly translocated to the stems; it were found two critical periods of absorption, the first of which covered the stages of tillering and vegetative growth phase, and the second one was located at the stage of maturation of the reproductive phase. The nutrients P, K, Mg and S were proportionally distributed in leaves and stems for most of the crop cycle, but differed dramatically from 251 dac, when the accumulation was directed mainly towards the stem. Calcium was stored mainly in the leaves but at the end of the cycle the trend was reversed and the nutrient in the stems moderately exceeded that in the leaves. It was found that for the first four months of the plant growth the crop had produced just 16.5 % of its total biomass, but it had accumulated between 20 and 40 % of the macronutrients, which suggests the needs of their supply since the initial steps of the crop cycle.

Additional key words: Dry biomass, mineral nutrition, *Saccharum* spp hybrid

INTRODUCCIÓN

El manejo eficiente de cualquier cultivo se

basa en el conocimiento adecuado de las diferentes etapas fenológicas durante el ciclo de vida de las plantas. Estas etapas están definidas

Recibido: Octubre 30, 2009

Aceptado: Octubre 29, 2010

¹ Agri de Venezuela. Antigua vía Yaritagua, Chorobobo, estado Lara, Venezuela. email: marcos.rengel@agri.com.ve

² Fundacaña. Sector Central Matilde, Chivacoa, estado Yaracuy, Venezuela email: fernandogilm@hotmail.com

por la constitución genética de la planta y por las condiciones climáticas y edáficas predominantes en el entorno (Solórzano, 2003). En el caso particular del manejo de la fertilización, es importante conocer como es el crecimiento de la planta y la dinámica de acumulación de los nutrientes esenciales (Rengel, 2004).

Los estudios de absorción contabilizan la extracción o consumo de nutrientes de un cultivo para completar su ciclo de producción y contribuyen a dar solidez a los programas de fertilización, permitiendo conocer concretamente la cantidad de elementos nutritivos que es absorbida por un cultivo para producir un rendimiento dado, en un tiempo definido (Bertsch, 2005).

La caña de azúcar es un cultivo de gran importancia en las zonas tropicales y subtropicales del mundo que viene siendo usado para producir recursos energéticos estratégicos como azúcar y etanol (Wiedenfled y Enciso, 2008). Es una planta C_4 con una extraordinaria eficiencia en la conversión de energía solar en biomasa (Gascho et al., 1993; Wiedenfled, 2000), capaz de extraer y agotar rápidamente los nutrientes del suelo (Wood, 1990); en consecuencia, el conocimiento de los patrones de absorción permite identificar los momentos de mayor demanda a fin de realizar un oportuno suministro de nutrientes esenciales para la optimización del rendimiento.

En Venezuela se han publicado numerosas investigaciones sobre fertilización de la caña de azúcar (Pereira et al., 1986; Zérega, 1993; Zérega et al., 1997), sin embargo, existe poca información relacionada con la acumulación de nutrientes esenciales por este importante cultivo; por tal motivo, el presente trabajo tiene como objetivo discutir los resultados de la evaluación de crecimiento de una variedad considerada promisoriosa y su relación con los patrones de acumulación y distribución de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), lo cual puede contribuir con el manejo eficiente y racional de la fertilización del cultivo de la caña en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron mediciones de crecimiento y acumulación de nutrientes esenciales en la planta en un tablón de caña de azúcar sembrado con la

variedad RB 85-5035, clase soca 1, en el campo experimental de Fundacaña, ubicado en el Central Matilde, en la localidad de Chivacoa del Estado Yaracuy, Venezuela. El tablón evaluado se había cosechado en abril de 2006.

El suelo presentó una reacción moderadamente alcalina, textura franca con contenidos medios de materia orgánica y en general una baja a moderada fertilidad natural (Cuadro 1). En función de ello, el plan de fertilización consistió en la aplicación de $175 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N, $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P_2O_5 , $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ K_2O , $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ MgO y $60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ S. Los macronutrientes N, K, Mg y S fueron fraccionados en 2 aplicaciones, a los 35 y 70 días después de la emergencia del cultivo. Se realizó una sola aplicación de P inmediatamente después del corte. No se aplicó calcio. Complementariamente se efectuó una aspersión foliar a los 55 días después del corte de $300 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ g Fe, $150 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ Cu, $490 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ Zn, $200 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ Mn y $225 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ B.

Cuadro 1. Análisis del suelo cultivado de caña de azúcar variedad RB 85-5035

Parámetro	Resultado	Interpretación
pH	8,3	Mod. alcalino
Nitrógeno (%)	0,17	Bajo
Fósforo (ppm)	13	Medio
Potasio (ppm)	55	Bajo
Calcio (ppm)	2773	Alto
Magnesio (ppm)	153	Medio
Azufre (ppm)	125	Alto

La evaluación se condujo entre los meses de mayo de 2006 y mayo de 2007, realizando diez muestreos de la parte aérea de la planta a los 41, 65, 93, 123, 153, 185, 214, 251, 273 y 300 días después del corte (ddc) para la determinación de la concentración de macronutrientes esenciales. En los días 337 y 368 se tomaron muestreos adicionales para determinar el contenido final de materia seca.

Cada muestra constó de tres cepas o "macollas", tomadas al azar, en una superficie de $0,6 \text{ m}^2$ por cepa. Las determinaciones de la concentración de macronutrientes y contenido de materia seca se hicieron por separado para tallos y hojas más vainas, a objeto de obtener información de la distribución de biomasa y nutrientes en estos órganos de la planta. Las muestras de tejido vegetal y suelo fueron analizadas por Lancrop Laboratories, en York, Inglaterra.

Para conocer los patrones de acumulación de cada nutriente, se multiplicó la concentración de cada uno por la cantidad de materia seca en el órgano respectivo. Los resultados fueron presentados en función del tiempo de evaluación y de la dispersión estadística de los promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al final del ciclo la planta acumuló $43,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de biomasa aérea seca, con 75,1 % correspondiente a tallos y 24,9 % a tejido foliar (Figura 1). Investigaciones similares en este cultivo también señalan una producción de tallos cercana al 71 % en base seca. Estas diferencias en cuanto a acumulación y distribución de biomasa pueden estar vinculadas a factores genéticos y climáticos, así como a la intensidad de manejo (Coale et al., 1993). La figura muestra las curvas de crecimiento de esta variedad de caña de azúcar, en donde se aprecia que a partir de los 185 días (séptimo mes) se inicia una mayor producción de tallos en relación a la emisión de hojas y vainas, traduciéndose en un rápido aumento de la producción de materia seca.

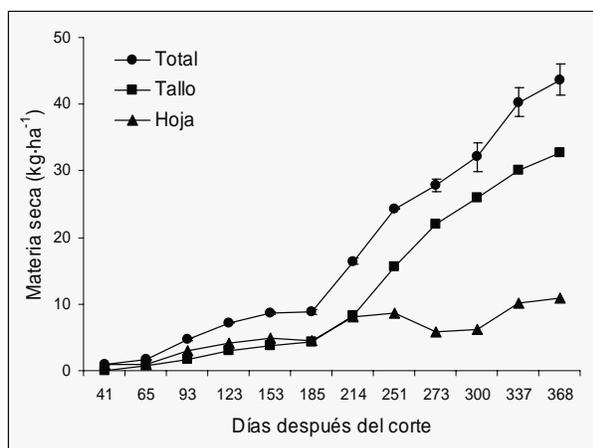


Figura 1. Acumulación de materia seca en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

El conocimiento de la distribución de materia seca es de gran interés en el cultivo de caña debido a que la producción de azúcar depende directamente de la acumulación de biomasa en el tallo y de la cantidad de sacarosa que es

almacenada en el parénquima (Inman-Bamber et al., 2002). Los componentes del rendimiento de tallos y particularmente la concentración de sacarosa se usan para calcular el valor de la caña entregada a la fábrica, y la optimización del retorno económico requiere del entendimiento de los factores que controlan la dinámica del contenido de materia seca del tallo (Muchow et al., 1996).

Con relación a la concentración de los macronutrientes (Cuadro 2) se observa que los mayores valores correspondieron al nitrógeno seguido por el potasio, mientras que los menores fueron para el fósforo. En general, después de la mitad del ciclo de crecimiento, todos los elementos tendieron a disminuir su concentración, como posible consecuencia de un efecto de dilución atribuido a un rápido crecimiento de la planta en ese período. La distribución de los nutrientes entre hojas y tallo fue variable durante el ciclo, siendo el calcio el único elemento que durante todos los muestreos mantuvo mayor porcentaje en las hojas que en el tallo.

La planta tendió a absorber y a concentrar el nitrógeno en el tejido foliar durante los primeros 251 días, o aproximadamente ocho meses (Figura 2). Este proceso de acumulación decreció paulatinamente hacia el final del ciclo, etapa en la cual se revirtió la distribución de este nutriente hacia los tallos. La concentración foliar de nitrógeno, al igual que la de otros nutrientes de alta movilidad, tiende a disminuir al final del ciclo de la caña debido a la migración hacia el tallo en la medida que las hojas envejecen (Bakker, 1999).

En la Figura 2 se observa que hubo dos períodos críticos de incremento de la tasa de acumulación o de mayor absorción de N; éstos ocurrieron durante las etapas de macollamiento (93-123 ddc) y rápido crecimiento vegetativo (185-214 ddc). Similarmente, Coale et al. (1993) encontraron que el período de más rápida remoción de nutrientes se corresponde con la etapa de mayor crecimiento. Se registró una acumulación total de $201,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ al final de la fase vegetativa. Las acumulaciones de N reportadas varían de 142 a $271 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ dependiendo de la condición de plantilla o soca, el cultivar y el rendimiento (Quintero, 1997; Bertsch, 2003; Wagner et al., 2003).

La caña de azúcar requiere del aporte sustancial de N para obtener máximos rendimientos

(Wiedenfeld, 2000) debido a que este nutriente tiene un marcado efecto sobre la acumulación de materia seca del tallo (Muchow et al., 1996). El N influye en el desarrollo de las cepas de la caña principalmente por sus efectos en el macollamiento

y en el vigor de los tallos (Quintero, 1997). Altas aplicaciones de N pueden aumentar el índice de área foliar, la tasa de crecimiento y el rendimiento de tallos, aunque en detrimento de la calidad del jugo (Wiedenfeld, 1997).

Cuadro 2. Concentración de macronutrientes en hojas y tallos de la planta de caña de azúcar variedad RB 85-5035 durante el ciclo del cultivo

ddc	Órgano	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
41	Tallo	-	-	-	-	-	-
	Hoja	1,77±0,12	0,22±0,04	1,25±0,14	0,83±0,13	0,36±0,06	0,36±0,03
65	Tallo	0,66±0,09	0,12±0,02	0,64±0,19	0,38±0,04	0,24±0,05	0,31±0,03
	Hoja	1,34±0,03	0,16±0,03	0,80±0,07	0,96±0,16	0,30±0,06	0,35±0,08
93	Tallo	0,44±0,02	0,16±0,02	0,75±0,07	0,36±0,03	0,25±0,03	0,31±0,02
	Hoja	1,24±0,03	0,19±0,03	0,96±0,19	0,84±0,07	0,31±0,02	0,34±0,03
123	Tallo	1,04±0,38	0,19±0,07	1,15±0,57	0,38±0,15	0,23±0,06	0,30±0,11
	Hoja	1,21±0,18	0,17±0,03	1,16±0,42	0,70±0,13	0,23±0,04	0,24±0,04
153	Tallo	1,02±0,08	0,24±0,06	1,34±0,51	0,33±0,05	0,23±0,06	0,29±0,04
	Hoja	1,08±0,09	0,16±0,01	1,10±0,19	0,84±0,11	0,18±0,02	0,22±0,01
185	Tallo	1,15±0,02	0,21±0,00	1,64±0,24	0,41±0,04	0,28±0,01	0,34±0,04
	Hoja	1,01±0,09	0,15±0,03	1,02±0,14	0,78±0,02	0,22±0,01	0,21±0,05
214	Tallo	0,72±0,22	0,15±0,05	0,54±0,20	0,25±0,05	0,17±0,01	0,17±0,01
	Hoja	1,35±0,19	0,17±0,01	0,80±0,07	0,89±0,10	0,21±0,02	0,14±0,01
251	Tallo	0,44±0,07	0,10±0,04	0,42±0,16	0,17±0,03	0,13±0,03	0,13±0,01
	Hoja	1,40±0,18	0,16±0,03	0,66±0,19	1,04±0,14	0,23±0,04	0,12±0,01
273	Tallo	0,64±0,23	0,13±0,04	0,77±0,52	0,30±0,09	0,19±0,04	0,28±0,17
	Hoja	0,64±0,17	0,10±0,05	0,73±0,14	0,73±0,10	0,19±0,02	0,18±0,07
300	Tallo	0,67±0,32	0,15±0,03	0,32±0,05	0,27±0,02	0,21±0,05	0,20±0,03
	Hoja	0,45±0,05	0,07±0,02	0,53±0,12	0,69±0,09	0,27±0,05	0,32±0,03

ddc: días después del corte

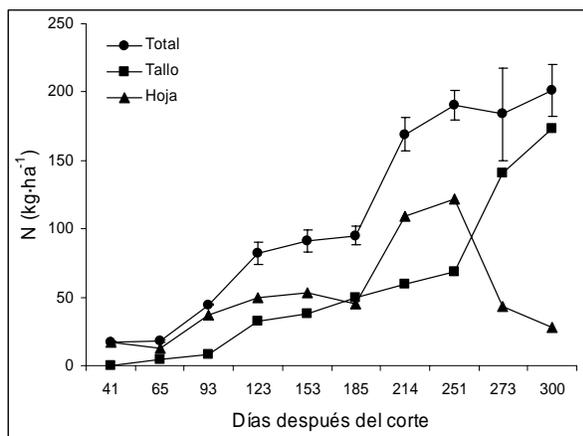


Figura 2. Acumulación de N en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

La planta experimentó una sostenida extracción de fósforo (P) durante casi todo el ciclo, disminuyendo sólo entre los 153 y 185 ddc (Figura 3). Aunque el P se acumuló en cantidades similares en tallo y hojas hasta los 251 ddc, posteriormente se observó una marcada distribución hacia los tallos en los meses finales del ciclo, es decir, las etapas de máximo crecimiento y maduración (Figura 3). Fue el elemento extraído en menor cantidad y la acumulación total alcanzó 43,4 kg·ha⁻¹. Investigaciones análogas han reportado tendencias similares con acumulaciones de P en un rango comprendido entre 22 y 99 kg·ha⁻¹ (Quintero, 1999; Bertsch, 2003; Wagner et al., 2003).

El cultivo absorbió una importante cantidad de potasio durante los primeros seis meses (185 ddc),

manifestando una ligera estabilización entre los seis y siete meses, es decir, de 185 a 214 días después del corte (Figura 4). El período de decrecimiento de la tasa de acumulación del elemento (octubre-noviembre) coincidió con la etapa de floración.

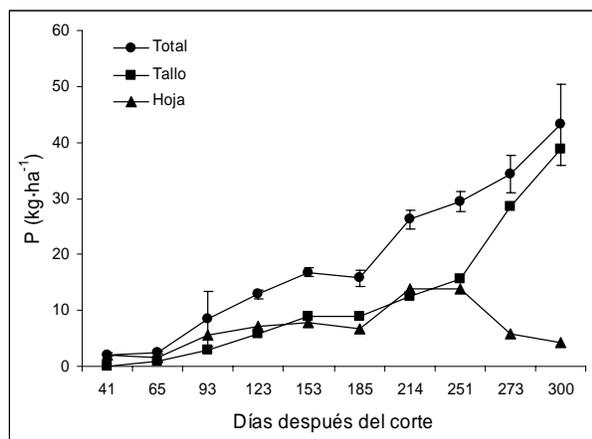


Figura 3. Acumulación de P en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

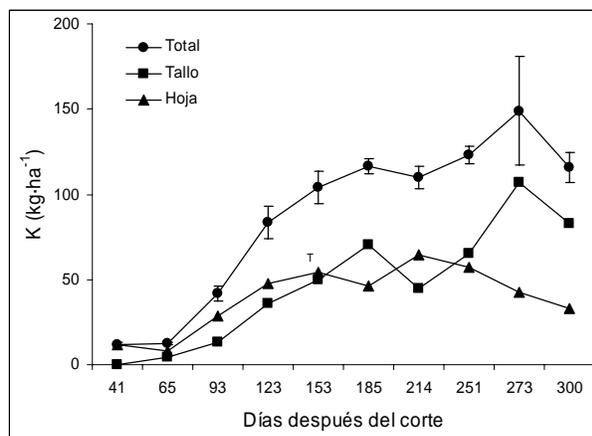


Figura 4. Acumulación de K en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

La mayor parte del potasio requerido por la caña de azúcar fue absorbido durante las etapas de macollamiento e inicio de la maduración. De forma similar, la mayor demanda de K se ha asociado con la etapa de macollamiento (Ng Kee Kwong, 2003), así como con el aumento de la densidad y el diámetro de tallos durante esta etapa (El-Tilib et al., 2004). Asimismo, el K se encontró

proporcionalmente en las hojas y tallos hasta bien avanzado el ciclo, pero luego se acumuló principalmente en el tallo en las etapas de máximo crecimiento y maduración; resultados que concuerdan con los de otros autores (Babu, 1990; Lazcano-Ferrat, 1999).

Hacia finales del ciclo (273 ddc) se obtuvo una acumulación de K de 149,0 kg·ha⁻¹, que mostró luego una tendencia a descender a los 300 ddc (Figura 4). Esto pudiera indicar que habría ocurrido cierta movilización de este elemento hacia las raíces de la planta, lo cual no pudo ser corroborado ya que este órgano no formó parte del tejido que fue analizado en el presente ensayo. Los valores obtenidos fueron inferiores a los reportados por otros autores (Quintero, 1999; Bertsch, 2003; Wagner et al., 2003), pero para diferentes rendimientos y variedades de caña.

En la Figura 5 se puede apreciar que la planta de caña absorbió importantes cantidades de calcio de manera progresiva, registrando una mayor acumulación en la etapa de máximo crecimiento. El nutriente tendió a almacenarse en mucha mayor proporción en los tejidos foliares que en los tallos durante los ocho primeros meses del ciclo (251 ddc). A tal respecto la literatura sugiere que las plantas sanas generalmente lo acumulan en mayor cantidad en los tejidos maduros que transpiran (White, 2001). El Ca posee baja movilidad y una limitada capacidad de redistribución a otros órganos a través del floema (Pomper y Grusak, 2004; White, 1998); sin embargo, en la figura se observa que en las etapas finales hubo redistribución de las hojas hacia los tallos.

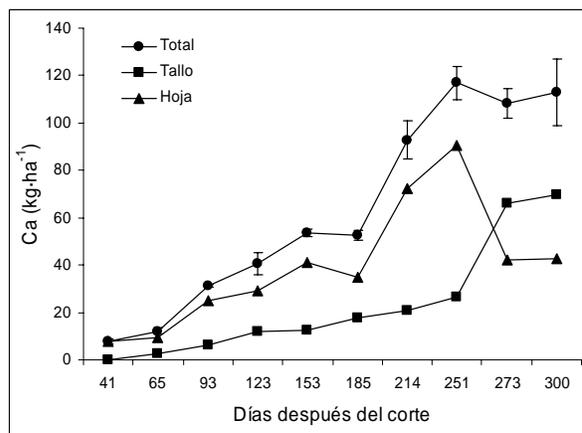


Figura 5. Acumulación de Ca en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

La acumulación total de calcio por esta variedad fue de $112,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, cantidad superior a la señalada en reportes previos la cual varía 38 y $103 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Quintero, 1999; Bertsch, 2003; Wagner et al., 2003). Conforme a trabajos precedentes (Quintero, 1999; Wagner et al., 2003), el calcio fue el tercer elemento más acumulado por la caña de azúcar después del N y K.

El suelo del presente ensayo (Cuadro 1), así como la mayoría de los suelos cultivados con caña de azúcar en el estado Yaracuy presentan contenidos altos de calcio en el perfil (Mora et al., 1999), condición que pudiera explicar la baja respuesta de la caña a las aplicaciones de este elemento.

La planta experimentó una acumulación total de Mg de $71,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la etapa de maduración (Figura 6), a diferencia del rango de 46 a $65 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ reportado por Quintero (1999) y Wagner et al. (2003); y de los $388 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtenidos por Bertsch (2003) en cañas de más de 20 meses de edad.

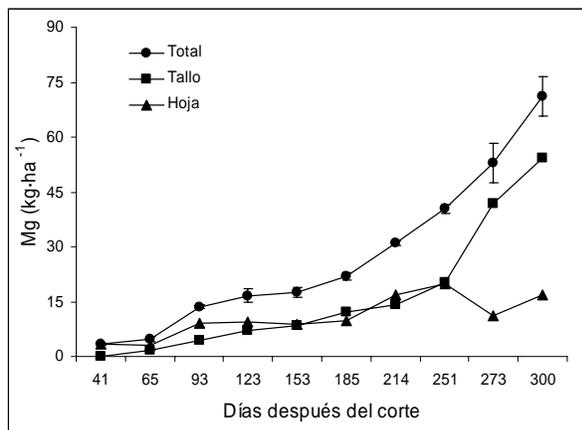


Figura 6. Acumulación de Mg en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

Los resultados muestran que la acumulación de magnesio fue bastante inferior a la de calcio (Figuras 5 y 6). En contraste, otros trabajos señalan que las tasas de absorción de magnesio por la caña de azúcar guardan similitud con los de calcio (Babu, 1990; Quintero, 1999). Incluso, Bertsch (2003) obtuvo una mayor acumulación de Mg con relación al Ca en tres variedades diferentes, tanto en plantilla como en soca.

En la Figura 7 se puede apreciar que el S se almacenó proporcionalmente tanto en tallos como en hojas en la mayor parte del ciclo del cultivo. La

acumulación total de este nutriente por la planta de caña fue de $71,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, resultado que coincide con los obtenidos por Bertsch (2003) para una variedad de caña de ciclo largo.

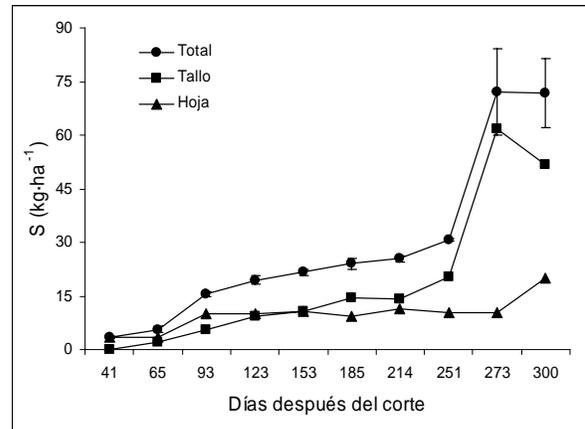


Figura 7. Acumulación de S en tallos y hojas de caña de azúcar var. RB 85-5035. Las barras verticales del total indican el error estándar (no visibles cuando son menores que el marcador)

El azufre es un nutriente esencial para la síntesis de amino ácidos, proteínas y vitaminas (Anderson y Bowen, 2000) y es requerido desde las etapas iniciales de crecimiento, cuando el cultivo es más susceptible a deficiencias que pueden afectar el rendimiento (Hitsuda et al., 2005). La dinámica de acumulación de Mg y S refleja que las mayores tasas de absorción se ubican hacia el final del ciclo, durante el máximo crecimiento y el inicio de la maduración.

Es de destacar que ocurrió una falla en el suministro de agua al cultivo entre los 153 y 185 ddc, lo cual pareció afectar el balance de la nutrición de la planta ya que todos los nutrientes mostraron un ligero a moderado descenso de su acumulación en las hojas, acompañado con un incremento en la acumulación en los tallos (Figuras 2 a 7). Con relación a este aspecto, Marschner (1995) sugiere que la absorción de varios nutrientes ocurre fundamentalmente por su difusión en el suelo, mecanismo altamente dependiente del contenido de humedad, lo cual limita el movimiento de los iones hacia las raíces. Asimismo, Subramanian et al. (1990) encontraron que el suministro de agua al final de la fase vegetativa tiene una gran influencia sobre la absorción de nutrientes y crecimiento de la caña de azúcar.

La información presentada en la Figura 8

muestra la relación entre el crecimiento y la acumulación de macronutrientes en la planta de caña durante los cuatro primeros meses del ciclo. Se observa que en ese período de tiempo el cultivo había producido solamente el 16,5 % de su biomasa seca, pero había logrado acumular más del 40 % de N y K, más de 30 % de P y Ca, y más del 20 % Mg y S, lo cual sugiere que esta variedad requiere de un oportuno suministro de macronutrientes desde las primeras etapas de desarrollo. La identificación de las cantidades y períodos de mayor demanda nutricional pueden permitir una planificación oportuna de la suplencia de elementos nutritivos para el cultivar de caña de azúcar estudiado.

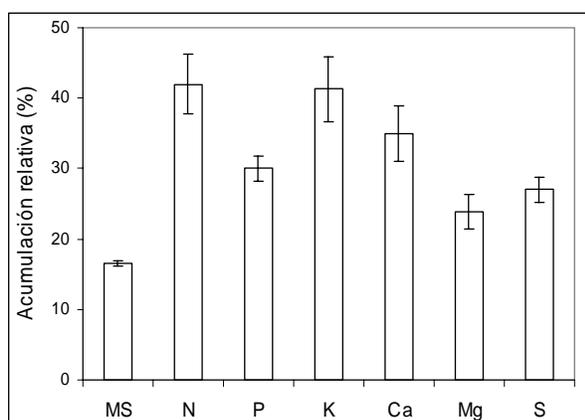


Figura 8. Acumulación relativa de MS, N, P, K, Ca, Mg y S en función del valor máximo obtenido en plantas de caña var. RB 85-5035 a los cuatro meses después del corte (123 ddc). Barras verticales representan el error estándar.

CONCLUSIONES

La variedad de caña RB 85-5035 mostró una alta tasa de acumulación de materia seca a partir de los 185 días después del corte, y para el momento de la cosecha acumuló $43,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de biomasa aérea, con 75,1 % correspondiente a tallos y 24,9 % a tejido foliar.

Los requerimientos de N, P, K, Ca, Mg y S hasta los 300 días después del corte fueron 201,4; 43,2; 149,0; 112,7; 71,1 y $71,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

El cultivar requiere de un adecuado suministro de nutrientes esenciales desde las primeras etapas de crecimiento, por lo que se debe garantizar la disponibilidad de estos elementos desde el inicio del ciclo de crecimiento.

AGRADECIMIENTO

A Fundacaña por facilitar sus instalaciones y a la empresa Agri de Venezuela, por el apoyo financiero.

LITERATURA CITADA

1. Anderson, D. L y J. E. Bowen. 2000. Nutrición de la caña de azúcar. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Quito, Ecuador. 40 p.
2. Babu, C. N. 1990. Sugarcane. Allied Publishers. New Delhi. India. 252 p.
3. Bakker, H. 1999. Sugarcane Cultivation and Management. Kluwer Academic. New York.
4. Bertsch, F. 2003. Absorción de Nutrientes por los Cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). San José, Costa Rica. 307 p.
5. Bertsch, F. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones Agronómicas* 57: 1-10.
6. Coale, F. J., C. A. Sánchez, F. T. Izuno y A. B. Bottche. 1993. Nutrient accumulation and removal by sugarcane grown on everglades histosols. *Agronomy Journal* 85: 310-315.
7. El-Tilib, M. A., M. H. Elnasikh y E. A. Elamin. 2004. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. *Journal of Plant Nutrition* 27(4): 663-699.
8. Gascho, G. J., D. L. Anderson y J. E. Bowen. 1993. Sugarcane. *In: Nutrients Deficiencies & Toxicities in Crop Plants*. W. F. Bennett (ed.). APS Press. St. Paul, Minnesota. pp. 37-42.
9. Hitsuda, K., M. Yamada y D. Klepker. 2005. Sulfur requirement of eight crops at early stages of growth. *Agronomy Journal* 97: 155-159.
10. Inman-Bamber, N. G., R. C. Muchow y M. J. Robertson. 2002. Dry matter partitioning of

- sugarcane in Australia and South Africa. *Field Crops Research* 76(1): 71-84.
11. Lazcano-Ferrat, I. 1999. El potasio...esencial para un buen rendimiento en la caña de azúcar. *Informaciones Agronómicas* 35: 1-4.
12. Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. New York.
13. Mora, O., A. Díaz y L. Zérega. 1999. Fertilidad de los suelos cultivados con caña de azúcar (*Saccharum sp* híbrido) del estado Yaracuy en base a los análisis de suelo. *Caña de Azúcar* 17: 21-36.
14. Muchow, R. C., M. J. Robertson y A. W. Wood. 1996. Growth of sugarcane under high input conditions in tropical Australia. II. Sucrose accumulation and commercial yield. *Field Crops Research* 48(1): 27-36.
15. Ng Kee Kwong, K. F. 2003. The effect of potassium on growth, development, yield and quality of sugarcane. *In: Potassium for sustainable production*. N.S. Pasricha y S. K. Bansal (eds.). International Potash Institute. Basel, Switzerland. pp: 430-444.
16. Pereira, P., G. Piñero, M. Rodríguez y J. Valladares. 1986. Respuesta de la plantilla de caña de azúcar a la aplicación de nitrógeno, fósforo y potasio en la región centro occidental. *Revista Caña de Azúcar* 4(2): 85-123.
17. Pomper, K. W. y M. A. Grusak. 2004. Calcium uptake and whole-plant water use influence pod calcium concentration in snap bean plants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 129(6): 890-895.
18. Quintero, D. R. 1997. Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. *Cenicaña*. Cali, Colombia. Serie Técnica 21: 1-15.
19. Quintero D., R. 1999. Extracción de nutrientes por la caña de azúcar. *Cenicaña*. Cali, Colombia. Carta Trimestral 2: 4-7.
20. Rengel, M. L. 2004. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en maíz en Venezuela. *Informaciones Agronómicas* 53: 5-8.
21. Solórzano, P. R. 2003. Crecimiento y nutrición del arroz (*Oryza sativa* L.) en Venezuela. *Informaciones Agronómicas* 51: 1-7.
22. Subramanian, K. S., G. Selvakumari, K. V. Selvaraj y K. N. Chinnaswami. 1990. Irrigation regimes on utilization of nutrient, yield and quality of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) *J. Agron. Crop Sci.* 167(3): 155-158.
23. Wagner de O., M., L. Carvalho M., M. H. Pereira B., A. C. Vitti y R. de Oliveira F. 2003. Avaliação do potencial produtivo de sete variedades de cana-de-açúcar sob irrigação complementar. *Informações Agronômicas* 101: 9-10.
24. White, P. J. 1998. Calcium channels in the plasma membrane of roots cells. *Annals of Botany* 81: 173-183.
25. White, P.J. 2001. The pathways of calcium movement to the xylem. *Journal of Experimental Botany* 52(358): 891-899.
26. Wiedenfeld, R. P. 1997. Sugarcane responses to N fertilizer application on clay soils. *J. Amer. Soc. Sugar Cane Technol.* 17: 14-27.
27. Wiedenfeld, R. P. 2000. Water stress during different sugarcane growth periods on yield and response to N fertilization. *Agricultural Water Management* 43 (2): 173-182.
28. Wiedenfeld, R. y J. Enciso. 2008. Sugarcane responses to irrigation and nitrogen in semiarid South Texas. *Agronomy Journal* 100: 665-671.
29. Wood, R. A. 1990. The roles of nitrogen, phosphorus and potassium in the production of sugarcane in South Africa. *Fertilizer Research* 26: 89-98.
30. Zérega, L. 1993. Influencia de la fertilización química en la salinización del suelo y en los rendimientos del cultivo de la caña de azúcar. I. A corto plazo. *Revista Caña de Azúcar* 11(1): 3-44.
31. Zérega, L., T. Hernández y J. Valladares. 1997. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno y dosis de magnesio sobre el suelo y el cultivo de la caña de azúcar. *Bioagro* 9(2): 43-51.