

## Fertilización fosfatada y encalado y su efecto sobre el desarrollo, productividad y ataque del barrenador en caña de azúcar

### Phosphorus fertilization and lime application and its effect on sugarcane growth, yield and borer attack in sugarcane

Jimmy Walter Rasche Alvarez<sup>1</sup>, Claudia Carolina Cabral Antunez<sup>1</sup>, Eduardo Augusto Muller<sup>2</sup>, Gerson Laerson Drescher<sup>2</sup>, Leandro Souza da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Asunción (UNA), Ruta 1, Km 10, San Lorenzo, Paraguay. CP 2160.

<sup>2</sup> Departamento de Solos, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. CP 97001.

E-mail: jwrasche@yahoo.com.ar

---

**RESUMEN.** Los niveles de fósforo y la acidez del suelo pueden limitar la producción agrícola en la agricultura subtropical. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la cal agrícola y del fósforo sobre dos variedades de caña de azúcar, y el ataque del barrenador. La investigación se realizó en el área experimental de la Universidad Federal de Santa María, Brasil durante 2011-2012. Fue conducido un experimento trifactorial, con dos variedades de caña de azúcar (SP81-3250 y RB-956911), con y sin aplicación de cal agrícola (3,5 Mg ha<sup>-1</sup>) y cuatro dosis de fósforo (0, 20, 40 y 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>). Se evaluaron: a) longitud de la parte industrial, b) diámetro de la base del tallo, c) número de entrenudos, d) número total de tallos, e) rendimiento, f) °Brix, y g) Índice de Intensidad de Infestación del taladrador. El rendimiento de RB-956911 y SP81-3250 fue de 106,6 y 139,8 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, el °Brix de 18,6 % y 18,0 %. El Índice de Intensidad de Infestación fue de 2,76 % para RB-956911 y de 3,65 % para SP81-3250. La cal agrícola influyó solamente sobre el ataque del taladrador. El fósforo aumentó la producción de la caña, pasando de 105,9 Mg ha<sup>-1</sup> a 136,5 Mg ha<sup>-1</sup> con la aplicación de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. La aplicación de fósforo aumentó la producción de caña de azúcar, sin aumentar el ataque del taladrador.

**Palabras clave:** *Diatraea saccharalis*, encalado, fósforo, *Sacharum officinarum*, trofobiosis.

**ABSTRACT.** Both soil phosphorus (P) and soil acidity are the key factors in soil fertility management and often limits crop production in subtropical agriculture. The objective of this study was to evaluate the response of lime and different P rates on sugarcane variety and their interactive effect on the sugar cane borer attack. A three factorial experiment containing, two sugarcane varieties i. e., (SP81-3250 and RB-956911); with and without application of agricultural lime (3.5 t ha<sup>-1</sup>) and four P rates i. e., (0, 20, 40 and 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) was carried out at the research field area of Federal University of Santa Maria, RS, Brazil during 2011-12. It assessed a) sugarcane stalk length, b) stem diameter; c) number of internodes, d) number of stalk ha<sup>-1</sup>, e) stalk yield, f) °Brix and g) Intensity of infestation Index. Results indicated that, the stalk yields of RB-956911 and SP81-3250 was 106.6 and 139.8 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively. The °Brix was between 18.60 % and 18.00 %, respectively. The Intensity of infestation Index was 2.76 % for the RB-956911 and 3.65 % for the SP81-3250. The lime application showed significant results only on the borer attack. Phosphorus application increased the sugarcane yield from 105.9 Mg ha<sup>-1</sup> to 136.5 Mg ha<sup>-1</sup> with 60 kg of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>. The application of phosphorus increased sugarcane productivity but it does not contribute which increase the borer attack.

**Keywords:** *Diatraea saccharalis*, liming, Phosphorous, *Sacharum officinarum*, trophobiosis.

---

## INTRODUCCION

Brasil es el mayor productor de caña de azúcar mundialmente, con un área estimada de 8,8 millones de hectáreas y rendimiento promedio de 74,7 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). La caña de azúcar es muy importante en la agricultura brasilera así como en la industria de combustible, ya que se utiliza parte de la caña de azúcar producida para la producción de alcohol para mezclar con la nafta o se vende en forma de etanol para los vehículos alcoholeros, como sustituto del combustible derivado de petróleo, esto tiene la ventaja de reducir la emanación de gases de efecto invernadero en un 85 % cuando se compara con los combustibles fósiles (Santos, 2013). El bajo rendimiento de la caña de azúcar en el sur de Brasil se debe a factores climáticos y a factores como la falta de inversión en renovación de cultivares, y la aplicación de fertilizantes buscando aumentar el rendimiento de la caña de azúcar (Morais, 2011).

Entre los varios factores de fertilidad que afectan la productividad, el pH del suelo es uno que incide directamente en la disponibilidad de nutrientes, principalmente en la del fósforo, donde la mayor disponibilidad se da en valores cercanos a la neutralidad. Por debajo de pH 5,5 el fósforo (P) es fijado por los óxi-hidróxidos de hierro y de aluminio, quedando indisponible a las plantas (Rheinheimer *et al.*, 2008). Además, en pH inferior a 5,5 empieza a haber Aluminio (Al<sup>3+</sup>) en solución siendo tóxico para las plantas, donde, además de afectar la absorción de fósforo y calcio (Ca<sup>+2</sup>), afecta la división celular y el crecimiento del sistema radicular (Oliveira *et al.*, 1997). Por lo tanto, la aplicación de cal agrícola aumenta el pH del suelo eliminando el aluminio tóxico, aumenta el nivel de calcio y magnesio, la disponibilidad de fósforo y mejora las condiciones para la biota benéfica del suelo.

La práctica del encalado no siempre ofrece resultados positivos en la producción de caña de azúcar. Así Ribeiro (1983) evaluando el efecto del encalado sobre 100 cultivares de caña de azúcar, constató que la aplicación de cal aumentó la producción de caña de azúcar en 11,3 %; y de azúcar en 10,5 %. Sin embargo, algunos cultivares no respondieron a la aplicación de cal agrícola e inclusive presentaron menor rendimiento que el testigo.

El fósforo es el elemento más limitante en suelos altamente intemperizados de zonas tropicales o subtropicales, principalmente en

los suelos con elevada acidez. Se encuentra involucrado en varios procesos fisiológicos y bioquímicos en la planta. Sin embargo, varios suelos cultivables del mundo son deficientes en fósforo, siendo uno de los nutrientes más limitantes en los cultivos (Runge-Metzger, 1995), tanto por su deficiencia natural como por la falta de fertilización adecuada con fósforo (MacDonald *et al.*, 2011).

Existen varios experimentos que demuestran que la caña de azúcar responde a la fertilización fosfatada. La fertilización desbalanceada, con la aplicación de fertilizantes químicos en exceso, puede traer como consecuencia el aumento de la aparición de plagas y enfermedades.

Otra de las limitantes de la producción son las plagas, siendo la principal plaga de la caña de azúcar en países del Cono sur americano el barrenador de la caña de azúcar *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera, Crambidae) que en su fase larval ataca el tallo (Gallo *et al.*, 2002). El III (Índice de intensidad de infestación) se refiere al porcentaje de entrenudos con daño interno. Por lo tanto, es 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 realizan investigaciones sobre resistencia varietal. Gallo *et al.* (2002) sostienen que cuando el III es inferior al 5 % se denomina de “baja infestación”; de 6 a 10 % “infestación moderada”; de 11 a 15 % infestación regular; de 16 a 25 % elevado y mayor a 25 % “muy elevada”.

Santacruz (2009), refiere que la aplicación de cal agrícola no incide sobre el taladrador de la caña de azúcar. En relación con el efecto de la fertilización fosfatada Silva (2011), no observó un aumento del ataque del taladrador con la aplicación de dosis crecientes de fósforo, donde el índice de Intensidad de Daño quedó entre 19 a 23 % y 14 a 23 %, sin embargo, Silva (2011) constató aumento del ataque del taladrador, cuando la dosis de fósforo era superior a los 100 kg ha<sup>-1</sup>.

Considerando que existen pocos trabajos en el Río Grande del Sur, Brasil, sobre el ataque del taladrador en caña de azúcar, principalmente bajo el efecto de fertilización inorgánica, el objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la cal agrícola y de la fertilización fosfatada sobre algunos componentes del rendimiento y la productividad de dos variedades de caña de azúcar, y sobre el ataque del barrenador de la caña de azúcar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el área experimental del Departamento de Suelos de la Universidad Federal de Santa María (UFMS), Rio Grande del Sur (RS), Brasil entre septiembre del 2010 a agosto del 2012. El área de estudio se encuentra en la depresión central del RS a 115 msnm. El clima es húmedo, subtropical con temperatura media anual de 19 °C, con extremos de 39 °C y -2 °C (Ayoade, 1986). La precipitación anual de 1600 mm, distribuida durante todo el año. Sin embargo, ocurren cortos periodos de sequía que pueden afectar el rendimiento de los cultivos agrícolas. Inicialmente el suelo clasificado como alfisol, tenía: arcilla 14 g kg<sup>-1</sup> de suelo (franco arenoso), pH (H<sub>2</sub>O) 4,9; materia orgánica 16 g kg<sup>-1</sup>; H+Al, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> y K<sup>+</sup> en concentración de 6,6; 1,4; 1,6; 0,6 y 0,2 cmol dm<sup>-3</sup>, respectivamente de acuerdo con la metodología de Tedesco *et al.* (1995). El P presentó 20 mg kg<sup>-1</sup> (considerada concentración media según la Comisión de Química y Fertilidad de Suelo de Río Grande del Sur y Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004).

Se utilizó un diseño experimental trifactorial, siendo el primer factor las dos variedades de caña de azúcar: RB-956911 y SP81-3250, el segundo factor la aplicación o no de cal agrícola y el tercer factor la aplicación de cuatro dosis de P (0, 20, 40 y 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea). El experimento fue dispuesto en bloques al azar, con 16 tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 64 unidades experimentales. Cada unidad experimental tenía 4 m de largo y 5,6 m de ancho (22,4 m<sup>2</sup>) con hileras distanciada a 1,4 m entre ellas.

Antes de realizar la siembra de la caña de azúcar, la cal agrícola fue aplicada a voleo, en dosis de 3,5 Mg ha<sup>-1</sup>, luego incorporada a la profundidad de 0,2 m, para alcanzar pH 6,5 según la recomendación de la CQFS-RS/SC (2004), el suelo fue arado dos veces. El fósforo, el primer año fue aplicado en línea al costado de las hileras de caña de azúcar a dosis de 0, 50, 100 y 150 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> en forma de Súper fosfato triple, con 46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, en los tratamientos respectivos.

En todas las unidades experimentales se aplicaron 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y N en la forma de KCl y de urea, respectivamente. El potasio fue aplicado fraccionado, la mitad en el fondo del surco mezclado homogéneamente con el suelo antes de plantar la caña de azúcar y la otra mitad

en bandas al costado de las hileras después de plantada la caña. El N fue aplicado 20 kg ha<sup>-1</sup> en el momento de la plantación de la caña en bandas a 5 cm de profundidad, al costado de las hileras de caña y lo restante, aplicado a los 3 y 6 meses después de la brotación.

Para plantar la caña de azúcar se abrieron surcos con un tractor, de 0,2 m de profundidad espaciado entre estos a 1,4 m. Posteriormente se colocó caña de azúcar, con 12 nudos por metro lineal. Las dos variedades de caña de azúcar fueron plantadas el 20 de septiembre del 2010. En julio del 2011 la caña de azúcar fue cosechada, y para el segundo año (caña soca) la fertilización con K y N fue realizada utilizando las mismas dosis que en caña planta. El P fue aplicado (dosis de 0, 20, 40 y 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) en surco al costado de la línea del cultivo. Durante el periodo de crecimiento fueron aplicados riegos de 25 mm semanalmente, cuando el intervalo sin lluvia excedía las dos semanas. El año agrícola 2011/2012 fue atípico, bastante seco en la zona de estudio.

A los 12 meses de haber aplicado los tratamientos se cosecharon 2,8 m<sup>2</sup> de caña de azúcar en cada unidad experimental (UE). Se utilizaron 20 cañas por UE 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) °Brix, e) Índice de Intensidad de Infestación (III) del taladrador. De la superficie cosechada por cada UE se determinó: f) número total de tallos y g) rendimiento.

Inicialmente se cortó la caña y después se determinó la LPI con una cinta métrica y el diámetro de la base del tallo, con un taquímetro. A los mismos tallos, se les registró además, el número de entrenudos por planta, del cual se obtuvo el número de entrenudos por UE. Posteriormente, fue determinado el número de tallos, de cada área útil (luego transformado el valor a tallos ha<sup>-1</sup>). La caña extraída fue pesada posteriormente y el rendimiento expresado en Mg ha<sup>-1</sup>.

Finalmente, se determinó la incidencia de la aplicación de cal y de la fertilización fosfatada sobre la infestación del taladrador de la caña de azúcar, mediante el Índice de Intensidad de Infestación (III). Para determinar el III de daño ocasionado por el taladrador de la caña fueron tomados los 20 tallos por cada UE (abiertos mediante cortes longitudinales) y en cada tallo se contó el número de entrenudos totales y los dañados por el taladrador mediante la fórmula:

$$III = \frac{NED}{NET} * 100$$

Donde:

III = Índice de Intensidad de Infestación

NED = N° de entrenudos dañados

NET = N° de entrenudos totales

El resultado fue multiplicado por 100 para obtener el porcentaje.

Para la determinación del grado Brix (°Bx) se tomaron cinco plantas por unidad experimental a las que se les extrajo jugo de la parte media del tallo y goteó posteriormente sobre un refractómetro manual.

El análisis estadístico de los datos de los parámetros evaluados, inicialmente se realizó mediante el análisis de varianza. En los casos donde hubo diferencia significativa y/o interacciones entre las mismas, en los parámetros evaluados por efecto de las variedades, se realizó el análisis de comparación de medias utilizando el Test de Tukey al 5 % y 1 %, y la aplicación de la curva de regresión entre los parámetros evaluados, que presentaron diferencias significativas 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 UE, aplicando la siguiente fórmula:

$$r_{x,y} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

Cov = covarianza

X e Y = promedio de las muestras de cada matriz, en este caso la unidad experimental

$\sigma$  = 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 DISCUSION

La variedad SP81-3250 presentó mayor LPI (203,9 cm) que RB-956911 (191,1 cm) (tabla 1). No obstante, la aplicación de cal agrícola, así como la fertilización fosfatada no tuvo influencia sobre la LPI, donde los valores variaron entre 192,4 cm y 204,8 cm. No hubo interacción entre los factores. Hanauer (2011), en Santa María, RS y Morais (2011), en Santiago, RS, constataron que la LPI varió entre variedades, y entre la caña soca y la caña planta. Los valores encontrados por ambos fueron muy similares al del presente estudio, donde Morais (2011) en caña soca encontró valores de 173,2 cm a 217,6 cm, con promedio de 198,6 cm, y Hanauer (2011) valores entre 184 cm y 237,5 cm; mientras que Espínola

**Tabla 1. Longitud media de la parte industrial, diámetro, entrenudos y producción de caña de las variedades RB-956911 y SP81-3250 por efecto de la aplicación de cal agrícola y dosis creciente de fertilizante fósforo. Santa María, RS, Brasil, 2015**

| Factores              |  | Longitud (cm) | Diámetro (cm) | Entrenudos | Cañas (ha)  |
|-----------------------|--|---------------|---------------|------------|-------------|
| Variedad              | RB-956911  | 191,1 b*      | 3,09 a**      | 11,9       | 112.800 b** |
|                       | SP81-3250  | 203,9 a       | 2,83 b        | 11,8       | 140.400 a   |
| Dosis de cal agrícola | 0 (control)  | 194,1 a       | 2,99 a        | 11,9       | 126.200 a   |
|                       | 3500 kg ha <sup>-1</sup>                             | 201,0 a       | 2,93 a        | 11,9       | 127.200 a   |
| Niveles de fósforo    | 0 (control)  | 195,5 a       | 2,93 a        | 11,6       | 121.900 a   |
|                       | 20 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> | 192,4 a       | 2,93 a        | 11,7       | 125.500 a   |
|                       | 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> | 197,3 a       | 2,99 a        | 12,0       | 127.500 a   |
|                       | 60 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> | 204,8 a       | 2,98 a        | 12,2       | 131.700 a   |
| C.V. (%)              |  | 7,48          | 4,22          | 8,53       | 11,87       |

\*Significativo al  $P \leq 0,05$  y \*\* Significativo al  $P \leq 0,01$  según el test de Tukey, respectivamente. Medias con diferentes letras en las columnas, dentro de cada factor, difieren estadísticamente.



(2010) y Silva (2011) no observaron diferencia en la longitud de la caña de azúcar por efecto de la aplicación de P.

Hubo diferencia significativa del diámetro en la base del tallo entre las variedades de caña de azúcar, siendo que la variedad RB-956911 (3,09 cm) mostró un diámetro en la base 9,2 % mayor que la variedad SP81-3250 (2,83 cm), mientras que la aplicación de cal agrícola o de fósforo no afectó el diámetro del tallo. Esta característica de la variedad puede influenciar en la disminución del rompimiento de las cañas atacadas por el taladrador, principalmente por los vientos fuertes, evitando pérdidas económicas en el cultivo.

El número de entrenudos por tallo no fue afectado por ninguno de los tres factores y no hubo interacción entre los factores. Santacruz (2009) tampoco encontró diferencia en el número de entrenudos por efecto de la aplicación de cal agrícola o la fertilización fosfatada. El número de cañas por hectárea fue 24,4 % superior en SP81-3250 (140.400 tallos ha<sup>-1</sup>) que en la variedad RB-956911 (112.800 tallos ha<sup>-1</sup>), sin embargo, este parámetro no fue afectado por la aplicación de cal agrícola, oscilando entre 126.200 y 127.200 tallos ha<sup>-1</sup>, o de fósforo, variando entre 121.900 y 131.700 tallos ha<sup>-1</sup>. No hubo interacción entre los factores.

El rendimiento de la caña de azúcar del segundo año fue afectado tanto por la variedad como por

la fertilización fosfatada, no así por la aplicación de cal agrícola (tabla 2). No hubo interacción entre las diferentes variables analizadas.

La variedad SP81-3250 presentó en promedio un rendimiento 31,1 % superior (139,8 Mg ha<sup>-1</sup>) a RB-956911 (106,6 Mg ha<sup>-1</sup>). En el primer año (caña planta) y también durante el segundo, alcanzando 133,53 Mg ha<sup>-1</sup> frente a la variedad RB-956911 que tuvo un rendimiento de 125,4 Mg ha<sup>-1</sup>, diferencia de 6,5 % (Müller, 2013). Hanauer (2011) y Morais (2011), sostienen que la variación en la productividad de diferentes variedades en un mismo ambiente se da por la constitución genética de los mismos. Caione *et al.* (2011), demostraron que las variedades responden de manera diferente a la aplicación de fertilizantes.

La aplicación de cal agrícola no tuvo influencia sobre el rendimiento de la caña de azúcar el segundo año, donde el rendimiento con la aplicación de cal agrícola alcanzó 124,3 Mg ha<sup>-1</sup> y sin aplicación de cal agrícola 122,1 Mg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el primer año (caña planta) hubo un efecto significativo de la aplicación de cal agrícola, donde el rendimiento de la caña de azúcar con aplicación de cal agrícola fue de 129,4 Mg ha<sup>-1</sup>, frente a 119,5 Mg ha<sup>-1</sup> donde no se aplicó, habiendo un aumento de producción por el efecto de la aplicación de cal agrícola y todos los beneficios que ésta trae al suelo (Müller, 2013).

**Tabla 2. Rendimiento, grado Brix, y el Índice de Intensidad de Infestación (III) promedio de los cultivares RB-956911 y SP81-3250 por efecto de la aplicación de cal agrícola y dosis creciente de fertilizante fosfatado. Santa María, RS, Brasil, 2015**

| Factores              |  | Rendimiento (Mg ha <sup>-1</sup> ) | Grado Brix | Índice de Intensidad de Infestación (III) |
|-----------------------|--|------------------------------------|------------|---|
| Variedad              | RB-956911  | 106,6 b**                          | 18,6 b**   | 2,76 b**                                  |
|                       | SP81-3250  | 139,8 a                            | 18,0 a     | 3,65 a                                    |
| Dosis de cal agrícola | 0 (control)  | 124,3 a                            | 18,2 a     | 3,50 a *                                  |
|                       | 3500 kg ha <sup>-1</sup>                             | 122,1 a                            | 18,4 a     | 2,91 b                                    |
| Niveles de fósforo    | 0 (control)  | 105,9 b**                          | 18,3 a     | 3,63 a                                    |
|                       | 20 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> | 122,5 ab                           | 18,5 a     | 3,27 a                                    |
|                       | 40 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> | 128,1 a                            | 18,4 a     | 2,59 a                                    |
|                       | 60 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup> | 136,5 a                            | 18,1 a     | 3,40 a                                    |
| C.V. (%)              |  | 16,38                              | 2,57       | 35,80                                     |

\*Significativo al  $P \leq 0,05$  y \*\* Significativo al  $P \leq 0,01$  según el test de Tukey, respectivamente. Medias con diferentes letras en las columnas, dentro de cada factor, difieren estadísticamente.

En ambas variedades se observó que aumentó el rendimiento de la caña de azúcar con el aumento de la dosis de P aplicado, la aplicación de la mayor dosis permitió un aumento del 29 % en el rendimiento. La respuesta a la aplicación de P se ajusta a una ecuación cuadrática (figura). Esta respuesta está de acuerdo con la CQFS-RS/SC (2004) que recomienda la aplicación de entre 40 a 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> cuando el suelo presenta valores medios de P. La mayor productividad de la variedad SP81-3250 supone que la misma se adaptó mejor a la zona de Santa María que RB-956911, aunque cabe resaltar que ambas variedades poseen buena adaptación a la zona del experimento, si se consideran los rendimientos alcanzados y el rendimiento promedio del Estado del Rio Grande del Sur que es de apenas 51,5 Mg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014). Antes del presente experimento se introdujeron más de treinta variedades de caña de azúcar en el área experimental y se eligieron las que mejor se adaptaron, principalmente considerando su resistencia al frío y a las heladas en el invierno.

En la caña planta (primer año) hubo respuesta de la caña de azúcar a la fertilización fosfatada cuando se aplicó cal agrícola, pasando de 115,04 Mg ha<sup>-1</sup> en el control para 143,13 Mg ha<sup>-1</sup> en el tratamiento donde se aplicó 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Sin embargo, donde no se aplicó cal agrícola no hubo efecto de la fertilización fosfatada, oscilando el rendimiento entre 115,36 a 118,71 Mg ha<sup>-1</sup> (Müller, 2013).

Es común encontrar experimentos con caña de azúcar que responden a la fertilización fosfatada,

pues el fósforo es el elemento que se encuentra en menor disponibilidad en los suelos de zonas tropicales y subtropicales debido a la poca cantidad del mismo en el material de origen y la fuerte adsorción de este a los grupos funcionales de superficie de los oxi-hidróxido de hierro y aluminio y de los arcillo-minerales 1:1 como la caolinita que es muy abundante en los suelos de las zonas mencionadas (Rheinheimer *et al.*, 2008).

Considerando que no hubo efecto de la aplicación de fertilizante fosfatado 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, al observar la tabla 1, se puede notar que los tres componentes del rendimiento tienen tendencia de aumentar con la aplicación de las dosis crecientes de fósforo, la sumatoria de estos tres componentes permitió el incremento del rendimiento por efecto de la fertilización fosfatada. Cuando se aplica la correlación de Pearson, se observa una alta correlación entre el rendimiento y el número de cañas ( $r^2 = 0,76$ ), moderada correlación entre el rendimiento y la longitud de la parte industrial ( $r^2 = 0,57$ ) y entre el rendimiento y el diámetro de la base ( $r^2 = 0,33$ ), y baja correlación entre el número de entrenudos y el rendimiento ( $r^2 = 0,28$ ).

El °Bx fue afectado por la variedad pero no por la aplicación de cal agrícola o de dosis de fósforo (Tabla 2). La variedad RB-856911 (18,6 °Bx) posee mayor °Bx que SP81-3250 (18,0 °Bx), esta diferencia en la dulzura posiblemente se deba a características genéticas de la planta ya que la

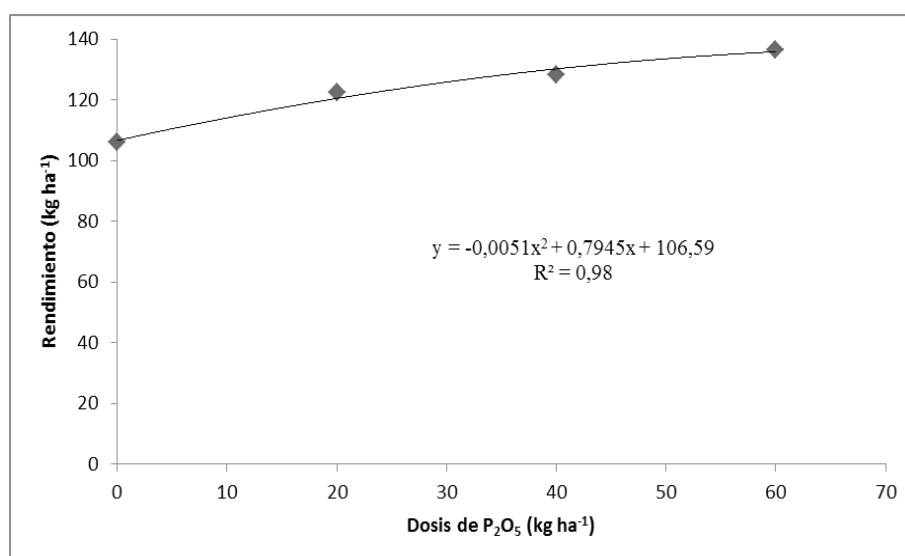


Figura. Respuesta de la caña de azúcar a la aplicación de fertilizante fosfatado. Santa María, RS, Brasil, 2015

variedad RB-956911 posee mayor cantidad de sacarosa que otras variedades. Sin embargo, en el primer año del cultivo (caña planta) no hubo diferencia significativa en el °Bx por efecto de la variedad, de la dosis de cal agrícola aplicada o de la fertilización fosfatada (Müller, 2013). En experimentos con potasio y nitrógeno utilizando las mismas variedades se constató que la variedad RB-856911 poseía mayor °Bx que SP81-3250 (Rasche *et al.*, 2012; Rasche *et al.*, 2014).

El III fue afectado tanto por la variedad y por la aplicación de cal agrícola. No hubo interacción significativa entre los factores. La fertilización fosfatada no influyó en el III. No se observó buena correlación entre el rendimiento y el III ( $r^2 = 0,18$ ) o entre el °Brix y el III ( $r^2 = -0,24$ ). La III fue 32,2 % superior en la variedad SP81-3250 (3,65 %). Sin embargo, es importante destacar que los valores son clasificados como “baja infestación” si se considera la clasificación del III propuesto por Gallo *et al.* (2002).

La aplicación de cal agrícola ocasionó un aumento de 20,2 % en el III, donde este pasó de 2,91 % sin la aplicación de la cal a 3,50 % con aplicación de cal. Hubo interacción entre la aplicación de cal agrícola y las dosis de fósforo. Sin la aplicación de cal agrícola el III fue decreciendo con la aplicación de fósforo, donde:

$$III = 0,0007x^2 - 0,0682x + 3,9698$$

$$x = \text{kg ha}^{-1} \text{ de P}_2\text{O}_5 \\ r^2 = 0,84$$

Cuando la cal agrícola fue aplicada, el III no fue afectado por la fertilización fosfatada. El III, no fue afectada por la dosis de fósforo, donde estas variaron entre 2,59 % a 3,63 % siendo, clasificadas como “baja infestación” de acuerdo con Gallo *et al.* (2002). Al contrario de lo que ocurrió en este experimento, Silva (2011) constató aumento del ataque del barrenador por la aplicación de altas dosis de fósforo 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

El bajo nivel de III encontrado en este experimento, pudo deberse en parte, a que el año 2011-2012 fue bastante seco y esto pudo afectar la reproducción del taladrador ya que es muy exigente en humedad, principalmente los adultos. Por otro lado, la presencia de enemigos naturales encontrados en el momento de realizar las evaluaciones, como nematodos, hongos, entre otros, ayudan a disminuir el ataque de esta plaga.

Por lo tanto, sería necesario realizar más investigaciones para observar si realmente la fertilización fosfatada influye sobre el ataque del taladrador de la caña en el cultivo de la caña de azúcar.

## CONCLUSIONES

1. La variedad SP81-3250 posee mayor rendimiento, Índice de Intensidad de Infestación, pero menor Brix que RB- 956911.
2. La aplicación de cal agrícola no incrementó la producción de caña de azúcar, aunque incrementó el ataque del taladrador.
3. La fertilización con P no afectó las características morfológicas, ni el Brix, sin embargo, incrementó el rendimiento, sin afectar el Índice de Intensidad de Infestación.
4. El Índice de Intensidad de Infestación en este estudio fue clasificado de “baja infestación”, pero fue mayor en la variedad SP81-3250.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ayoade, J.O.: Introdução à climatologia para os trópicos. 4 ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, Brasil. 1986, 332 p.
2. Caione, G.; A. Lange; C.G. Sabin B; F. F. Maximino: Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. *Revista Pesquisa Agropecuária Tropical*, 41 (1): 66-73, 2011.
3. CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento): Acompanhamento da Safra Brasileira. Cana-de-Açúcar, Safra 2013/2014, terceiro levantamento. Marzo, 2014. En sitio web: [www.conab.gov.br/conabweb](http://www.conab.gov.br/conabweb) Consultado el 12 de febrero de 2015.
4. CQFS-RS/SC (Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC): Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, Brasil: SBRS-NRS/ EMBRAPA-CNPT, 2004, 400 p.
5. Gallo, D.; O. Nakano; S. Silveira Neto; R. Carvalho; G. Batista: Manual de Entomología agrícola; 3 ed. Editora Agronômica Ceres, São Paulo, Brasil. 2002, 648 p.
6. Hanauer, J.G.: 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 en Agronomía, Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil. 2011, 122 p.
7. MacDONALD, G.K.; E.M. Bennett; P.A. Potter; N. Ramankutty: Agronomic phosphorus imbalances across the world's croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (7): 3086-3091, 2011.
  8. Morais, K.P.: Desenvolvimento de genótipo de cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul. Tesis Maestría. Santa Maria, RS, BR, Mestrado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, Brasil. 2011, 122 p.
  9. Müller, E.: Adubação com NPK e calagem para a cultura da cana-de-açúcar em Santa Maria/RS. Tesis de Grado en Agronomia. Área de Concentração em Solos, da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. 2013, 50 p.
  10. Oliveira, E.L.; M.S. Parra; A. Costa: Resposta da cultura do milho, em um Latossolo Vermelho-escuro álico, a calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:65-70, 1997.
  11. Rasche A, J.W.; V.A. Gómez; C.C. Cabral; E.A. Muller; G.L. Schaefer; G. Drescher; M.B. Ramírez de L: Aplicación de potasio en variedades de caña de azúcar: efectos en la productividad y en el ataque del taladrador de la caña. *Investigación Agraria*, 14 (2):93-100, 2012. En sitio web: [http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2305-06832012000200004&lng=en&tlng=](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2305-06832012000200004&lng=en&tlng=) Consultado en 14 de marzo de 2015.
  12. Rasche A, J.W.; G.L. Schaefer; G. Drescher; E.A. Muller; C.C. Cabral; V.A. Gómez: Fertilización nitrogenada y su efecto en la productividad y el ataque del taladrador de la caña en dos variedades de caña de azúcar. *Investigación Agraria*, 16 (1):1-10, 2014.
  13. Rheinheimer dos S, D.; L.C. Gatiboni; J. Kaminski: Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, 38 (2):576-586, 2008.
  14. Ribeiro V, A.: Efeito da calagem em cem cultivares de cana de açúcar cultivado em latossolo vermelho escuro. Tesis de Maestría en Agronomía. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. 1983, 71 p.
  15. Runge-Metzger, A.: Closing the cycle: obstacles to efficient P management for improved global food security. In: Tiessen, H. (Ed.), Phosphorus in the global environment. John Wiley & Sons Ltd, New York. *Scope-Scientific Committee on Problems of the Environment International Council of Scientific Unions*, vol. 54, p. 27-42, 1995.
  16. Santacruz, S.L.: Dosis, fuentes y formas de aplicación de cal agrícola y su efecto en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). Tesis de grado en Agronomía. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. 2009, 68 p.
  17. Santos, J.A dos: Impactos na economia brasileira, pela substituição dos combustíveis fósseis por etanol e biodiesel, no período de 2010 a 2030. Tesis (Doctorado en Agronomía). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba. São Paulo, Brasil. 2013, 110 p.
  18. Silva, M.P.R.: Efecto de la fertilización fosfatada sobre el rendimiento de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y el ataque de la broca del tallo (*Diatraea saccharalis*) (Fabr, 1774) Lepidoptera: Crambidae en un Alfisol de Escobar Paraguari. Año II. Tesis de grado en Agronomía. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. 2011, 48 p.
  19. Tedesco, M.J.; C. Gianello; C.A. Bissani; H. Bohnen; S.J. Volkweiss: Análise de solo, plantas e outros materiais. Boletim técnico de solos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 1995, 215 p.