

# VALIDACIÓN DE DOSIS GENERADAS POR EL SISTEMA DE FERTILIZACIÓN SIRDF PARA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

Salgado-García, S.<sup>1</sup>; Castelán-Estrada, M.<sup>1\*</sup>; Aranda-Ibáñez, E.M.<sup>1</sup>; Ortiz-García, C.F.<sup>1</sup>; Ortiz-Laurel, H.<sup>2</sup>; Lagues-Espinoza, L.C.<sup>1</sup>; Mendoza-Hernández, J.H.R.<sup>1</sup>; Córdova-Sánchez, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. <sup>2</sup>Campus Córdoba Colegio de Postgraduados. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, C.P. 94946, Veracruz, México. <sup>3</sup>Grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS. Centro Maya-UNACH.

\* Autor responsable: mcastelan@colpos.mx

## RESUMEN

Se validaron once dosis de fertilización para el cultivo de caña de azúcar generadas mediante el Sistema Integral para Recomendar Dosis de Fertilización (SIRDF). Se establecieron experimentos en 11 subunidades de suelo de la zona de abastecimiento del Ingenio Pujiltilic, en Chiapas, México, para comparar las dosis del SIRDF y las usadas por los productores, además de una composta en dosis de 10 t ha<sup>-1</sup>. En cada parcela se aplicaron los tratamientos dos meses después de la brotación del cultivo; cada tratamiento se fraccionó en tres réplicas que se consideraron como repeticiones. Cuatro meses después de la emergencia se hizo un diagnóstico foliar en campo. A partir de noviembre 2011, se inició el seguimiento de la madurez. El rendimiento se estimó a partir de muestreos de tallo moledero y la calidad de los jugos se determinó a partir de diez tallos por repetición. Las variables (madurez, rendimiento y calidad de jugos) se analizaron con un diseño factorial 8x3, debido a la cosecha anticipada de algunas parcelas. Los resultados mostraron que las dosis de fertilizantes-SIRDF fueron superiores respecto a las que aplican los productores, incluyendo aquellas que tuvieron aplicación de cachaza en todas las subunidades de suelo. La calidad de los jugos no fue modificada por ningún tratamiento. Nutritionalmente se observó que la composta y las dosis SIRDF fueron satisfactorias en cuanto a nitrógeno y potasio para el cultivo; sin embargo, todos los suelos registraron deficiencias de potasio. Los rendimientos más bajos se asociaron a suelos Fluvisol, Cambisol y Vertisol, que retienen mucha humedad.

**Palabras clave:** calidad de jugos, nutrición, rendimiento de tallo.

## INTRODUCCIÓN

**El Ingenio** Pujiltic en Chiapas, México, cultivó 15,560 hectáreas de caña durante la zafra 2008/2009, con un rendimiento medio de 89 t ha<sup>-1</sup> de tallo moledero y un rendimiento de 12,283 kg ha<sup>-1</sup> de azúcar cruda; un porcentaje de sacarosa de 14.57%, con un precio pagado al productor de \$477.68 por tonelada de tallo moledero (Cañeros, 2011). En las 10 últimas zafras el rendimiento ha sido menor de 90 t ha<sup>-1</sup> y aun así es considerablemente superior al promedio nacional (77 t ha<sup>-1</sup>). Existen alternativas de manejo para contribuir a lograr rendimientos mayores a 95 t ha<sup>-1</sup>; sin embargo, se requeriría realizar cambios en el manejo de dosis de fertilización y modificaciones tecnológicas en el sistema de producción, además de capacitación a productores y técnicos de campo.

En un estudio realizado en el área del ingenio Pujiltic por Salgado *et al.* (2008) se generaron 11 dosis de fertilización mediante el Sistema Integrado para Recomendar Dosis de Fertilizantes (SIRDF); cada dosis correspondió a una subunidad de suelo del área de abastecimiento del Ingenio. Como parte de ese estudio se determinaron cinco polígonos de Thiessen, donde la precipitación va de 920 a 1250 mm anuales (Salgado *et al.*, 2008). Para la zona en mención, algunos autores

reportan que las aplicaciones de 150 m<sup>-3</sup> ha<sup>-1</sup> de vinaza, 15 t ha<sup>-1</sup> de composta y la dosis 180N-80P-80K producen rendimientos de 100, 111 y 133 t ha<sup>-1</sup> de caña, respectivamente. La vinaza y composta de cachaza incrementaron los niveles de materia orgánica, potasio (K) y fósforo (P) en un suelo Gleysol Mólico y, a este respecto, autores como Hernández *et al.* (2008) recomiendan aplicar la vinaza con el riego, siempre y cuando aquella no contenga aguas residuales. Con base en lo anterior, se evaluaron los resultados del estudio SIRDF (Salgado *et al.*, 2008), además de incluir la composta dentro de la evaluación como parte del proyecto “Programa Integral de Actualización en la Transferencia de Tecnología a Productores de Caña de Azúcar en el Estado de Chiapas”, con el fin de validar las dosis de fertilizantes-SIRDF, así como la eficiencia de la composta como fuente nutricional en el cultivo de caña de azúcar en el Ingenio Pujiltic.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue desarrollada durante la zafra 2011/2012 en el Ingenio Pujiltic, Chiapas, México, donde la caña de azúcar es cultivada con riego por gravedad. Con la participación de agricultores cooperantes de la zona se establecieron experimentos (Figura 1), con superficies de entre 1 a 3 ha<sup>-1</sup>, y cada una se localizó sobre una subunidad de suelo de las once que existen en el área de abastecimiento. Los

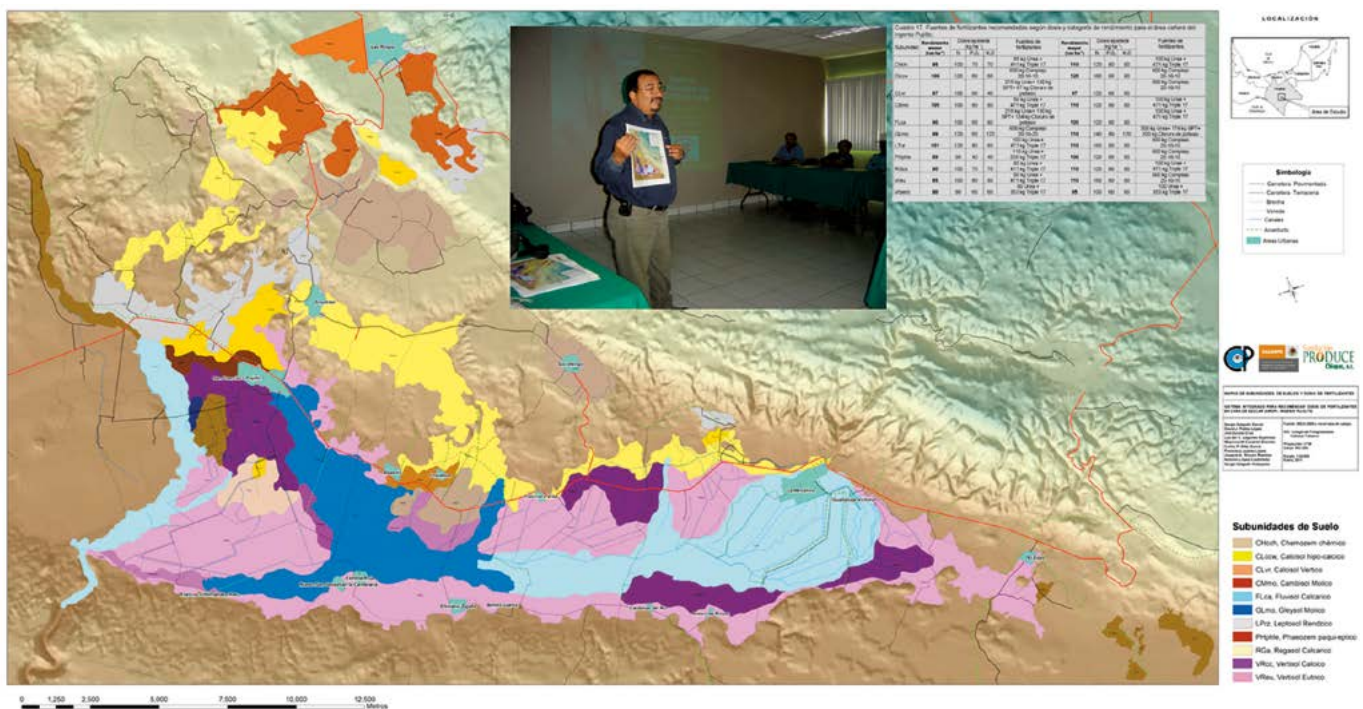


Figura 1. Mapa de ubicación de las áreas y dosis de fertilización recomendadas según la subunidad de suelo en el área de abastecimiento del Ingenio Pujiltic, obtenido mediante el Sistema Integrado para Recomendar Dosis de Fertilizantes (SIRDF) (Salgado *et al.*, 2008).

tratamientos fueron: composta de cachaza  $10 \text{ t ha}^{-1}$ ; dosis-SIRDF, según la subunidad edáfica, y dosis de fertilización aplicada por el productor.

Los tratamientos se aplicaron en franjas, dentro de cada parcela, con cuya área se calculó la dosis correspondiente. La composta fue envasada en costales de 40 kg y entregada a los productores en sus predios para aplicar según la disponibilidad de riego o al inicio de las lluvias (Figura 2). Se verificó que en mayo de 2011 todos los tratamientos de fertilización hubieran sido aplicados en campo. Se analizaron muestras de composta para determinar sus propiedades físicas y químicas, así como el aporte nutricional (NMX-FF-109-SCFI-2007).

**Manejo agronómico y variables de estudio.** El manejo de las parcelas experimentales estuvo a cargo de cada agricultor cooperante; de acuerdo con el estado de la plantación, en algunos casos se hizo resiembra, cultivo con ganchos, control de malezas o fertilización. Los registros de datos y muestreos fueron quincenales. En cada tratamiento se establecieron tres réplicas que se consideraron como repeticiones para seguir la evolución de la madurez y estimar el rendimiento de tallo moledero.

**Diagnóstico foliar.** A los cuatro meses de edad se determinó el estado nutricional del cultivo. En cada tratamiento se tomaron 15 hojas en un recorrido en zig-zag, colectando la hoja número 4, a las cuales se les eliminó base, punta y nervadura (Figura 2 C) y se transportaron al laboratorio donde fueron secadas en estufa a  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  por 72 horas y molidas para determinar la concentración NPK. En total se colectaron 33 muestras foliares (11 parcelas  $\times$  3 tratamientos).



Figura 2. Detalles de la aplicación de composta y medición de algunas variables de estudio para evaluar las dosis de fertilización del SIRDF en el área del Ingenio Pujiltil durante marzo de 2012. A: Llenado de costales de composta en el módulo de la delegación de cañeros. B: Aplicación de composta. C: Muestreo foliar. C: Muestreos de jugo en tallo para determinación de grados Brix. D: Muestreo de tallo moledero para estimación del rendimiento.

**Madurez del cultivo.** Los muestreos para determinar madurez se iniciaron el 22 de diciembre de 2011 y concluyeron el 3 de abril de 2012, de acuerdo con la fecha de corte programada por el Ingenio. El jugo de la parte media del tallo se extrajo mediante un punzón muestreador, para hacer la lectura de grados Brix con un refractómetro manual marca Atago (Figura 2 D) en cinco tallos por repetición.

**Rendimiento.** En dos surcos de cada tratamiento se midieron 10 m lineales y se contó el número de tallos en cada tramo. Se cortaron cinco tallos completos y se registró su peso total; en seguida se eliminó la punta y la paja para registrar el peso del tallo moledero neto (Figura 2 E). A partir de estos datos se calculó el rendimiento de tallo moledero por hectárea (Valladares y Zamorano, 1976).

**Calidad de jugos.** La calidad incluye valores de grados Brix, sacarosa, humedad, pureza, azúcares reductores, fibra e índice de madurez. El muestreo se realizó en cada tratamiento, tres días antes de la cosecha; se tomó una muestra de 10 tallos, con tres repeticiones. Las determinaciones de la calidad del jugo se hicieron en el laboratorio de campo del Ingenio Pujiltic, siguiendo el método de la Sección 8-10.

**Análisis estadísticos.** Las variables madurez, rendimiento y calidad de jugos fueron analizadas como un factorial 8×3 (ocho parcelas, tres tratamientos), con tres repeticiones en cada experimento, debido a la cosecha anticipada de dos parcelas y una quema accidental del cañaveral. Las pruebas de comparación múltiple de medias se hicieron mediante Tukey ( $\alpha=0.05$ ), utilizando el software SAS 9.13.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de las compostas.** El pH encontrado en las compostas de cachaza (CCA) y lombricomposta (LBC) se clasificó como moderadamente alcalino (Cuadro 1) atribuible al origen calcáreo de los suelos del área del Ingenio Pujiltic (Salgado *et al.*, 2006). La conductividad eléctrica (CE) fue más

baja en la CCA que en la LBC; se considera que el nivel de CE de la LBC podría afectar el desarrollo de cultivos sensibles a la salinidad a mediano plazo. Respecto al nitrógeno total, la LBC registró más N total que la CCA lo cual puede atribuirse a la adición de estiércol bovino durante el proceso de composteo. Sin embargo, es necesario revisar el costo económico de incorporar el estiércol bovino, ya que solo aporta 0.14% de N.

**Materia orgánica (MO, %).** La CCA presentó más contenido de MO que la LBC, ya que ésta se elabora a partir de CCA+estiércol; por lo tanto, este material pasa por un doble proceso de descomposición microbiana (Cuadro 1). El principio del lombricomposteo es que las lombrices degraden los residuos orgánicos; por lo tanto, la cachaza se debe enfriar, mezclar con el estiércol y, a partir de esta mezcla, alimentar a las lombrices.

**Carbón orgánico (C).** Este elemento sigue una tendencia similar a la MO, por lo que la CCA aporta más C al suelo. La relación C/N se clasifica como mediana para CCA y baja para LBC, pero al continuar el proceso de mineralización, ambas seguirán aportando N inorgánico al suelo.

**Fósforo (P) y Potasio (K).** El contenido de P en ambas compostas es alto y supera al valor de 1.3% reportado para el producto comercial Fernatol Humus de Lombriz® (FHL, 2011). El estiércol no contribuye a incrementar el contenido de P. Por otra parte, ambas compostas presentan bajo contenido de K cuando se comparan con el FHL, cuyo contenido es de 1.7%. Es recomendable que la composta se adicione con cenizas, bagazo y vinaza para enriquecer el contenido de K. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). El contenido de Ca es alto en ambas compostas, lo cual se debe a la naturaleza calcárea del suelo, mientras que el FHL y CCA se ubican en rangos de 1.2 a 2.2% de Ca (Hernández *et al.*, 2007). El contenido de Mg resultó bajo comparado con la CCA elaborada en el Ingenio de Pujiltic, cuyo valor fue de 0.33% de Mg. Los contenidos de Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeseo (Mn)

Cuadro 1. Propiedades fisicoquímicas de muestras de composta, lombricomposta y humus provenientes de la unidad de composteo del Ingenio Pujiltic.

| Muestras       | pH  | CE<br>dS m <sup>-1</sup> | SST<br>Mg L <sup>-1</sup> | Nt               | MO   | C    | C/N  | P    | K    | Ca   | Mg   | Fe                   | Cu  | Mn  | Zn  |
|----------------|-----|--------------------------|---------------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|-----|-----|-----|
|                |     |                          |                           | (% de peso seco) |      |      |      |      |      |      |      | (ppm base peso seco) |     |     |     |
| Composta       | 7.7 | 1.5                      | nd                        | 1.62             | 41.6 | 24.2 | 14.9 | 2.56 | 0.21 | 6.75 | 0.18 | 3770                 | 140 | 145 | 60  |
| Lombricomposta | 7.4 | 2.9                      | nd                        | 1.76             | 16.9 | 9.8  | 5.5  | 2.40 | 0.20 | 6.45 | 0.16 | 3525                 | 135 | 141 | 88  |
| Humus          | 7.5 | 6.8                      | 0.34                      | 0.02             | nd   | Nd   | nd   | nd   | 0.17 | 0.37 | 0.05 | 20                   | 1.0 | 1.0 | 0.3 |

nd = no determinado.

se consideran adecuados en ambas compostas y superan a la CCA usada por Hernández *et al.*, (2007).

El efluente de la lombricomposta (ELBC) resultó con bajo valor nutricional (Cuadro 1) y alta CE que indica salinidad y pudiera afectar el desarrollo

de cultivos sensibles. Es posible que el material contenga algunas hormonas que favorecen el crecimiento de cultivos (aportadas por el tracto digestivo de la lombriz), pero es necesario determinar las posibles bondades como fertilizante líquido o promotor del crecimiento.

**Diagnóstico foliar.** Los resultados indican que los tratamientos de fertilización aportan N y P en cantidades suficientes para nutrir al cultivo de caña de azúcar en el área de influencia del Ingenio Pujilic (Cuadro 2). Únicamente en el suelo Calcisol vértico la concentración de N estuvo en el

Cuadro 2. Valores de concentración foliar NPK en caña de azúcar cultivada en parcelas de validación de las dosis de fertilización generadas mediante el Sistema Integral para Recomendar Dosis de Fertilizantes (SIRDF) en el Ingenio Pujilic.

| Parcela   | Productor / Subunidad de Suelo                             | Tratamiento                       | N       | P         | K       |
|---|--|-----------------------------------|---------|-----------|---------|
|   |  |                                   | (%)     |           |         |
| 1   | Norberto E. Nájera Montes de O.<br><b>Calcisol vértico</b> | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.3     | 0.46      | 0.95    |
|   |  | SIRDF                             | 3.7     | 0.29      | 1.17    |
|   |  | Dosis del Productor               | 1.5     | 0.35      | 0.74    |
| 2   | José Constantino León<br><b>Chernozem chérnico</b>         | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 3.1     | 0.18      | 0.33    |
|   |  | SIRDF                             | 2.6     | 0.21      | 0.58    |
|   |  | Productor                         | 1.8     | 0.21      | 0.93    |
| 3   | Cuauhtémoc Montoya Villagómez<br><b>Cambisol mólico</b>    | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 1.8     | 0.30      | 0.54    |
|   |  | SIRDF                             | 2.9     | 0.31      | 0.46    |
|   |  | Productor                         | 2.6     | 0.33      | 0.46    |
| 4   | Jesús López Ruiz<br><b>Phaeozem paqui-léptico</b>          | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.3     | 0.50      | 0.59    |
|   |  | SIRDF                             | 2.7     | 0.51      | 0.32    |
|   |  | Dosis del Productor               | 2.1     | 0.50      | 0.46    |
| 5   | Librado Zúñiga<br><b>Calcisol hipocálcico</b>              | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.5     | 0.35      | 0.68    |
|   |  | SIRDF                             | 2.5     | 0.52      | 0.71    |
|   |  | Productor                         | 2.4     | 0.41      | 0.76    |
| 6   | Luis Hernández López<br><b>Vertisol éutrico</b>            | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.9     | 0.25      | 0.52    |
|   |  | SIRDF                             | 2.4     | 0.19      | 0.43    |
|   |  | Dosis del Productor               | 2.1     | 0.20      | 0.53    |
| 7   | Miguel A. Hernández López<br><b>Fluvisol calcárico</b>     | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.3     | 0.23      | 0.72    |
|   |  | SIRDF                             | 2.5     | 0.21      | 0.52    |
|   |  | Productor                         | 2.4     | 0.21      | 0.60    |
| 8   | José Santis González<br><b>Regosol cálcico</b>             | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.1     | 0.40      | 0.58    |
|   |  | SIRDF                             | 2.6     | 0.37      | 0.62    |
|   |  | Dosis del Productor               | 2.6     | 0.37      | 0.73    |
| 9   | José E. Santiago Meza<br><b>Leptosol réndzico</b>          | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 2.3     | 0.31      | 0.52    |
|   |  | SIRDF                             | 2.3     | 0.37      | 0.51    |
|   |  | Dosis del Productor               | 3.9     | 0.35      | 0.90    |
| 10  | Lindolfo Aguilar Avendaño<br><b>Vertisol cálcico</b>       | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 3.7     | 0.21      | 0.58    |
|   |  | SIRDF                             | 2.2     | 0.18      | 0.43    |
|   |  | Productor                         | 2.6     | 0.22      | 0.38    |
| 11  | Claudia L. Peralta Benítez<br><b>Gleysol mólico</b>        | Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> ) | 1.4     | 0.46      | 0.45    |
|   |  | SIRDF                             | 2.4     | 0.33      | 0.37    |
|   |  | Dosis del Productor               | 2.6     | 0.37      | 0.59    |
| Rangos de concentración de Jones <i>et al.</i> , (1991) |  |                                   | 2.0-2.6 | 0.18-0.30 | 1.1-1.8 |
| Rangos de concentración de Halliday y Trenkel (1991)    |  |                                   | 1.5-1.7 | 0.16-0.18 | 1.6-1.8 |

límite inferior, por lo que debería aumentar la dosis de N en  $23 \text{ kg ha}^{-1}$ , ya que los rendimientos obtenidos comercialmente fueron de  $102 \text{ t ha}^{-1}$ . En el suelo Gleysol mólico la composta no aportó la demanda de N del cultivo; en el caso de fertilizar con composta, ésta debería complementarse con  $23 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Por otra parte, en todas las parcelas se observaron deficiencias de K (Cuadro 2) a pesar que el contenido de K en los suelos del Ingenio Pujiltic se clasifica como medio ( $0.3$  a  $0.6 \text{ cmol}^{(+)} \text{ kg}^{-1}$  de Ki), lo que puede atribuirse a la naturaleza cálcica de estos suelos (Salgado *et al.*, 2008). Suelos con altas concentraciones de Ca y Mg requieren más aportes de K para una nutrición balanceada de las plantas, lo que se explica por la competencia entre cationes durante la absorción por las raíces. Por lo anterior, es recomendable experimentar sobre dosis crecientes de K para corroborar el antagonismo detectado con los elementos Ca y Mg. Además, en los suelos Cambisol, Fluvisol, Gleysol y Vertisol se recomienda hacer drenaje superficial para favorecer la aireación del suelo, mejorar la absorción de nutrientes y el desarrollo del cultivo. Los rendimientos comerciales en esta zafra fueron menores a  $90 \text{ t ha}^{-1}$ , pero en el resto de subunidades edáficas el rendimiento fue superior a  $90 \text{ t ha}^{-1}$ . Los productores no realizan un manejo eficiente del agua de riego, ya que el sistema empleado localmente consiste en regar a inundación.

**Madurez.** Al momento del primer muestreo la caña estaba en proceso de sazonado; a medida que avanzó la madurez, los grados Brix se incrementaron independientemente del tratamiento de fertilización aplicado. El valor más alto registrado fue  $24.5^\circ$  Brix, pero la mayoría de tratamientos alcanzó satisfactoriamente la madurez ( $23^\circ$  Brix). Las parcelas 4 y 6 alcanzaron la madurez un mes antes de la cosecha, mientras que las parcelas 3, 5, 7 y 8 la alcanzaron quince días antes de la cosecha. La parcela 2 alcanzó la madurez en la fecha normal pero la parcela 1 registró valores irregulares. En las parcelas 9 y 10 no se midieron grados Brix por que fueron cosechadas sin aviso. En la parcela 11 no se estableció ninguna relación debido a que no fue posible realizar las últimas mediciones por quema accidental (Cuadro 3).

#### Validación de las dosis de fertilización SIRDF

Los resultados del análisis de varianza muestran que existen diferencias significativas por efecto de subunidad de suelo sobre la calidad de los jugos (Cuadro 3), lo que se atribuye a las condiciones edafoclimáticas del sitio. Un efecto similar se observó para el rendimiento de tallo moledero, donde los menores rendimientos se presentaron en los

suelos Fluvisol, Cambisol, y Vertisol, atribuido al manejo inadecuado del agua. Respecto al tipo de fertilización, se observó un efecto significativo de tratamientos, donde la composta y las dosis del SIRDF superaron a la fertilización realizada comúnmente por los productores con  $9.7$  y  $13.9 \text{ t ha}^{-1}$ , respectivamente.

En el Ingenio Pujiltic la composta se vende a  $\$900.00$  la tonelada, lo que hace inviable usarla como fertilizante pues se necesitaría el equivalente a  $11.6$  toneladas de caña para costear su aplicación. Se considera que el precio en las unidades de composteo debería reducirse a  $\$450.00$  por tonelada, semejante al de otros ingenios del país. Al precio anterior, equivaldría a  $5.8$  toneladas de caña (a un precio de venta al ingenio de  $\$772.63$  por tonelada), lo cual haría económicamente viable esta práctica (Cuadro 4), con el beneficio de tener efectos positivos sobre el suelo. Las unidades de composteo de Pujiltic podrían producir y vender mayores volúmenes de composta, lo que aumentaría las ganancias, además de contribuir a elevar el contenido de MO en los suelos de la zona a mediano plazo.

El Cuadro 4 muestra dos opciones para fertilizar las parcelas. La de menor costo es la combinación de Urea más  $17\text{N}-17\text{P}-17\text{K}$ , considerando los precios comerciales de la tonelada de fertilizantes (complejo  $20\text{N}-10\text{P}-10\text{K}$  [ $\$7,000.00$ ]; Urea [ $\$7,300.00$ ];  $17-17-17$  [ $\$7,900.00$ ]; cloruro de potasio [ $\$8,500.00$ ]). En la última columna se indica cuántas toneladas de caña se necesitarían para costear las dosis generadas mediante el SIRDF, resaltando que el tonelaje de caña requerido para costear estas dosis es menor que el rendimiento logrado con las mismas y supera a la fertilización que el productor aplica comúnmente; demostrando la viabilidad de aplicar de manera generalizada las recomendaciones del SIRDF en el área de abastecimiento.

## CONCLUSIONES

**La composta** que se produce en el Ingenio Pujiltic es de buena calidad, pero su costo limita su posible empleo generalizado como fertilizante. El tipo de fertilización no modifica la calidad de los jugos de la caña de azúcar cosechada. Las dosis de fertilizantes generadas por el SIRDF superaron en rendimiento a la fertilización con composta y a la dosis de fertilización que aplica comúnmente el productor. Respecto al estado nutricional del cultivo se observó que la composta y las dosis del SIRDF satisfacen los requerimientos de nitrógeno y fósforo en todas las subunidades de suelo, excepto en el Gleysol mólico que resultó

Cuadro 3. Efecto de la subunidad de suelo y de las dosis de fertilizantes sobre la calidad de jugos y rendimiento de tallo moleadero de caña de azúcar, en el área de abastecimiento del Ingenio Pujilitc, Chiapas, México.

| Productor/Unidad de suelo                  | Grados Brix | Sacarosa | Pureza   | Humedad  | Reductores | Fibra    | Índice madurez | Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) |
|--|-------------|----------|----------|----------|------------|----------|----------------|-----------------------------------|
|  |             | (%)      |          |          |            |          |                |                                   |
| Norberto E. Nájera Montes de Oca. CLvr     | 15.26 ab    | 13.62 ab | 89.33 a  | 71.38 a  | 0.29 a     | 12.51 ab | 7.12 a         | 98.11 cde                         |
| José Constantino León. CP 72-2086. CHch    | 17.23 a     | 15.54 a  | 90.18 a  | 69.52 b  | 0.29 a     | 12.83 ab | 9.04 a         | 116 a                             |
| Cuauhtémoc Montoya Villagómez. CMmo        | 14.33 ab    | 12.36 b  | 86.16 a  | 70.15 ab | 0.33 a     | 11.88 b  | 5.50 a         | 86.44 b                           |
| Jesús López Ruiz. CP72-2086, R7. PHphle    | 14.80 ab    | 13.24 ab | 89.85 a  | 69.97 ab | 0.33 a     | 12.26 b  | 5.98 a         | 115.55 ab                         |
| Librado Zúñiga. Cassw                      | 15.31 ab    | 13.39 ab | 90.53 a  | 69.66 b  | 0.29 a     | 14.41 a  | 6.99 a         | 108 abc                           |
| Luis Hernández López. VReu                 | 15.75 ab    | 14.20 ab | 87.64 a  | 69.65 b  | 0.36 a     | 12.21 b  | 6.05 a         | 101.88 cdb                        |
| Miguel A. Hernández López. Mex69-290. FLca | 15.05 ab    | 13.79 ab | 91.76 a  | 69.11 b  | 0.40 a     | 12.55 ab | 6.35 a         | 90.33 ed                          |
| José Santis González. Mex69-290. RGca      | 13.78 b     | 12.23 b  | 89.19 a  | 70.14 ab | 0.27 a     | 11.45 b  | 6.62 a         | 103 abcd                          |
| Media                                      | 15.2        | 13.55    | 89.3     | 6.9      | 0.32       | 12.5     | 6.7            | 102.4                             |
| CV (%)                                     | 13.3        | 11.8     | 4.7      | 1.3      | 39.2       | 11.4     | 35.64          | 9.0                               |
| Parcelas (P)                               | 0.041 *     | 0.002**  | 0.175 NS | 0.001 ** | 0.389 NS   | 0.001 ** | 0.098 NS       | 0.001 **                          |
| Fertilización (F)                          | 0.962 NS    | 0.967 NS | 0.841 NS | 0.553 NS | 0.721 NS   | 0.800 NS | 0.555 NS       | 0.001 **                          |
| Int P*F                                    | 0.934 NS    | 0.757 NS | 0.687 NS | 0.137 NS | 0.821 NS   | 0.682 NS | 0.653 NS       | 0.617 NS                          |
| DSH  | 3.02        | 2.4      | 6.28     | 1.44     | 0.18       | 2.15     | 3.57           | 13.87                             |
| Efecto de Tratamientos                     | Grados Brix | Sacarosa | Pureza   | Humedad  | Reductores | Fibra    | Índice madurez | Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> ) |
|  |             | (%)      |          |          |            |          |                |                                   |
| Composta 10 (t ha <sup>-1</sup> )          | 15.27 a     | 13.58 a  | 89.97 a  | 69.97 a  | 0.31 a     | 12.37 a  | 6.97 a         | 104.25 a                          |
| Dosis del SIRDF                            | 15.18 a     | 13.58 a  | 89.69 a  | 69.79 a  | 0.33 a     | 12.52 a  | 6.27 a         | 108.45 a                          |
| F. Productor                               | 15.11 a     | 13.48 a  | 89.33 a  | 70.09 a  | 0.31 a     | 12.65 a  | 6.57 a         | 94.54 b                           |
| DSH  | 1.41        | 1.12     | 2.93     | 0.67     | 0.08       | 1.0      | 1.67           | 6.48                              |

Cuadro 4. Análisis económico de las dosis generadas mediante el Sistema Integral para Recomendar Dosis de Fertilizantes (SIURDF) para el cultivo de caña de azúcar en el Ingenio Pujilitc, Chiapas, México, comparada con el costo comercial del fertilizante.

| Productores/Subunidades de Suelo  | Dosis SIRDF N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O (kg/ha) | Costo de la Fertilización (\$ ha <sup>-1</sup> ) |  | Toneladas de caña * |
|---|---|--|--|---------------------|
|   |   | Compuesto 20-10-10                               | Urea+Triple 17 (kg)                        |                     |
| Luis Hernández López, Librado Zuñiga, José Eufasio Santiago Meza: VEÉu, CLccw, LPrz   | 160 80-80   | 800 kg<br>[\$ 5,600.00]                          | 174 + 471<br>[\$ 4,988.00]                 | 6.45                |
| Norberto E. Nájera Montes de Oca: CLvr  | 120-60-60   | 600 kg<br>[\$ 4,200.00]                          | 130 + 353<br>[\$ 3,731.00]                 | 4.82                |
| José Santis González, José Constantino León, Cuauhtémoc Montoya Villagomez, Miguel A. Hernández López: RGca, Chch, CBmo, FLca | 120-80-80   |  | 130 + 471<br>[\$ 4,670.00]                 | 6.0                 |
| Lindolfo Aguilar Avendaño, Jesús López Ruiz: VRca, PHphle   | 100-60-60   |  | 87 + 353<br>[\$ 3,424.00]                  | 4.43                |
| Claudia L. Peralta Benítez: GLmo  | 140-80-120  |  | 130kg + 471+<br>100kg KCl<br>[\$ 5,520.00] | 7.14                |

\* Necesarias para costear la dosis de fertilización del SIRDF (considerando un precio de \$ 772.63 t<sup>-1</sup> de caña)

deficiente en nitrógeno. En todas las subunidades de suelo se detectaron deficiencias de potasio. Los menores rendimientos se asociaron a los suelos Fluvisol, Cambisol y Vertisol que retienen exceso de humedad. Se recomienda realizar un estudio específico sobre la nutrición del potasio y mejorar el manejo del agua de riego en el cultivo de caña, para evitar efectos negativos en el desarrollo. El tonelaje de caña requerido para costear las dosis generadas mediante el SIRDF es menor al rendimiento total que se obtiene con su aplicación, lo cual facilita la viabilidad de aplicarlas de manera generalizada en el área de abastecimiento del Ingenio Pujiltilic.

## LITERATURA CITADA

- Cañeros. 2011. Estadísticas. Ingenio Pujiltilic. <http://www.caneros.org.mx/> (30 abril de 2011)
- Fernatol. 2011. Fernatol: dale vida a tu suelo. [www.fernato.com](http://www.fernato.com) (25 abril de 2011).
- Hernández M. G.I., S. Salgado G., D. J. Palma-López, L.C. Lagunes E., M. Castelán E. O. Ruiz R. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un Gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia* 33 (11): 855-860.
- NMX-FF-109-SCFI-2007. Humus de lombriz (lombricomposta): Especificaciones y métodos de pruebas.
- Salgado-García S., D. J. Palma-López, J. L.C. Lagunes-Espinoza y M. Castelán-Estrada. 2006. Manual para el muestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación de análisis. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México. 90 p.
- Salgado-García. S., D. J. Palma-López, J. Zavala-Cruz, L. C. Lagunes-Espinoza, M. Castelán-Estrada., C. F. Ortiz-García., J. F. Juárez-López., J. A. Rincón-Ramírez y E. Hernández-Nataren. 2008. Programa sustentable de fertilización para el Ingenio Pujiltilic, Chiapas, México. *Terra-Latinoamericana* 26 (4): 361-373.
- Valladares R.A. y E.C. Zamorano. 1976. Método para el estimado de caña producida en campo previo a la iniciación de la zafra. CNIA-IMPA Folleto 9. 24 p.

