

**MANEJO SUSTENTABLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

**Variación de algunos indicadores fisiológicos y componentes del rendimiento con la fertilización orgánica en la variedad de caña de azúcar cristalina en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana.**

**Variation of some physiological indicators and performance components with organic fertilization in the variety of crystalline sugarcane in the conditions of the Ecuadorian Amazon.**

Reinaldo Demesio Alemán Pérez<sup>1</sup>, Javier Domínguez Brito, Carlos Alfredo Bravo Medina, Edgar Rubén Iza Guanoluisa, Héctor Fernando Reyes Morán, Jorge Antonio Freile Almeida, Jorge Luis Alba Rojas, Ernesto Marino Téllez y Eberto Pablo Gutiérrez Morales

<sup>1</sup>Universidad Estatal Amazónica, Ecuador  
[r Aleman@uea.edu.ec](mailto:r Aleman@uea.edu.ec)

Recibido: 08/07/2018

Aceptado: 18/12/2018

Publicado: 28/06/2019

**RESUMEN**

El objetivo del trabajo fue analizar la variación de algunos indicadores fisiológicos y componentes del rendimiento con la fertilización orgánica en la variedad de caña de azúcar cristalina en la Amazonía ecuatoriana. La investigación se desarrolló en la finca San Carlos, ubicada en el recinto Oswaldo Hurtado de la vía Puyo-Macas km 29 perteneciente a la parroquia Simón Bolívar del cantón Pastaza, provincia de Pastaza y consistió en el estudio del comportamiento de la variedad cristalina conocida como limeña rayada ante la aplicación de dos abonos orgánicos, Pollinaza y Bagazo más un testigo donde no se realizó abonadura. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, con tres réplicas, y se evaluaron variables como el ahijamiento, el número de tallos por plantón, la altura y el diámetro de los tallos, el área foliar y el índice de área foliar; también se calculó el rendimiento agrícola en megagramos por hectárea. Los resultados fueron procesados mediante un análisis de varianza y prueba de Tuckey para determinar las diferencias entre las medias para el nivel de significación del 95% ( $P < 0.05$ ). Se demostró que los principales indicadores morfológicos, fisiológicos y productivos de la variedad de caña Cristalina resultaron superiores a partir de la fertilización orgánica con Pollinaza, con valores de 15 tallos por plantón, 160 cm de altura a los 270 días de la brotación, 17.6 m<sup>2</sup> de área foliar, con un índice de área foliar de 5.9 y un rendimiento agrícola de 145 Mg ha<sup>-1</sup>.

**PALABRAS CLAVE:** abonos orgánicos, caña de azúcar.

**ABSTRACT**

The objective of the study was to analyze the variation of some physiological indicators and performance components with organic fertilization in the variety of crystalline sugarcane in the Ecuadorian Amazon. The research was carried out on the San Carlos farm, located in the Oswaldo Hurtado compound on the Puyo-Macas road, km 29, belonging to the Simón Bolívar parish in the Pastaza canton, Pastaza province, and consisted of studying the behavior of the Cristalina variety known as Lima striped before the application of two organic fertilizers, Pollinaza and Bagazo plus a control where no fertilization was made. A randomized complete block design with three replicates was used, and variables such as tillering, number of stems per seedling, height and diameter of stems, leaf area and leaf area index were evaluated; The agricultural yield in megagrams per hectare was also

calculated. The results were processed by means of an analysis of variance and Tuckey's test to determine the differences between the means for the significance level of 95% ( $P < 0.05$ ). It was shown that the main morphological, physiological and productive indicators of the Cristalina cane variety were superior from the organic fertilization with Pollinaza, with values of 15 stems per seedling, 160 cm in height 270 days after sprouting, 17.6 m<sup>2</sup> of leaf area, with a leaf area index of 5.9 and an agricultural yield of 145 Mg ha<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** organic fertilizers, sugar cane.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) es un cultivo muy antiguo a nivel mundial y en América fue introducida por Cristóbal Colón en su segundo viaje al continente. Al Ecuador es posible que el cultivo de la caña panelera haya sido traído desde Colombia, un poco antes de la mitad del siglo XVI, para establecerse en los valles calientes de la región interandina y en algunos sectores del litoral, para posteriormente ubicarse en las estribaciones orientales y occidentales de los Andes (Suquilanda, 2004).

En Ecuador este cultivo constituye un sector relevante de la economía, ya que el 20% se destina a la fabricación de panela y el 80% del área total sembrada está destinada para la producción de azúcar y alcohol etílico a partir del jugo de caña. En la región de la Amazonía ecuatoriana existen provincias que se destacan por tener cultivos de caña de azúcar, una de ellas es la provincia de Pastaza siendo la mayor productora artesanal de panela en el país, además de tener un buen mercado de caña de fruta (Asociación de Cañicultores de Pastaza, 2012).

Según Cheesman (2004), la caña de azúcar es un cultivo de extraordinaria capacidad que con buenas condiciones ambientales y culturales produce volúmenes superiores a las 100 t/ha de tallos molibles y si se incluyen las hojas y puntas, que no se emplean para la producción de azúcar; el volumen de biomasa vegetal se eleva un 20%. Es una planta del trópico y crece muy bien en condiciones de alta materia orgánica, requiere un clima húmedo y cálido favorecido con suficiente cantidad de lluvia, estando determinado el comportamiento de las variedades en más de un 80% por factores ambientales (González *et al.*, 2004; Martín *et al.*, 1987).

Por su parte Tukaew *et al.* (2016) plantea que los bajos rendimientos y baja calidad de la caña dependen de la práctica de producción utilizada, al respecto Medina *et al.* (2011) plantea que la fertilización orgánica u órgano mineral puede ayudar a mejorar la producción de caña de azúcar.

El bagazo de la caña es uno de los subproductos que se usa como fuente de energía y abono orgánico. Por cada tonelada de caña se producen alrededor de 264 kg de bagazo (con un 50% de humedad), que se pueden utilizar para la producción de energía eléctrica y calórica por medio de la cogeneración (Mäser *et al.*, 2006).

Tukaew *et al.* (2016), manifiesta que alrededor del 74% los agricultores productores de caña de azúcar aplican fertilizantes orgánicos, sin embargo, alrededor del 25% de los agricultores no aplican ningún fertilizante a sus granjas.

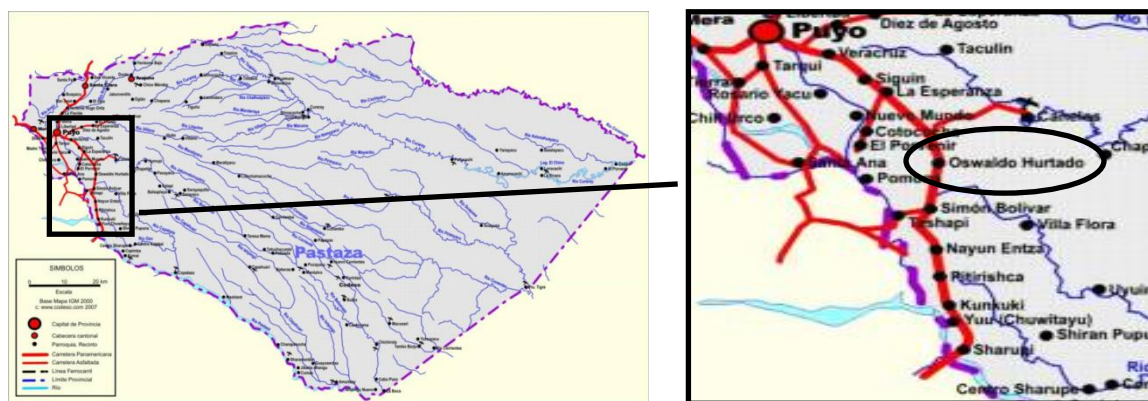
En la provincia de Pastaza se utilizan fertilizantes químicos y en algunos casos orgánicos, pero no se hacen estudios de dosis a aplicar según requerimientos del cultivo y análisis del suelo, por lo cual hay muy poca información sobre el efecto de los abonos orgánicos en este cultivo, por lo que analizar la variación de algunos indicadores fisiológicos y componentes del rendimiento con la fertilización orgánica en la variedad de caña de azúcar cristalina en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana constituye el objetivo fundamental de este trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del experimento

La investigación se desarrolló en la finca San Carlos, ubicada en el recinto Oswaldo Hurtado de la vía Puyo-Macas km 29 perteneciente a la parroquia Simón Bolívar del cantón Pastaza, provincia de Pastaza (figura 1). A una altitud de 1 071 msnm, con las siguientes coordenadas: 9817282N y 18184794E.

Figura 1. Mapa de la provincia de Pastaza y sector donde se desarrolló el experimento.



Fuente: Elaboración propia

### Condiciones meteorológicas

Los datos (tabla 1) fueron tomados de la estación meteorológica de la parroquia Veracruz, la más cercana al experimento.

Tabla 1. Información meteorológica de la zona.

	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACION ANUAL (mm)	HELIOFANIA (HORAS)
VALORES	22.6	87	5 103.2	965

Fuente: Estación Meteorológica Veracruz (2013).

### Factores de estudio y diseño experimental

Se estudió la variedad de caña de azúcar cristalina y dos abonos orgánicos, Pollinaza y Bagazo más un testigo donde no se realizó abonadura. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con los tres tratamientos y tres réplicas para un total de nueve parcelas experimentales.

### Manejo del experimento

- Labores de acondicionamiento y preparación del suelo

**Desbroce:** Se realizó la limpieza del área experimental, se aplicó glifosato con una dosis de 2 L/ha, con una bomba manual el 15 de marzo de 2013.

**Análisis de suelo:** Dos meses antes del desbroce se tomaron las muestras de suelo de acuerdo al método del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, el 15 de enero de 2013.

*Ahoyado*: Luego de la delimitación de las unidades experimentales, se realizó el ahoyado, con la finalidad de incorporar abono orgánico, se aplicó Pollinaza y Bagazo con una aplicación de fondo al momento de la plantación y una dosis de 9 060 kg/ha, en función del diseño experimental.

*Plantación*: Se realizó por estacas apicales o cogollos en tres surcos por parcela y dos cogollos por plantón, el 5 de abril de 2013.

- Evaluaciones realizadas

*Área foliar*: Se tomaron tres hojas por tallo, estrato alto, medio y bajo para las mediciones. Luego se procedió a realizar el cálculo del área foliar de acuerdo a la siguiente fórmula.

Área Foliar del plantón:

$AF=0.9296$  (Hojas activas\*Área Foliar de una Hoja) \*Cantidad de tallos.

**Índice de Área Foliar**: se calculó utilizando la fórmula  $IAF = \frac{AF}{AV}$  (Vázquez y Torres, 2001).

**Número de brotes por plantón**, en tres plantones por unidad experimental por conteo directo a los 35, 42 y 51 días después de la plantación.

**Número de hijos por plantón**, en tres plantones por unidad experimental, también por conteo directo a los 84, 114 y 145 días después de la plantación.

**Número de tallos**, se contaron en el medio del surco central de la parcela (equivale a tres plantones) a los 180, 240 y 270 días desde la plantación

**Altura de planta** (en metros), se evaluó con una cinta métrica, tomando al azar 10 tallos de cada parcela cada tres meses hasta la cosecha (a los 84, 180 y 270 desde la plantación).

**Diámetro de tallo**, en centímetros a partir del quinto nudo bien diferenciado: Se evaluó con un «pie de rey», tomando al azar 10 tallos de cada parcela en el momento de la cosecha.

**Rendimiento agrícola ( $Mg\ ha^{-1}$ )**, se calculó el rendimiento por parcela experimental y se llevó a megagramos por hectárea.

- Análisis estadístico de los resultados

Los resultados del experimento fueron procesados con el programa estadístico Statgraphics Plus Profesional 16.0.03. Se hizo un análisis de varianza a las variables estudiadas y se aplicó la prueba de Tuckey para examinar las diferencias entre las medias para el nivel de significación del 95% ( $P<0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### ***Número de hojas por tallo de la variedad de caña de azúcar Cristalina según tipo de fertilizante orgánico***

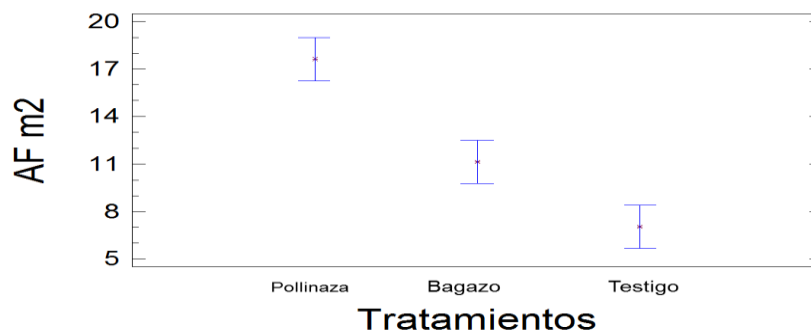
Los valores obtenidos, 14 hojas activas por tallo, son superiores a los reportados por Patiño (2011), quien para la variedad Cristalina reporta medias de 10 hojas por tallo para las condiciones de la provincia Morona Santiago, también Pérez (2008) cita que de 8 a 10 hojas son activas en caña de azúcar en la zona de Fátima, Pastaza. Cuando se aplicó la Pollinaza se obtuvieron valores que resultaron estadísticamente superiores a la aplicación de Bagazo y al testigo, pero estos dos últimos no difieren estadísticamente entre sí.

### ***Área foliar de la variedad de caña Cristalina según tipo de fertilizante orgánico***

Las hojas son el órgano de asimilación y a su vez el encargado de mantener el equilibrio de respiración y humedad en la planta, según Pérez (2008) su longitud varía, pudiendo llegar hasta los 2 m y su ancho entre 1.25 – 10 cm según la variedad. Puede observarse en la *figura 2* que con fertilizante Pollinaza se

obtuvieron valores de área foliar de alrededor de los 18 metros cuadrados con diferencia estadística para la fertilización con Bagazo y a su vez ésta con el testigo absoluto.

**Figura 2.** Área foliar en caña de azúcar según fertilización (Tuckey  $p < 0,05$ ).



Fuente: *Elaboración propia.*

### **Índice de Área Foliar de la variedad de caña Cristalina según tipo de fertilizante orgánico**

La variedad de caña de azúcar cristalina muestra un mayor índice de área foliar con la abonadura de Pollinaza y difiere estadísticamente de la aplicación de Bagazo y del testigo absoluto. Buenaño (2009), obtiene valores medios de Índice de Área Foliar de 1.64 en la variedad POJ 93 y para la variedad «limeña rayada» de 1.16, siendo estos valores muy inferiores a los obtenidos en la presente investigación donde se alcanza un índice de 5.9 para la variedad cristalina (*figura 3*) y resultan similares a los reportados por Romero, Scandalarius y Tonatto (2006), de 4.27 y 6.41 en dos cultivares de caña de azúcar en el período de mayor crecimiento.

**Figura 3.** Índice de área foliar en caña de azúcar según fertilización (Tuckey  $p < 0,05$ ).

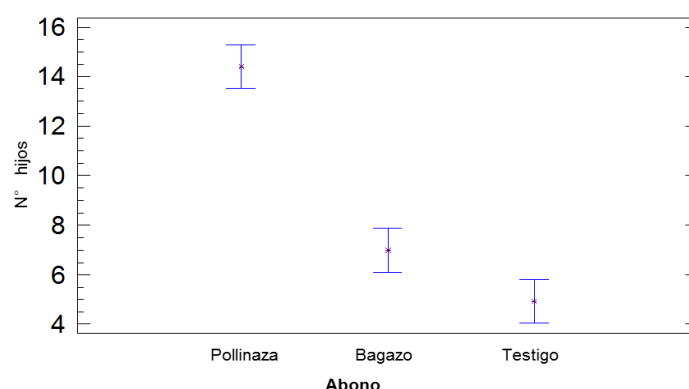


Fuente: *Elaboración propia.*

### **Número de hijos por plantón de la variedad de caña Cristalina según tipo de fertilizante orgánico**

En la *figura 4* se observan los valores promedios de hijos por plantón a los 145 días de la plantación en caña de azúcar. La aplicación de Pollinaza estimula el proceso de ahijamiento en caña de azúcar, quizás debido a su acción sobre las yemas de la base del tallo joven las que se activan al iniciar un crecimiento rápido de sus tejidos.

**Figura 4.** Número de hijos por plantón en la variedad *Cristalina* según tipo de fertilizante.



Fuente: *Elaboración propia.*

#### **Altura de planta de la variedad de caña de azúcar *Cristalina* según tipo de fertilizante orgánico**

En la *tabla 2* se presentan las medias en altura de planta a los 84, 180 y 270 días desde la plantación, mostrándose desde los 84 días diferencias estadística entre las plantas que recibieron fertilización con Pollinaza respecto a las fertilizadas con Bagazo y el testigo. Estos resultados coinciden con los reportados por Buenaño (2009) para la variedad *Cristalina*.

**Tabla 2.** Variación de la altura en tres momentos de desarrollo del cultivo. (Tuckey  $p < 0,05$ ).

Abono	84 días		180 días		270 días	
	Altura	DES	Altura	DES	Altura	DES
Pollinaza	21.1	X	49.4	X	118.1	X
Bagazo	12.1	X	39.2	X	101.8	XX
Testigo	14.7	X	38.3	X	91.4	X

Fuente: *Elaboración propia.*

Lo antes expuesto no coincide con lo planteado por Patiño (2011), quien, en la provincia de Morona Santiago, obtiene medias de la altura del tallo de 301.27 cm.

#### **Diámetro del tallo de la variedad de caña *Cristalina* según tipo de fertilizante orgánico**

En la *tabla 3* se muestran las medias para el diámetro de tallo y se observa que no hay diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual demuestra que este es un factor muy influenciado por la característica varietal.

**Tabla 3.** Variación del diámetro de tallos según tipo de fertilizante (Tuckey  $p < 0,05$ ).

Abonos	270 días
Pollinaza	3.5 a
Bagazo	3.4 a
Testigo	3.3 a

Fuente: *Elaboración propia.*

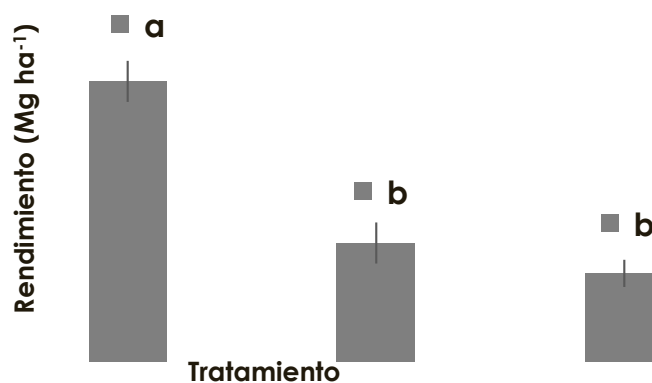
Los valores expuestos anteriormente, 3.5 cm en la variedad cristalina con fertilización de Pollinaza, tienen similitud, aunque de menor diámetro, con los reportados por Patiño (2011), quien da una caracterización de diámetro del tallo de la variedad cristalina con una media de 3.60 cm, para las condiciones de la provincia de Morona Santiago.

En comparación con los resultados obtenidos por Buenaño (2009), en la localidad de Fátima – Pastaza donde realizó una caracterización de cultivares de caña de azúcar obteniendo una media de 3.9 cm de diámetro de tallo para el cultivar «limeña rayada» (Cristalina), siendo estos valores superiores a los de este experimento.

### **Rendimiento agrícola de la variedad de caña Limeña según tipo de fertilizante orgánico**

Cuando se aplica la Pollinaza como abono orgánico, la variedad Cristalina logra producir  $145 \text{ Mg ha}^{-1}$  (figura 5) con diferencia estadística para los que se obtienen aplicando Gallinaza y el testigo absoluto y muy superiores al reportado por Patiño (2011) quien con esta misma variedad obtuvo un rendimiento agrícola con una media de 78.35 y 107 t/ha respectivamente. Estos resultados demuestran que la Pollinaza aporta nutrientes durante todo el desarrollo del cultivo que los va aprovechando en su metabolismo y hace que los componentes del rendimiento y el rendimiento agrícola sea muy bueno para la caña de azúcar en estas condiciones amazónicas. Veer *et al.*, (2011) se refiere a que con la aplicación de fuentes orgánicas de fertilizantes se obtiene mayor producción y ganancias para el productor. Según Rieder (2009), la aplicación de fertilizantes orgánicos como la Cascarilla de coco, Estiércol vacuno y la Gallinaza incrementaron el rendimiento de la caña de azúcar. Los autores Medina *et al.*, (2011), obtienen que la aplicación de fertilizantes orgánico y órgano-minerales aumentaron el rendimiento de la caña de azúcar, con diferencias significativas en relación al testigo sin fertilizante.

**Figura 5.** Rendimiento agrícola en la variedad Cristalina según tipo de fertilizante.



Fuente: Elaboración propia.

### **CONCLUSIONES**

Se demostró que los principales indicadores morfológicos, fisiológicos y productivos de la variedad de caña cristalina resultaron superiores a partir de la fertilización orgánica con Pollinaza en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana, con valores de 15 tallos por plantón, 160 cm de altura a los 270 días de la brotación,  $17.6 \text{ m}^2$  de área foliar, con un índice de área foliar de 5.9 y un rendimiento agrícola de  $145 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asociación de Cañicultores de Pastaza. (2012). *Fortalecimiento del circuito del buen alimento mediante el fomento productivo, agroindustrialización y acopio en la cadena de la caña de azúcar de la provincia de Pastaza*. Instituto Nacional de Economía y Solidaridad. Puyo: s/e.
- Buenaño, D. (2009). *Influencia del método de plantación en el crecimiento inicial de la caña de azúcar (Sacharum spp.) cultivar limeña en suelos del orden inceptisoles de Pastaza* [Tesis de grado, Universidad Estatal Amazónica]. <http://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46>
- Cheesman, O. (2004). Environmental impacts of sugar production: the cultivation and processing of sugarcane and sugar beet. Wallingford
- González, R.M., Almeida, R., Jorge, H. (2004). Principales variedades de caña de azúcar empleadas en Cuba con fines comerciales en los últimos 40 años. 40 Aniversario de la creación del INICA: CD ISBN-959-246-122-8. 2004.
- Martín, J.R., Gálvez, R., de Armas, R., Espinoza, R. y Viera, A. (1987). *La Caña de Azúcar en Cuba*. Editorial Científico-Técnica.
- Masera, O., Rodríguez-Martínez, N., Lazcano-Martínez, I., Horta-Nogueira, L. A., Macedo, I. C., Trindade, S. C., ... & Müller-Langer, F. (Coord.) (2006). Potenciales y Viabilidad del uso del Bioetanol y Biodiesel Para el Transporte en México. Secretaría de Energía. <https://n9.cl/zqyp>
- Medina, M., Giménez, D., Fatecha, A. y Adolfo G. (2011). Efecto de la fertilización mineral, orgánica y órgano-mineral en la producción de caña de azúcar de segundo año. *Investigaciones Agrarias*, 13(1), 1-8. <https://cutt.ly/YyTzxEY>
- Patiño, A. (2011). Evaluación del rendimiento agroproductivo e industrial de tres variedades certificadas de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) de origen cubano (c 1051-73, c 8751, c 132-81), frente al testigo variedad Cristalina, en la etapa de cosecha, en el cantón Huamboya, provincia de Morona Santiago [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1094>
- Pérez, G. (2008). Clasificación Taxonómica, características anatómicas y morfológicas de la Caña de Azúcar, Fisiología del crecimiento y desarrollo. Universidad Estatal Amazónica. [No publicado]
- Rieder, N.A. (2009). *Fertilización química, orgánica y órgano-mineral en la producción de caña de azúcar (Saccharum officinarum)* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Asunción]. <http://www.agr.una.py/fca/index.php/tesis/catalog/book/36>
- Romero, E., Scandaliaris, J. y Tonatto, J. (2006). Efectos de los principales factores de manejo de la plantación en la emergencia de caña planta en Tucumán, Argentina. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 83(1-2), 19-28. <https://n9.cl/nnf2>
- Suquilanda, M. (2004). Producción Orgánica de Caña Panelera. Cooperativa de producción de panela. El Paraíso, EC. CRIC- FILERAS. p. 6 - 18
- Tukaew, S., Datta, A., Shivakoti, G.P., & Jourdain, D. (2016). Production practices influenced yield and commercial cane sugar level of contract sugarcane farmers in Thailand. *Sugar Tech*, 18, 299–308. <https://doi.org/10.1007/s12355-015-0403-0>
- Vázquez, E. y Torres, S. (2001). *Fisiología vegetal*. Editorial Félix Varela.



Veer, D.M., Kadam, B.S., Patil, K.B., Suryavanshi, M.M., y Kudtarkar, U.S. (2011). Effect of integrated nutrient management on sugarcane plant cane (preseasonal) and its succeeding ratoon and sustainability of soil health in South Maharashtra. *Cooperative Sugar*, 42(8), 53–60. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113155937>