

## Evaluación de variables agronómicas y calidad de la caña de azúcar sobre diferentes prácticas de labranza

### Evaluation of agronomic variables and quality of sugarcane on different tillage practices

### Avaliação de variáveis agrônômicas e qualidade da cana-de-açúcar em diferentes práticas de preparo do solo

Ruy Vargas Díaz<sup>1</sup>, Juan Lesmes Suárez<sup>2</sup>, Viviana Varón Ramírez<sup>1</sup>, Ayda Barona Rodríguez<sup>2</sup>, Oscar Mendieta Menjura<sup>2</sup>, Clara Franco Florez<sup>1</sup>

DOI: <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v4i2.198>

## RESUMEN

Las prácticas de conservación del suelo son una estrategia para mitigar la constante degradación que se puede presentar al momento que se establecen los cultivos. Siendo de gran importancia evaluar el efecto que este tipo de prácticas pueden tener en el desarrollo de las plantas de caña de azúcar. El objetivo del estudio fue evaluar variables agronómicas (población y peso de tallos, altura de planta y diámetro de tallos) y de calidad de jugos de caña de azúcar (pH, contenido de sólidos solubles, azúcares reductores, contenido de sacarosa y fósforo) para la producción de panela. Para esto, se estableció un experimento de un factor con dos tratamientos (sistemas de labranza reducida y convencional) en un área de 4000 m<sup>2</sup> en el municipio de Vélez (departamento de Santander-Colombia). No se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) en las variables evaluadas, indicando que los tratamientos evaluados de labranza no interfieren tanto en el desarrollo del cultivo como en la calidad de los jugos para la producción de panela.

**Palabras claves:** Labranza reducida, conservación, jugos caña de azúcar.

## ABSTRACT

Soil conservation practices are a strategy to mitigate the constant degradation that can occur when crops are established. It is of great importance to evaluate the effect that this type of practices can have on the development of sugarcane plants. The objective of the study was to evaluate agronomic variables (population and stem weight, plant height and stem diameter) and quality of sugarcane juices (pH, content of soluble solids, reducing sugars, sucrose and phosphorus content) for panela production. For this, a one-factor experiment with two treatments (reduced and conventional tillage systems) was established in an area of 4000 square meters in

<sup>1</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia/Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera/Cundinamarca CP 250047, Bogotá; [rvargas@agrosavia.co](mailto:rvargas@agrosavia.co), [vvaron@agrosavia.co](mailto:vvaron@agrosavia.co), [cfranco@agrosavia.co](mailto:cfranco@agrosavia.co).

<sup>2</sup> Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia/Centro de Investigación Tibaitatá, sede CIMPA, Barbosa/Santander CP 684511, Colombia; [jlesmes@agrosavia.co](mailto:jlesmes@agrosavia.co), [abarona@agrosavia.co](mailto:abarona@agrosavia.co), [omendieta@agrosavia.co](mailto:omendieta@agrosavia.co).

the municipality of Vélez (department of Santander-Colombia). No statistically significant differences were observed ( $p > 0.05$ ) in the evaluated variables, indicating that the evaluated tillage treatments do not interfere with both the development of the crop and the quality of the juices for panela production.

**Keywords:** Reduced tillage, conservation, sugar cane juices.

## RESUMO

As práticas de conservação do solo são uma estratégia para mitigar a degradação constante que pode ocorrer quando as culturas são estabelecidas. É de grande importância avaliar o efeito que este tipo de práticas pode ter no desenvolvimento das plantas canavieiras. O objetivo do estudo foi avaliar variáveis agronômicas (peso populacional e de colmo, altura de planta e diâmetro de colmo) e qualidade do caldo de cana-de-açúcar (pH, teor de sólidos solúveis, açúcares redutores, teor de sacarose e fósforo) para produção de panela. Para isso, foi estabelecido um experimento unifatorial com dois tratamentos (sistemas de cultivo reduzido e convencional) em uma área de 4.000 metros quadrados no município de Vélez (departamento de Santander-Colombia). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ( $p > 0.05$ ) nas variáveis avaliadas, indicando que os tratamentos de preparo avaliados não interferem tanto no desenvolvimento da cultura quanto na qualidade dos sucos para produção de panela.

**Palavras-chave:** Preparo reduzido, conservação, caldo de cana.

## INTRODUCCIÓN

La labranza es tan degradante como la erosión hídrica, ya que aumenta la susceptibilidad del suelo al romper agregados de una forma más uniforme aumentando la erodabilidad, inclusive con lluvias de baja intensidad (Gómez-Calderón et al., 2018). Existen diferentes sistemas de labranza: convencional que hace referencia a los métodos de preparación de la cama que envuelve manipulación física del suelo por equipos (arado de vertedera, disco, rastra pesada, rotovator y rastra liviana), labranza reducida son los métodos de preparación de la cama donde la frecuencia del uso de varios implementos de labranza convencional es minimizada y la no-labranza es definida como el sistema de preparación de la cama, donde ésta es introducida dentro del suelo no mecanizado (Méndez-Natera et al., 2002).

Los métodos de labranza se realizan al momento de establecer los cultivos, que es donde se producen los alimentos y su importancia radica de que el 95 % de los alimentos provienen del suelo (FAO, 2018). Un alimento que se consume tradicionalmente como un edulcorante, insumo en el proceso de la industrialización de alimentos, conservas, destiladoras, entre otras, es la panela (Galicía-Romero et al., 2017). El cultivo de caña es la principal materia prima utilizada para la obtención de la panela, la cual está compuesta esencialmente por agua y una parte sólida rica en fibra y en sólidos solubles. Entre los sólidos solubles de la caña sobresalen los azúcares como sacarosa, glucosa y fructuosa (Mosquera et al., 2007). La panela se elabora en pequeñas agroindustrias llamadas “trapiches” que por su origen en la época colonial e historia a lo largo de los años no evolucionaron en tecnología y procesos estandarizados, extendiendo la percepción del consumidor de adquirir productos de baja calidad

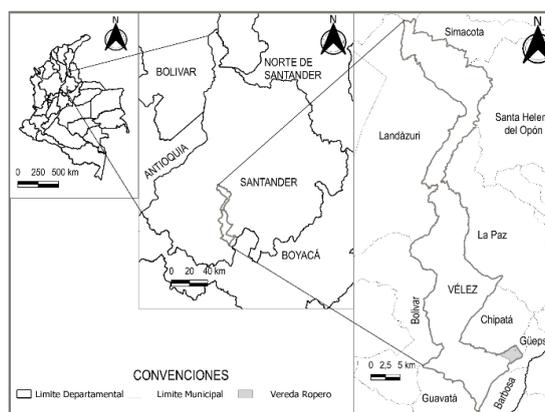
(Galicía-Romero et al., 2017).

Desde un punto de vista científico agronómico, la sustentabilidad de los sistemas agrícolas actuales ha sido cuestionada y la conveniencia de algunas prácticas está siendo investigada (Acevedo & Silva, 2003). Siendo importante establecer si las prácticas de labranza tienen efecto sobre la producción de caña de azúcar y calidad de jugos para la elaboración de panela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y diseño experimental

Se estableció un diseño experimental de un factor con dos tratamientos (Montgomery, 2004), en un lote de 4000 m<sup>2</sup> con 12 % de pendiente topográfica en la vereda Ropero del municipio de Vélez departamento de Santander (Figura 1). El lote se dividió en dos, seleccionando aleatoriamente el establecimiento de los tratamientos T1: alternativa de labranza de reducida donde se prepara el suelo únicamente con un pase de cincel rígido y T2: preparación convencional realizada por el agricultor que consiste en un pase de cincel rígido y dos pases de un arado de discos lisos.



**Figura 1.** Esquema localización del experimento en el departamento de Santander, municipio de Vélez.

**Manejo de experimento y toma de datos**

En cada parcela después de implementar los tratamientos para la preparación del suelo se estableció un cultivo de caña de azúcar para la producción de panela con la variedad CC 93 - 7711 en surcos separados 1.30 metros mediante el sistema de chorrillo sencillo con traslape utilizando trozos de caña de aproximadamente 50 cm con los que se garantizó entre siete y diez yemas por metro lineal (Osorio, 2007), previo tratamiento de desinfección del material vegetal con una solución fungicida e insecticida (Lopez, 2015). El manejo agronómico de las parcelas correspondió al manejo por parte del productor que consiste en: i) control de arvenses a los 60 y 120 días después de la siembra (dds), ii) fertilización fraccionada en dos aplicaciones aplicadas 15 días después de los controles de arvenses, con balance de nutrientes

acorde al análisis de suelo y iii) cosecha de la caña a los 18 meses calendario después de la siembra. Al final del ciclo para cada tratamiento se realizaron tres muestreos en un área de 75 m<sup>2</sup> para determinar variables agronómicas como: 1) población de tallos presentes, 2) peso de tallos por parcela (kg), 3) altura de la planta (m) y 4) diámetro de tallos (cm), estas últimas dos variables tomadas en 10 plantas al azar por parcela.

**Metodologías para el jugo de caña**

Con la caña cosechada en cada parcela, se realizó el proceso de molienda para la obtención de jugos en cada tratamiento de los cuales se obtuvo una muestra para ser llevada al Laboratorio de Química Analítica de la sede CIMPA de Agrosavia ubicado en Barbosa Santander en el que se realizó el análisis de las variables (Tabla 1).

**Tabla 1.** Análisis realizados para jugo de caña y método analítico de referencia.

Matriz	Nombre del análisis	Método analítico de referencia	
Jugo de caña	Sacarosa	AOAC 925.46	Polarimetría
Jugo de caña	Azúcares reductores	AOAC 923.09	Volumétrico (Titulación Eynon Lane)
Jugo de caña	°Brix- Sólidos Solubles Totales	AOAC 932.14	Refractométrico
Jugo de caña	pH	AOAC 945.27	Potenciométrico
Jugo de caña	Fósforo Soluble	Método propio	Espectrofotométrico-Ácido ascórbico
Jugo de caña	Pureza	Cálculo	NA

**Análisis de datos**

El análisis de la información se realizó usando análisis de varianza (ANOVA), para establecer si se presentaron diferencias en los tratamientos evaluados al final del ciclo evaluado. Se verificó la normalidad e igualdad de varianza en los residuos

en el modelo de ANOVA. En los análisis se usó el software estadístico R® (R Core Team, 2020).

**RESULTADOS**

**Evaluación de variables agronómicas**

En la Tabla 2, se presentan los valores de las

medias para cada una de las variables evaluadas estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).  
por tratamiento. No se presentaron diferencias

**Tabla 2.** Variables promedio y desviación estándar de las variables agronómicas evaluadas al momento de la cosecha

Tratamientos	Tratamiento 1	Tratamiento 2
No Tallos	423.70±76 a	462.30±23.03 a
Peso Tallos kg	1019.80±83.86 a	886.70±43.78 a
ALPLA m	2.59±0.12 a	2.64±0.09 a
DIATA cm	3.32±0.13 a	3.30±0.1 a
TCH t ha-1	136±11.18 a	118.20±5.84 a

Nota: Valores promedio con la misma letra no presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ); ALPLA: altura de la planta; DIATA: diámetro de tallos; TCH: toneladas de caña por hectárea; kg: kilogramos; m: metros; cm: centímetros; t: toneladas; ha: hectárea; los datos de rendimiento presentados corresponden a parcelas de 75 m<sup>2</sup>.

#### Evaluación de variables de jugos de caña de azúcar

las variables del análisis fisicoquímico evaluadas los cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ).

En la Tabla 3 se muestran los valores promedio de

**Tabla 3.** Valores promedio y desviación estándar de las variables del análisis fisicoquímico de jugos de caña por tratamiento

Tratamientos	Tratamiento 1	Tratamiento 2
pH	5.38±0.04 a	5.36±0.03 a
SST %	21.72±2.51 a	22.09±1.04 a
AR %	0.32±0.10 a	0.36±0.09 a
Pureza %	96.10±1.35 a	96.23±1.29 a
Fósforo (ppm)	441.92±34.15 a	449.75±63.78 a
POL %	20.89±2.67 a	21.27±1.27 a

Nota: Valores promedio con la misma letra no presentaron diferencias estadísticas ( $p > 0.05$ ); SST: contenido de sólidos solubles; AR: azúcares reductores; POL: contenido de sacarosa; ppm: partes por millón; %: porcentaje.

## DISCUSIÓN

La variable número de tallos presentes en cada parcela (Tabla 2), en el T2 (labranza convencional) fue el que presentó mayor población superando en promedio en 39 tallos al T1 (labranza de reducida).

En cuanto al peso de los tallos pasa lo contrario, siendo el T1 el que mostró mayor peso. Lo anterior se evidencia con el TCH (toneladas de caña por hectárea) se observan diferencias de 18 t ha<sup>-1</sup>,

siendo T1 el de mayor rendimiento con 136 t ha<sup>-1</sup>, en relación con T2 con 118.2 t ha<sup>-1</sup>. Estos datos de producción son mayores a los reportados (100 t ha<sup>-1</sup>) para la variedad CC 93 - 7711 (González et al., 2018). Los sistemas de labranza ejercen efectos diferenciales en el rendimiento de los cultivos, indicando que hay una fuerte relación entre los valores de rendimiento con respecto a los factores climáticos y prácticas que se realizan al suelo (Olguín et al., 2017).

Las variables altura de la planta (ALPLA) y diámetro de tallos (DIATA), tienen un comportamiento similar en los dos tratamientos evaluados con valores promedio de DIATA (3.32±0.13 cm) dentro de los rangos encontrados en otros estudios (Ramírez Durán y col., 2014), pero la ALPLA fue en promedio de 2.64±0.09 m, valor que fue mayor al reportado (1.65 cm) por Ramírez et al., (2014) para la variedad CC 93 - 7711, puesto que el bajo desarrollo en longitud de tallos se debió a las condiciones de sequía por el fuerte verano que se presentó en la región en el establecimiento del cultivo.

El pH fue en promedio de 5.38±0.04 (Tabla 3), el cual se encuentra ligeramente por arriba de lo reportado (5.0 a 5.2) (Ramírez et al., 2014). El contenido de sólidos solubles (SST%) fue en promedio de 22% en los dos tratamientos, encontrándose dentro de los rangos normales para el jugo de la variedad evaluada (Durán, 2010).

La variable azúcares reductores (AR%) fue en promedio entre 0.32±0.10 (T1) % y 0.36±0.09 % (T2), valores que se encuentran dentro los ideales (< 0.8 %), puesto que, para el proceso de cristalización de la panela, lo ideal es que estos valores sean menores o iguales a 0.8% (Durán, 2010), con la finalidad de no afectar la calidad de la panela en lo relacionado con la vida útil del

producto.

En cuanto a la pureza los jugos estuvieron entre 96 % en los dos tratamientos evaluados, buenos indicadores de relación del contenido de sólidos solubles totales y la sacarosa que permite tener una idea de la calidad de jugo, con porcentajes inferiores al 90% podrían repercutir en la calidad y producción de panela (Durán, 2010; Córdor, 2016)

El contenido de fósforo en los jugos en promedio fue mayor a 440 ppm en los dos tratamientos, estos valores son adecuados para la producción de panela e influyen positivamente en el proceso de limpieza y clarificación de los jugos, puesto que para producir panelas con coloraciones claras se requieren concentraciones de este elemento superiores a 300 ppm (Durán, 2010).

Finalmente, para el contenido de sacarosa (POL%) presentó valores promedio mayores a 20 %. Valores inferiores al 18% pueden considerarse bajos para la producción de panela, el contenido de sacarosa en el producto final hace que se tenga un producto de alta calidad, excelente textura y baja perecibilidad en condiciones de almacenamiento (Ramírez et al., 2014).

## CONCLUSIONES

Las practicas evaluadas de conservación de suelo no afectan la productividad y la calidad de azúcar para la elaboración de panela al compararlas con la labranza tradicional.

A pesar de que el análisis estadístico no presentó diferencias significativas, la preparación del suelo con labranza reducida ejercen un efecto benéfico sobre la productividad de la caña de azúcar, ya que este tratamiento registró valores superiores comparado con la preparación de suelo de forma tradicional.

Con la implementación de labranza reducida en la variedad CC 93 – 7711, se obtuvieron rendimientos mayores a 100 toneladas por hectárea de caña de azúcar y calidad de jugos óptimos para la producción de panela.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) por la financiación y a la Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (Agrosavia) por la ejecución del proyecto “Ajuste de tecnologías para el manejo de suelos, transporte aéreo de caña y extracción de jugo de caña para la industria panelera” el cual pertenece al macroproyecto “Competitividad y sostenibilidad en la Producción de panela en Colombia” de la red de innovación de transitorios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo Hinojosa, E., & Silva Candia, P. (2003). *Agronomía de la cero labranza*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas.
- Cóndor Seclén, E. R. (2016). ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*), AZUL, MEXICANA Y CRIOLLA, PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELA GRANULADA ORGÁNICA. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 3(2). <https://doi.org/10.26495/icti.v3i2.442>.
- Durán Castro, N. (2010). Reingeniería panelera. *Editorial Produmedios*, 1.
- FAO. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. In *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.
- Galicia-Romero, Hernández-Cázares, de la Vequia, D., Velasco-Velasco, & Hidalgo-Contreras; (2017). Evaluación de la calidad e inocuidad de la panela de Veracruz, México. *Agroproductividad*, 10(11). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/68>.
- Gómez-Calderón, N., Villagra-Mendoza, K., & Solórzano-Quintana, M. (2018). La labranza mecanizada y su impacto en la conservación del suelo (revisión literaria). *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1). <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3506>
- González Chavarro, F., Cabezas Gutiérrez, M., Ramírez Gómez, M., & Ramírez Durán, J. (2018). Curvas de absorción de macronutrientes en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) para panela, en la Hoya del Río Suárez. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2). <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.995>.
- Lopez, J. (2015). Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar para panela de Antioquia. In *Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar para panela de Antioquia*. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-204-9>.
- Méndez-Natera, J. R., Medina L., O. H., Fendel, J. E., & Merazo, J. F. (2002). Efecto de diferentes métodos de labranza y de la forma de aplicación de urea sobre el rendimiento de semillas y sus componentes

- en tres cultivares de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). *Revista de La Facultad de Agronomía*, 19(1), 34–47. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/26408/27034>.
- Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. In *Limusa Wiley*.
- Mosquera, S., Carrera, J., & Villada, H. (2007). Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el Departamento del Cauca. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 5. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/645>.
- Olguín López, J. L., Guevara Gutiérrez, R. D., Carranza Montaña, J. A., Scopel, E., Barreto García, O. A., Mancilla Villa, O. R., & Talavera Villareal, A. (2017). Producción y rendimiento de maíz en cuatro tipos de labranza bajo condiciones de temporal. *Idesia*, 35(1). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292017005000018>.
- Osorio Cadavid, G. (2007). *Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela*. CTP Print Ltda. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18313>.
- Ramírez Durán, J., Insuasty Burbano, O., & Viveros Valens, C. A. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(2). [https://doi.org/10.21930/rcta.vol15\\_num2](https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num2)
- [art:358](#)
- R Core Team. (2020). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing