

# Fertilización nitrogenada y su efecto en la productividad y el ataque del taladrador de la caña en dos variedades de caña de azúcar

Nitrogen application on two sugarcane varieties and their effect on sugarcane yield and borer attack

Jimmy Walter Rasche Álvarez<sup>1,2\*</sup>, Gilmar Luiz Schaefer<sup>2</sup>, Gerson Drescher<sup>2</sup>, Eduardo Augusto Muller<sup>2</sup>, Claudia Carolina Cabral Antúnez<sup>1</sup> y Víctor Adolfo Gómez López<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup> Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil.

\* Autor para correspondencia (jwrasche@yahoo.com.ar)

Recibido: 17/02/2014; Aceptado: 21/04/2014.

## RESUMEN

Para la obtención de alta productividad en caña de azúcar se deben aplicar tecnologías y técnicas que mejoren la calidad del producto en armonía con el ambiente, por ello el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de un fertilizante nitrogenado sobre la producción de dos cultivares de caña de azúcar y el ataque del taladrador, en condiciones de campo. Se realizó en el área experimental del Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Santa María, RS, Brasil. El diseño experimental fue bi factorial, siendo el primer factor dos cultivares (RB-956911 y SP81-3250) y, el segundo factor la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg ha<sup>-1</sup>). Se evaluó: a) longitud de la parte industrial (LPI), b) diámetro de la base del tallo, c) el número de entrenudos, d) número de tallos ha<sup>-1</sup>, e) rendimiento, f) Grados (°) Brix, g) Intensidad de Infestación (II) y h) Índice de Intensidad de Infestación (III). El rendimiento de los cultivares RB-956911 y SP81-3250 fue de 111.730 y 126.752 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, el °Brix de 18,60% y 18,15%, respectivamente. La II y el III no fueron afectados por el cultivar, presentando valores de II entre 3,96% y 2,88% y de III entre 4,62% y 3,03%, respectivamente para el cultivar RB-956911 y SP81-3250. La aplicación de nitrógeno aumenta la producción de caña de azúcar, disminuye el °Brix y no influencia en el ataque del taladrador de la caña de azúcar.

**Palabras clave:** *Diatraea saccharalis*, broca de la caña, fertilización nitrogenada, trofobiosis.

## ABSTRACT

To obtain high productivity in sugar cane, all available technologies and tactics seeking to improve product quality in harmony with the environment should be applied. The objective of this work was to evaluate two sugarcane varieties and to determine its response to nitrogen rates and their effect on sugar cane borer attack, in field conditions. The experiment was carried out at the research field area of Federal University of Santa Maria, RS, Brazil. A two factorial experiment containing two sugarcane varieties (RB-956911 and SP81-3250), and four N rates (0, 40, 80 and 120 kg N ha<sup>-1</sup>). We assessed a) sugarcane stalk length, b) stem base diameter; c) number of internodes, d) number of stalk ha<sup>-1</sup>, e) stalk yield, f) °Brix g) Intensity of Infestation (II), and h) Intensity of infestation Index (III). Results indicated that the stalk yields of RB-956911 and SP81-3250 was 111,730 and 126,752 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively. The °Brix was between 18.60 and 18.15, respectively. The II and III was not affected by variety, with II between entre 3.96% y 2.88% and III between 4.62% y 3.03%, respectively for sugarcane variety RB-956911 and SP81-3250. Nitrogen fertilization increases stalk yield, decrease °Brix, and does not affect sugarcane borer attack.

**Key words:** *Diatraea saccharalis*, sugarcane borer, variety, nitrogen fertilization, trofobiosis.

## INTRODUCCIÓN

Brasil es el mayor productor de caña de azúcar en el mundo y en el 2011 se sembraron 8,9 millones de hectáreas, no obstante, la producción promedio es de 71,2 Mg ha<sup>-1</sup>, considerada baja comparada con la producción promedio de otros países (OIA 2012). Sin embargo, en Rio Grande do Sul (RS) el rendimiento promedio no supera los 50 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB 2011). El bajo rendimiento de la caña de azúcar en RS, se debe en parte a factores climáticos (Canal y Matzenbacher 1986), y a otros factores como la falta de inversión en renovación de cultivares (Morais 2011) y de aplicación de fertilizantes, de manera a aumentar el rendimiento de la caña de azúcar, entre otros.

La fertilización nitrogenada en la caña de azúcar es una de las prácticas más recomendadas como estrategia de aumento de rendimiento (Gava et al. 2001, Albuquerque 2005, Salvatore et al. 2009). Sin embargo, no siempre la caña responde a la fertilización nitrogenada, siendo mayor su respuesta en la caña soca o retoño que en la caña planta, debido a que a partir del segundo año, cuando inicia el rebrote de la caña ocurre mayor inmovilización del N por acción microbiana en el proceso de mineralización del material orgánico (Zambello Netto y Orlando Filho 1981). Cabrera y Zuaznabár (2010) constataron que en caña planta no hay respuesta a la fertilización nitrogenada, en el primer año de caña soca algunas veces y a partir del tercer año de caña soca en adelante existe respuesta, sin embargo, la dosis a la cual responde varía año tras año.

No obstante, el exceso de N vuelve a las plantas vulnerables a la infestación de plagas y enfermedades, porque disminuye la resistencia de las células al ataque de hongos e insectos masticadores y chupadores, debido a la presencia de alto contenido de compuestos orgánicos solubles de N en forma de aminoácidos libres y especies glucósidos reductores en el sistema metabólico, que son almacenados en vacuolas celulares (Polito 2006) y bajo nivel de compuestos secundarios, fenólicos y quinonas, que dan resistencia a la planta (Kraus 2003). Altos niveles de N pueden estimular el crecimiento vegetativo excesivo y la acumulación de agua en las células, retrasando la maduración y disminuyendo el tenor de sacarosa (Hart 1970), no obstante, Vitti et al. (2007) no observaron disminución del tenor de azúcar por efecto de la aplicación de altas dosis de N.

Referencias de literatura expresan que la aplicación de altas

dosis de N produce aumento en el ataque de insectos, como el ataque de *Corythaica cyathycollis* en berenjena (Ventura et al. 2008), *Cinara atlantica* en plantines de *Pinus taeda* L. (Queiroz et al. 2008), *Lissorhoptrus brevisrostris* en arroz (Meneses y Elizalde, 1980), *Oryzophagus oryzae* en arroz (Cunha et al. 2006), *Diatraea* sp. en caña de azúcar (Teran 1979); *Diatraea saccharalis* en sorgo (Bortoli et al. 2005).

*D. saccharalis* (Fabr. 1874) (Lepidoptera: Crambidae) es un insecto con metamorfosis completa (Hayward 1943, Dossi et al. 2004), conocido en toda América, donde causa diversos daños, denominado comúnmente como broca, taladrador o barrenador de la caña, y es la principal plaga de la caña de la azúcar en el cono sur (Link et al. 1981, Benítez 1988, Gallo et al. 2002). La fase larval es la que ocasiona perjuicios al cultivo de caña de azúcar. Su ocurrencia puede ser extremadamente destructiva, llegando a inviabilizar la actividad dependiendo de la intensidad del ataque (Benítez 1988, Macedo 2000).

Gallo et al. (2002) clasifica el Índice de Intensidad de Infestación (III) en “baja infestación” si es inferior al 5%; si el III es de 6 a 10% es “infestación moderada”; de 11 a 15% infestación “regular”; de 16 a 25% “elevado” y III mayor a 25% como infestación “muy elevada”.

Salvatore et al. (2009) constataron que la aplicación de N en dosis elevadas (110 kg N ha<sup>-1</sup>) en cuatro localidades de Tucumán, Argentina, causó el aumento del ataque del barrenador de la caña de azúcar entre 2 a 10 veces, sin embargo, el aumento de la producción fue de 20 a 22%, lo que económicamente justifica la aplicación de N. No obstante, cuando aplicó la mitad de la dosis de N no se observó aumento de la población del taladrador, por lo que se puede argumentar que el aumento de infestación del taladrador de la caña solo ocurre cuando existe fertilización nitrogenada en exceso. Por tanto, la fertilización de manera adecuada y equilibrada con nitrógeno es fundamental para disminuir el ataque de plagas. Por otro lado, existen trabajos en donde no se ha observado aumento del ataque del taladrador de la caña de azúcar por efecto de la fertilización nitrogenada, aplicando dosis de 180 kg N ha<sup>-1</sup> (Fernández 2011).

En RS como en otras regiones del cono sur, como Paraguay, existen pocos estudios relacionados con la infestación del taladrador de la caña de azúcar, sin embargo, los estudios existentes han demostrado alta incidencia (Link et al. 1981, Lugo 2007, Domínguez 2008, Rieder 2009, Fernández 2011). Existen varios

factores que influyen en el ataque del taladrador de la caña de azúcar, factores ambientales que permiten mayor o menor grado de infestación (Oliveira et al. 2009), cultivares de susceptibilidad diferentes (Lugo 2007, Domínguez 2008, Dinardo-Miranda et al. 2012) y el manejo del cultivo, entre ellos la fertilización del cultivo que puede influir en mayor o menor ataque del taladrador de la caña de azúcar (Teran 1979, Polito 2006, Delgado 2010).

Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado sobre la producción de dos variedades de caña de azúcar y la incidencia del ataque del taladrador de la caña de azúcar, en condiciones de campo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el campo experimental del Departamento de Suelos del Centro de Ciencias Rurales de la Universidad Federal de Santa María, Sede Santa María, Brasil en el periodo comprendido entre julio del 2011 y agosto del 2012.

El cultivo de caña de azúcar evaluado fue de segundo año (primer año de caña soca). Por lo tanto primeramente, se describe lo que se realizó en el año 2011 en la implantación del experimento y posteriormente lo realizado en el 2012. Inicialmente el suelo presentaba las siguientes características: arcilla 14 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O) 4,9; P 20 mg kg<sup>-1</sup>; materia orgánica 16 g kg<sup>-1</sup>; H+Al, Al<sup>+3</sup>, Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> en concentraciones de 6,6; 1,4; 1,6 y 0,6 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, respectivamente. El K<sup>+</sup> presentó concentración de 0,2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, considerada concentración media según la CQFS-RS/SC (2004).

En la implantación del experimento, el pH del área fue elevado a 6,5 mediante la aplicación de cal agrícola dolomítica. Una vez aplicada la cal agrícola se procedió a incorporar al suelo, a una profundidad de 0,25 m mediante una arada y posterior rastreada. Seguidamente se abrieron surcos de 0,20 m de profundidad con espacio entre surcos de 1,4 m. Posteriormente fueron implantados los cultivares RB-956911 y SP81-3250 el 20 de setiembre del 2010, con densidad poblacional de 12 yemas por metro lineal.

En julio del 2011 se cosechó la caña de los experimentos pero esos resultados no fueron llevados en cuenta en el presente estudio. Considerando que en el 2012 se estudiaría el efecto de la fertilización de la caña de azúcar

sobre el ataque del taladrador de la caña, no se efectuó ningún control del taladrador en la caña soca de primer año.

Se utilizó un diseño experimental bifactorial, siendo el primer factor los dos cultivares (RB-956911 y SP-813250), el segundo factor, la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno (0, 40, 80 y 120 kg N ha<sup>-1</sup>). Cada tratamiento constó de cuatro repeticiones, totalizando 32 unidades experimentales. Las unidades experimentales estaban formadas por 4 hileras de 4 m de largo (5,6 m<sup>2</sup>), totalizando 179,2 m<sup>2</sup> de experimento.

Para cada tratamiento, se aplicó 20 kg N ha<sup>-1</sup> en surcos de 0,05 m de profundidad al costado de las hileras (con excepción del testigo) y la cantidad restante en dos aplicaciones de cobertura a los 3 y 6 meses del inicio de la brotación.

En todas las unidades experimentales fueron aplicados 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> y 150 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>, en la forma de súper fosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente. El fósforo fue aplicado en su totalidad en un surco a 0,05 m al costado de las hileras. El potasio fue aplicado, mitad en un surco al costado de las hileras y mitad al voleo, distribuido homogéneamente en la unidad experimental.

El experimento fue irrigado con aspersores durante el ciclo, siendo aplicado 25 mm de agua cada semana (cuando no llovía). El año agrícola 2011/2012 fue un año atípico, bastante seco, en la zona de estudio.

A los 12 meses de haber aplicado los tratamientos se cosechó 2,8 m<sup>2</sup> de caña de azúcar en cada unidad experimental. Se utilizaron 20 cañas por unidad experimental para realizar las siguientes mediciones: a) longitud de la parte industrial (LPI), b) diámetro de la base del tallo, c) el número de entrenudos, d) número total de tallos, e) rendimiento, f) °Brix, g) Intensidad de Infestación (II) y h) Índice de Intensidad de Infestación (III).

Inicialmente se cortó la caña y se determinó la longitud de la parte industrial (LPI) y el diámetro medio del tallo. Posteriormente se determinó el número de tallos, donde fueron contabilizados el número de cañas extraídas en el área útil y luego transformados a tallos ha<sup>-1</sup>. De los mismos tallos, se determinó el número de entrenudos por planta, del cual se obtuvo el número de entrenudos por unidad experimental. Posteriormente, la caña extraída en el área útil fue pesada y el rendimiento expresado en Mg ha<sup>-1</sup>.

Finalmente, se determinó la incidencia de la fertilización nitrogenada sobre la infestación del taladrador de la caña de azúcar, mediante la Intensidad de Infestación (II) y el Índice de Intensidad de Infestación (III), según la metodología de Yepez y Linares (1987). Para determinar el II fueron tomados los 20 tallos por cada unidad experimental utilizados anteriormente y se contó el número de entrenudos totales y perforados por el taladrador mediante la fórmula:

$$II = \frac{NEP}{NET} * 100 \quad (1)$$

Donde: *II* = Intensidad de Infestación; *NEP* = N° de entrenudos perforados; *NET* = N° de entrenudos totales. El resultado es multiplicado por 100 para expresar los datos en porcentaje.

El III se refiere al porcentaje de entrenudos con daño interno, por lo tanto, fue necesario realizar cortes longitudinales en cada tallo; esto es poco práctico para ser utilizado a nivel comercial; no obstante, es el valor más real con respecto al daño producido por los taladradores, siendo de suma importancia cuando se realiza investigaciones sobre resistencia varietal. Para determinar el III de daño ocasionado por el taladrador de la caña fueron tomados los 20 tallos por cada unidad experimental, abiertos mediante cortes longitudinales en cada tallo y se contó el número de entrenudos totales y dañados por el taladrador mediante la fórmula:

$$III = \frac{NED}{NET} * 100 \quad (2)$$

Donde: *III* = Índice de Intensidad de Infestación; *NED* = N° de entrenudos dañados; *NET* = N° de entrenudos totales. El resultado fue multiplicado por 100 para expresar los datos en porcentaje.

Para la determinación del grado Brix (°Brix) se tomó 5 plantas por unidad experimental, se extrajo jugo de la parte media del tallo y se goteó sobre un refractómetro manual.

El análisis estadístico de los datos se realizó con el empleo del paquete estadístico ASSISTAT BETA 7,6 (2011). Inicialmente se realizó el análisis de varianza. En los casos donde hubo diferencia significativa, en las características evaluadas por efecto de las variedades, se realizó comparación de medias utilizando el Test de Tukey al 5% y 1%, y análisis de regresión en las variables evaluadas que presentaron diferencia significativa por efecto de las dosis de fertilizantes aplicados.

Fue determinado el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables evaluadas, considerando la media de cada unidad experimental, aplicando la siguiente fórmula:

$$r_{xy} = \frac{Cov(X,Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

Donde: *Cov* = covarianza, *X* e *Y* = promedio de las muestras de cada matriz, en este caso la unidad experimental y  $\sigma$  = desvío estándar de cada matriz. Cuando *r* es mayor a 0,7 hay fuerte correlación, *r* entre 0,7 a 0,3 indica correlación moderada y *r* menor a 0,3 indica baja correlación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivar SP81-3250 presentó mayor LPI (204,5 cm), que el cultivar RB-956911 (183,9 cm) (Tabla 1). No obstante, la fertilización nitrogenada no tuvo influencia sobre la LPI, presentando valores entre 190,7 cm y 201 cm. No hubo interacción entre cultivar y dosis de nitrógeno para la LPI.

**Tabla 1.** Longitud media de la parte industrial (LPI), diámetro, n° de entrenudos y producción de caña de los cultivares RB-956911 y SP81-3250 con aplicación de dosis creciente de fertilizante nitrogenado. Santa María, RS, Brasil, 2012.

Cultivar	LPI (cm)	Diámetro (cm)	N° de entrenudos	N° de cañas ha <sup>-1</sup>
RB-956911	183,9 b**	2,97 a**	11,7 <sup>ns</sup>	110.268 <sup>ns</sup>
SP81-3250	204,5 a	2,82 b	11,1	118.080
Dosis de N en kg ha <sup>-1</sup>				
0	190,8 <sup>ns</sup>	2,87 <sup>ns</sup>	11,4 <sup>ns</sup>	110.267 <sup>ns</sup>
40	190,7	2,88	11,0	108.482
80	194,4	2,91	11,5	120.535
120	201,0	2,94	11,8	117.410
CV (%)	8,47	4,65	7,79	17,39

<sup>ns</sup>: No significativo, \*\*Significativo a  $P \leq 0,01$  Test de Tukey. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Fernández (2011), Rieder (2009) y Medina (2010) quienes aplicando diferentes fuentes y dosis de fertilizantes orgánicos, órgano-minerales y minerales solubles, tampoco encontraron aumento en la LPI de la caña de azúcar. Marques et al. (2005) comparando seis variedades, entre ellas, las dos evaluadas en este estudio, no constataron diferencia en altura. Hanauer (2011), en Santa María, RS y Morais (2011), en Santiago, RS, constataron que la LPI varió entre cultivares y entre caña soca y caña planta, Morais (2011) en caña soca encontró valores de 173,2 cm a 217,6 cm, y Hanauer (2011) valores entre 184 cm y 237,5 cm.

El diámetro de la base de la parte industrial fue superior en el cultivar RB-956911 (2,97 cm) que en el SP81-3250 (2,82 cm), por lo tanto, el cultivar RB-956911 posee menor altura, pero mayor diámetro que el SP81-3250. No hubo efecto de la aplicación de N sobre el diámetro de la caña de azúcar (Tabla 1). No hubo interacción entre cultivar y dosis de nitrógeno para el diámetro de base. Al contrario de lo que se observó en este experimento, Marques et al. (2005) no constataron diferencia entre los cultivares RB-956911 y SP81-3250 en lo referente a diámetro de la caña, obteniendo valores promedios máximos de 3,0 cm, muy similares a los valores de la Tabla 1. Paes et al. (1997) no observaron diferencia en el diámetro de la caña en tres variedades, siendo que el diámetro de los cultivares varió entre 2,6 a 3,0 cm. Esta característica puede influenciar en la disminución del rompimiento de las cañas atacadas por el taladrador de la caña de azúcar, principalmente cuando ocurran vientos fuertes causando pérdidas económicas en el cultivo.

No hubo diferencia en el número de entrenudos de la parte industrial, ya sea por efecto del cultivar, como por efecto de la aplicación de N (Tabla 1). Tampoco hubo interacción entre cultivar y dosis de nitrógeno para el número de entrenudos. Fernández (2011); Rieder (2009) y Medina (2010) no encontraron diferencia en el número de entrenudos por efecto de la fertilización. Sin embargo, Hanauer (2011), constató diferencias en el número de entrenudo entre cultivares y entre años de evaluación.

El número promedio de cañas fue similar entre cultivares, y no se alteró por efecto de la aplicación de N (Tabla 1). No hubo interacción entre cultivar y dosis de nitrógeno para el número promedio de cañas. Fernández (2011) tampoco observó diferencia en el número de tallos por efecto de la fertilización nitrogenada, sin embargo, tanto Rieder (2009) como Medina (2010) constataron que la

aplicación de estiércol vacuno y de gallinaza ayudaron a aumentar el número de cañas por ha, comparado con el testigo, pero que la aplicación de fertilizante químico no produjo aumento de cañas en sus respectivos experimentos.

Se esperaba que la aplicación de N en la caña de azúcar proporcionara aumento en el número de cañas, pues el N es un nutriente indispensable en la formación de aminoácidos además de ser componente de las bases nitrogenadas, siendo así la buena suplementación de N tendría que estimular el macollaje de la caña de azúcar. La falta de respuesta en este experimento sobre el número de cañas, posiblemente se deba a la falta de lluvia durante el periodo agrícola 2011/2012, aunque el experimento recibió riego suplementario, el mismo no fue suficiente como para suplir totalmente las necesidades del cultivo. Por otro lado, el número de cañas por hectárea del testigo fue relativamente elevado (110.267 caña ha<sup>-1</sup>), habiendo solamente aumento del 9,3% entre el testigo y el tratamiento con mayor número de cañas, que fue el tratamiento que recibió 80 kg de N ha<sup>-1</sup>.

Se encontró baja correlación entre el diámetro de la caña y el rendimiento (-0,09) y entre el número de entrenudos y el rendimiento (-0,10). Por otro lado hubo moderada correlación entre la LPI y el rendimiento (0,51), así como el número de cañas ha<sup>-1</sup> y el rendimiento (0,56). Ferreira et al. (2006) sostienen que las variables mejor correlacionadas con la productividad son el número de entrenudos, la altura de planta, el diámetro del tallo y el número de tallos por superficie.

El rendimiento de la caña de azúcar fue afectado tanto por el cultivar como por la fertilización nitrogenada (Tabla 2). El cultivar SP81-3250 presentó mayor rendimiento (126.752 Mg ha<sup>-1</sup>) que el cultivar RB-956911 (111.730 Mg ha<sup>-1</sup>), siendo esta diferencia del orden del 13,44%. No hubo interacción entre el cultivar y la dosis de nitrógeno para la variable rendimiento de la caña. Se puede observar que en promedio ambos cultivares presentaron alto rendimiento, siendo más que el doble del rendimiento promedio del estado de Rio Grande do Sul, que es de apenas 42 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB 2011).

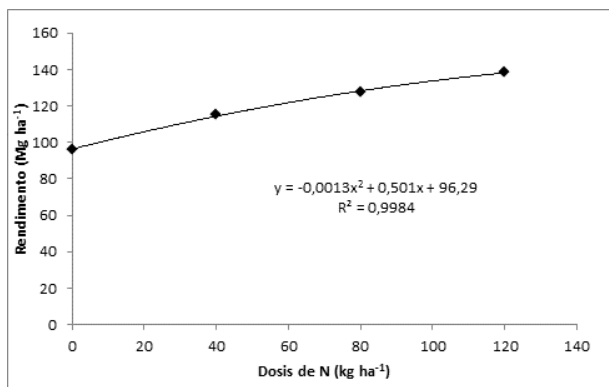
La aplicación de la mayor dosis permitió aumento de 69% en el rendimiento. La respuesta a la aplicación de N se ajusta a una función cuadrática donde el Rendimiento (Mg ha<sup>-1</sup>) = 96,29 + 0,501\*(kg ha<sup>-1</sup> de N) - 0,0013 (kg ha<sup>-1</sup> de N)<sup>2</sup> (Figura 1), cuando se considera el promedio de ambas variedades a dosis crecientes de nitrógeno.

**Tabla 2.** Rendimiento, Grado Brix ( $^{\circ}$ Brix), Intensidad de Infestación (II) e Índice de Intensidad de Infestación (III) promedio en los cultivares RB-956911 y SP81-3250, por efecto de la aplicación de dosis crecientes de fertilizante nitrogenado. Santa María, RS, Brasil, 2012.

(Cultivar)	Rendimiento (Mg ha <sup>-1</sup> )	$^{\circ}$ Brix (%)	II (%)	III (%)
RB-956911	111.730 b*	18,60 a **	2,88 b*	3,03 b*
SP81-3250	126.752 a	18,15 b	3,96 a	4,62 a
CV	13,71	2,00	41,8	45,2

\* Significativo a  $P \leq 0,05$  Test de Tukey. \*\* Significativo a  $P \leq 0,01$  Test de Tukey. Medias seguidas por diferentes letras en la columna difieren estadísticamente. <sup>ms</sup>: No significativo

Considerando que no hubo efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado sobre los componentes del rendimiento (número de cañas por hectárea, longitud de la parte industrial y diámetro de la caña) no se podría tener mayor rendimiento de la caña de azúcar, sin embargo, en la Tabla 1 se constata que los tres componentes del rendimiento tienen tendencia de aumento con la aplicación de dosis crecientes de N, la sumatoria de estos tres componentes permitió el incremento del rendimiento en la caña de azúcar por efecto de la fertilización nitrogenada.

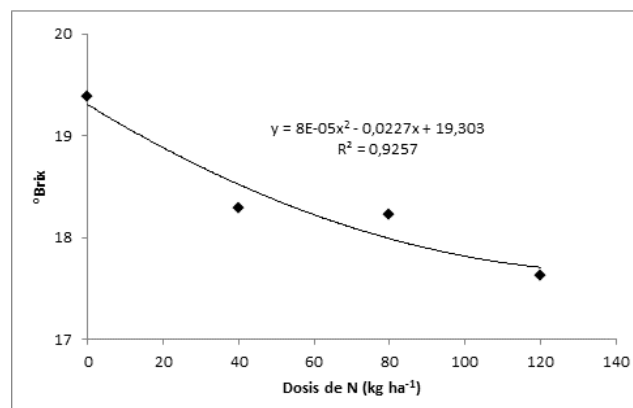
**Figura 1.** Rendimiento promedio de dos cultivares de caña de azúcar en respuesta a la aplicación de dosis crecientes de fertilizante nitrogenado. Santa María, RS, Brasil, 2012.

El  $^{\circ}$ Brix de la caña de azúcar fue afectado tanto por el efecto del cultivar como por efecto de la aplicación de N (Tabla 2). No hubo interacción entre cultivar y dosis de nitrógeno para el  $^{\circ}$ Brix. El cultivar RB-956911 posee mayor  $^{\circ}$ Brix que el SP81-3250. Según RIDESA (2010) el cultivar RB-956911 posee alta concentración de sacarosa por lo que era esperado el resultado encontrado.

Existe moderada correlación entre rendimiento y grado Brix ( $r = -0,53$ ), donde, a medida que aumenta el rendimiento de la caña de azúcar, disminuye el grado Brix en la planta. Así como en el trabajo de Hart (1970) los

datos de este experimento demuestran que la aplicación de fertilizantes nitrogenados causa disminución de sacarosa en la caña de azúcar.

La disminución del  $^{\circ}$ Brix en respuesta a la aplicación de N se ajusta a una ecuación cuadrática donde el  $^{\circ}$ Brix =  $19,301 + 0,0225 * (\text{kg N ha}^{-1}) - 0,00008 (\text{kg N ha}^{-1})^2$  (Figura 2), considerando el promedio de las dos variedades de caña a diferentes dosis de nitrógeno. Considerando que la sacarosa es un azúcar que forma la reserva energética de la planta, y que la aplicación de N favorece el crecimiento de la misma, mientras haya crecimiento en la planta, la formación y acumulación de azúcares en las células será baja, por lo que será escasa su concentración en los órganos de reserva. Esto se puede observar en el trabajo de Bortoli et al. (2005), quienes observaron que al aumentar la dosis de N aplicado en sorgo, disminuye la concentración de carbohidratos solubles (azúcar) y aumenta la concentración de N en la planta, aumentando el ataque del taladrador con la aplicación de N, además de aumentar el tamaño y peso de las larvas del taladrador.

**Figura 2.** Disminución del  $^{\circ}$ Brix promedio de dos cultivares de caña de azúcar en respuesta de la aplicación de dosis creciente de fertilizante nitrogenado. Santa María, RS, Brasil, 2012.

El cultivar RB-956911 posee mayor °Brix que el cultivar SP81-3250, por lo tanto, se podría esperar que el mayor ataque ocurriera en el RB-956911, sin embargo, se observa baja correlación entre el °Brix y el III ( $R^2 = -0,26$ ), por lo que en el presente trabajo, no se puede sostener que existe influencia del °Brix sobre el ataque del barrenador en la caña de azúcar. Bortoli et al. (2005) constaron que con baja concentración de carbono soluble en la planta con la aplicación de N, hubo aumento del ataque del taladrador.

Plantas con mayor contenido de azúcar pueden ser atacadas por plagas con mayor frecuencia, debido a que el azúcar en la forma de sacarosa se encuentra en forma más disponible siendo de mayor preferencia para las plagas, que plantas con menor cantidad de azúcar (Chaboussou, 2006). Cabe recordar, que el aumento de la concentración de azúcar en la caña ocurre principalmente en los últimos meses antes de la cosecha, y el taladrador ataca al cultivo durante todo el año, pero principalmente durante la primavera y verano, cuando la planta aún está en crecimiento y con menor cantidad de azúcar acumulado.

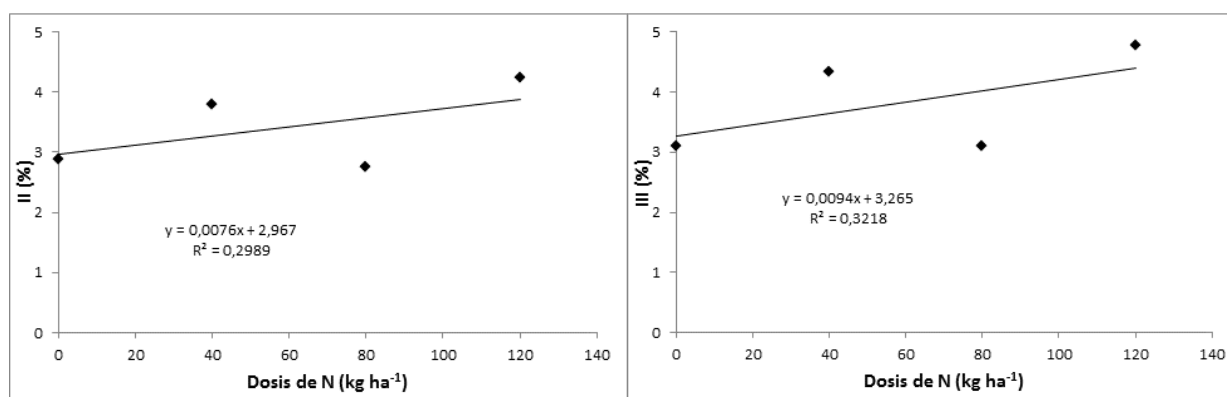
La II y el III fueron afectados por el cultivar (Tabla 2), no así por la aplicación de N (Figura 3). No hubo interacción entre cultivar y dosis de nitrógeno para la II y el III. La II fue 35,7% superior en el cultivar SP81-3250 (3,96%) que en el RB-956911 (2,88%). Analizando el III, se observa que el ataque del taladrador en el cultivar SP81-3250 (4,62%) fue 52,5% superior que en el RB-956911 (3,03%). Existiendo alta correlación entre la II y el III ( $R^2=0,97$ ), como es de esperarse. El cultivar RB-956911 posee buena cantidad de fibra (RIDESA 2010), y esto puede afectar la preferencia del taladrador de la caña de azúcar con respecto al cultivar SP81-3250.

En relación al efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado, no se observa que la misma tenga influencia sobre el ataque del taladrador de la caña de azúcar, no obstante se puede resaltar que en el tratamiento donde se aplicó la mayor dosis de N ( $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ), la II y el III fueron superior en 46,7% y 53,4%, con relación al testigo ( $0 \text{ kg N ha}^{-1}$ ). La falta de respuesta entre tratamientos, posiblemente se debe al alto coeficiente de variación de los datos del III que alcanzaron el 45,3%.

La aplicación de altas dosis de N provocaría el aumento del ataque del taladrador de la caña de azúcar, ya que la aplicación de N en exceso permite el acúmulo de aminoácidos libres en las células de las plantas, estando estos más accesibles a los insectos que cuando están en la forma de proteínas dentro de la planta (Polito 2006).

Chaboussou (2006) sostiene que los insectos no tienen capacidad de romper las proteínas en aminoácidos, por lo tanto, los aminoácidos deben estar en forma libre dentro de las plantas para ser aprovechado por los mismos, razón por la cual atacan a plantas bien nutridas con N. Por otro lado, con altas dosis de N las células se encuentran en crecimiento y por tanto poseen bajo nivel de compuestos secundarios, fenólicos y quinonas, que dan resistencia a la planta (Kraus 2003).

Existen experimentos que demuestran que la aplicación de N ayuda a aumentar la incidencia del taladrador de la caña de azúcar (Salvatore et al. 2009, Medina 2010). Sin embargo, en otros trabajos no se observó que la aplicación de N tenga algún efecto sobre el aumento del taladrador de la caña de azúcar (Rieder 2009, Fernández 2011). Por lo tanto, puede ser que además de la dosis de N, otros factores externos pueden influenciar en el aumento de la plaga.



**Figura 3.** Variación de la Intensidad de Infestación (II) y del Índice de Intensidad de Infestación (III) promedio de dos cultivares de caña de azúcar, por efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado. Santa María, RS, Brasil, 2012.

El III fue bastante bajo en ambos cultivares alcanzando 3,03% en el cultivar RB-956911 y 4,62 % en el cultivar SP81-3250. Ambos valores son clasificados como de infestación baja, considerando la clasificación de III propuesta por Gallo et al. (2002). Con la aplicación de N se obtuvo valores de III, entre 3,11% y 4,77% (Figura 3) siendo, al igual que el III por cultivar, clasificadas como de “baja infestación”, siendo el III bastante aceptable para un cultivo sin control del taladrador de la caña de azúcar. Estos valores son semejantes a los encontrados por Lugo (2007) quien evaluando 25 cultivares de caña de azúcar en el campo experimental del Municipio de Natalicio Talavera, encontró valores de III entre 1,32% y 7,72%, donde los cultivares RB85-5536 y RB72-454 presentaron los menores III con 1,32% y 2,26%, respectivamente y los de mayor III fueron los cultivares SP80-1816 y SP87-396 con 7,72% y 6,79% de III, respectivamente. Por su parte, Domínguez (2008) evaluó el III en 24 cultivares de caña de azúcar en el Departamento de Canindeyú, obteniendo en promedio 15,67% de III, lo que es superior al encontrado en el presente experimento, donde se observó valores de III entre 2,78% en el cultivar SP71-6163 a 57,14% en el cultivar SP85-5077; el cultivar SP81-3250 presentó 12,5% de III.

El bajo nivel de III encontrado en este experimento, pudo deberse en parte, a que el periodo 2011-2012 fue bastante seco y esto pudo afectar la reproducción del taladrador, ya que el mismo, es muy exigente en humedad, principalmente en su estado adulto; por otro lado, la presencia de enemigos naturales encontrados en el momento de realizar las evaluaciones, como nemátodos, hongos, entre otros, ayudan a disminuir el ataque de esta plaga. Cabe destacar que, aunque se ha liberado *Cotesia flavipes* el año anterior, no se encontraron vestigios de las mismas en la cosecha actual.

## CONCLUSIONES

- Ambos cultivares evaluados presentan buen rendimiento en las condiciones del medio, sin embargo, el cultivar SP81-3250 sería más recomendada por la mayor producción.
- La aplicación de fertilizante nitrogenado permite el aumento de la producción, sin embargo, tiende a disminuir el °Brix de caña de azúcar.
- La fertilización nitrogenada no influye sobre el ataque del taladrador de la caña de azúcar, mismo cuando aplicado 120 kg N ha<sup>-1</sup>.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSISTAT BETA 7.6. 2011. Software ASSISTAT versão 7.6 beta (en línea). Brasil. Consultado may. 2012. Disponible en <http://www.assistat.com>
- Albuquerque, TC. 2005. Adubação nitrogenada e potássica em cana-soca, em dois solos do Estado do Paraná. Dissertação Mestrado. Curitiba, BR, Departamento de Fitotecnia y Fitossanitarismo sector de Ciências Agrárias Universidade Federal do Paraná. 56 p.
- Benítez, DEA. 1988. Principales plagas de la caña de azúcar en el Paraguay: diagnóstico de la situación. San Lorenzo, Dpto. de Entomología, FIA, UNA. 16p.
- Bortoli, SA; Dória, HOS; Albergaria, WMMS; Botti, MV. 2005. Aspectos biológicos e dano de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em sorgo cultivado sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. Ciência Agrotécnica (BR) 29(2):267-273.
- Cabrera, JA; Zuaznabar, R. 2010. Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización nitrogenada en un experimento de larga duración con 24 cosechas acumuladas. Cultivos Tropicales. Cuba 31(1):93-100.
- Chaboussou, F. 2006. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose. 2 ed. Porto Alegre, L&PM. 272 p.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2011. Acompanhamento da safra Brasileira: cana-de-Açúcar, safra 2010/2011, terceiro levantamento, março 2011 (en línea). Brasília, Br. Consultado 14 jul. 2011. Disponible en [www.conab.gov.br/conabweb](http://www.conab.gov.br/conabweb).
- Canal, IN; Matzenbacher, RS. 1986. Avaliação de cultivares de cana de açúcar, trigo e soja. Porto Alegre 83:3-6.
- CQFS-RS/SC-Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. 2004. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre: SBRS-NRS/EMBRAPA-CNPT. 400 p.
- Cunha, US; Carbonari, JJ; Vendramim, JD; Silva, MJF. 2006. Associação entre teor de nitrogênio em cultivares de arroz e ataque de *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae). Ciência Rural, Santa Maria (BR) 36(6):1678-1683.



- Delgado, CA. 2010. Efecto de la fertilización Potásica en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), y sobre el ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae), en un suelo de Escobar, Departamento de Paraguari. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 22 p.
- Dinardo-Miranda, LL; Anjos, IA; Pereira, CV; Vilela, FJ. 2012. Resistance of sugarcane cultivars to *Diatraea saccharalis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 47(1):1-7.
- Domínguez, E. 2008. Evaluación de daños y pérdidas agroindustriales causadas por *Diatraea saccharalis* en un ingenio alcoholero localizado en el Departamento de Canindeyú-Paraguay. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Protección Vegetal, FCA, UNA. 56 p.
- Dossi, FCA; Perón, V; Conte, H. 2004. Biocontrol de insectos. Universidade Estadual de Maringá-PR Arq Apadec 8(supl.): 250-252.
- Fernández, GER. 2011. Fertilización nitrogenada y su efecto en el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), y sobre el ataque de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1974) (Lepidoptera: Crambidae), en un suelo de Escobar, Departamento de Paraguari año II. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 53 p.
- Ferreira, FM; Barros, WS; Silva, FL; Barbosa, MHP; Cruz, CD; Bastos, IT. 2007. Relações fenotípicas e genotípicas entre componentes de produção em cana-de-açúcar (en línea). Bragantia 66(4):605-610. Consultado 8 oct. 2012. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052007000400010&lng=en&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000400010&lng=en&tlng=pt). 10.1590/S0006-87052007000400010.
- Gallo, D; Nakano, O; Silveira Neto, S; Carvalho, R; Batista, G. 2002. Manual de Entomología agrícola. 3 ed. São Paulo, Ceres. 648 p.
- Gava, GJC; Trivelin, PCO; Oliveira, MW; Penatti, CP. 2001. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. Pesquisa Agropecuária Brasileira 36(11):1347-1354.
- Hanauer, JG. 2011. Crescimento, desenvolvimento e produtividade de cana-de-açúcar em cultivo de cana-planta e cana soca de um ano em Santa Maria, RS. Tesis Maestría. Santa Maria, RS, BR, Mestrado em Agronomía, Universidade Federal de Santa Maria. 122 p.
- Hart, CE. 1970. Effect of nitrogen deficiency upon translocation of  $^{14}\text{C}$  in sugar cane. Plant Physiology 46:419-422.
- Hayward, KJ. 1943. El gusano chupador de la caña de azúcar (*Diatraea saccharalis* (Fabricius)) en Tucumán. Boletín de la Estación Experimental Agrícola de Tucumán n° 38:25.
- Kraus, A. 2003. El potasio y el stress biótico (en línea). Consultado 16 jun. 2011. Disponible en <http://www.ipipotash.org/udocs/Sesion%20V.pdf>
- Link, D; Costa, EC, Dariva, T; Silva, MI. 1981. Infestação de *Diatraea saccharalis* em cultivares de cana de açúcar. Revista Ciência Rurais 11(4):263-266.
- Lugo, GRC. 2007. Determinación de 25 genotipos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) al ataque de *Diatraea saccharalis*. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Producción Agrícola, FCA, UNA. 30 p.
- Macedo, N. 2000. Método de criação do parasitóide *Cotesia flavipes* (Cameron, 1981). In Bueno, VHP. (Ed.). Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras, BR, Universidade Federal de Lavras (UFLA). p. 161-172.
- Marques, TA; Godinho, AMM; Almeida, RAM. 2005. Atributos morfológicos de seis cultivares de cana-de-açúcar no pleno desenvolvimento vegetativo. Colloquium Agrariae 1(2):16-22.
- Medina, O. 2010. Fertilización mineral, orgánica y órgano-mineral en la producción y ataque de *Diatraea saccharalis* en caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) año II. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 40 p.
- Meneses, R; Elizalde, R. 1980. Influencia de la fertilización mineral en el cultivo del arroz sobre la población de *Lissorhoptus brevisrostris* (Coleoptera: Curculionidae). Ciencia Técnica Agrícola 3:49-69.

- Morais, KP. 2011. Desenvolvimento de genótipo de cana de açúcar no Rio Grande do Sul. Tesis Maestría. Santa Maria, BR, Universidade Federal de Santa Maria. 122 p.
- OIA (Organización Internacional del Azúcar). 2012. Perspectivas de producción de azúcar y de etanol en Brasil. Brasil, OIA. 55p.
- Oliveira, FGL; Andrade, SCA. 2009. Ocorrência de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera; Pyralidae) em plantações de cana-de-açúcar (Magnoliophyta; Poaceae) em diferentes localidades, no município de Paraty (RJ). *Ciência et Praxis* 2(4):7-10.
- Paes, JMV; Marciano, N; Brito, CH; Cardoso, AA; Martinez, HHP; Mendes, A. 1997. Estudos de espaçamentos e doses de nitrogênio na produção e em algumas características biométricas de três variedades de cana-de-açúcar; STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba 15(6):18-20.
- Polito, WI. 2006. The Trofobiose Theory and organic agriculture: the active mobilization of nutrients and the use of rock powder as a tool for sustainability. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 78(4):765-779.
- Queiroz, EC; Dedecek, R; Noemberg, LSM; Reis Filho, W. 2008. Infestação e danos de *Cinara atlantica* relacionados com o estado nutricional e hídrico em mudas de *Pinus taeda*. *FLORESTA* 38(1):97-105.
- RIDESA (Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro). 2010. Liberação nacional de novas variedades "RB" de cana-de-açúcar (em linha). Curitiba, Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. 64 p. Consultado 15 jul. 2012. Disponible en: [http://canaufv.com.br/pdf\\_cultivares/iberacao.pdf](http://canaufv.com.br/pdf_cultivares/iberacao.pdf)
- Rieder, SNA. 2009. Fertilización química, orgánica y organo-mineral y su efecto en la producción de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y algunas propiedades químicas del suelo. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY, Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, FCA, UNA. 51 p.
- Salvatore, AM; Morandini, M; Alonso, LG; Willink, E. 2009. Relationship between *Diatraea saccharalis* attack and nitrogen fertilization in sugarcane in Tucumán, Argentina. In: Sugar Research and Development Corporation (SRDC). SRDC Travel and Learning Project. Eds: Samson, P; Drummonk, F. Entomology Workshop of the International Society of Sugarcane Technologists. 20-26 de abril. Tucumán, AR, SRDC. p. 26.
- Teran, FO. 1979. Sugarcane nutrition modifies infestation by *Diatraea* spp. *Entomology Newsletter* 6:20-23.
- Ventura, SSR; Carvalho, AG; Pereira, TF. 2008. Efeito da adubação na população de *Corythaica cyathicollis* em berinjela, em função do período de coleta. *Biotemas* 21(1):47-51.
- Vitti, AC; Trivelin, PCO; Gava, GJC; Franco, HCJ; Bologna, IR; Faroni, CE. 2007. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 3(3):491-498.
- Yopez, GG; Linares, FBA. 1987. Nomenclatura aprobada para los índices de la evaluación del daño por taladradores *Diatraea* spp. (LEPIDOPTERA: Pyralidae) en caña de azúcar en Venezuela. *Caña de Azúcar* 5(2): 101-103.
- Zambello, Jr; Orlando Filho, J. 1981. A adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. *Boletim Técnico Planalsucar, Piracicaba* 3(3). 27 p.