

# Efecto del manejo de los residuos de cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum spp. híbrido*) sobre el rendimiento de campo en Veracruz, México

Effect of management of the harvest wastes of sugar cane (*Saccharum spp. hybrid*) on the field performance in Veracruz, Mexico

Agustín HERRERA SOLANO<sup>✉1</sup>, Nelson MILANÉS RAMOS<sup>2</sup>, Fortino A. MOLINA LARA<sup>3</sup>, Pedro ORDÓÑEZ BARAHONA<sup>1</sup>, Pablo ELORZA MARTÍNEZ<sup>4</sup>, Adolfo CASTILLO MORAN<sup>1</sup>, Vidal ENRÍQUEZ RUVALCABA<sup>1</sup> y Daniel Arturo RODRÍGUEZ LAGUNES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuaria, Km 1 Carretera Peñuela- Amatlan de los Reyes, S/N. C.P. 94945, Veracruz, México, <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Cuba, <sup>3</sup>Central Azucarero El Potrero, Veracruz, México y <sup>4</sup>Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, México. E-mails: aguherrera@uv.mx, nmilanes@yahoo.com, pordonez@uv.mx, pelorza@uv.mx, adcastillo@uv.mx, venriquez@uv.mx y darodriguez@uv.mx

✉ Autor para correspondencia

Recibido:20/10/2008      Fin de primer arbitraje: 20/03/2009      Primera revisión recibida: 12/08/2009  
Fin de segundo arbitraje: 21/09/2009      Segunda revisión recibida: 25/11/2009      Aceptado: 30/11/2009

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Central Azucarero El Potrero, Veracruz, México, utilizando la variedad CP 72-2086, evaluando cuatro tratamientos en franjas comparativas: 1) Caña quemada con requema, 2) Caña quemada sin requema, 3) Caña cruda sin quema de residuos y 4) Caña cruda con quema de residuos, con cuatro repeticiones. El estudio se inició con la cosecha del segundo retoño (resoca 1) y concluyó con la cosecha del tercer retoño (resoca 2). Se evaluaron las variables: Población, altura y diámetro de tallos, a los cuatro, ocho y doce meses de edad, mientras el rendimiento de campo se obtuvo al momento de la cosecha, junto al porcentaje de sacarosa. Al evaluar los resultados obtenidos a los cuatro meses de edad se determinó que en la variable población de tallos, la cosecha de la caña cruda sin la quema de los residuos, alcanzó los valores más bajos, siendo significativamente inferior al resto de los tratamientos; a los ocho meses de edad no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos en número de tallos ni en la altura, por lo que el efecto perjudicial inicial de la no quema de los residuos había desaparecido, mientras el diámetro fue superior en el tratamiento Caña cruda sin quema de residuos. Al evaluar las toneladas de caña por hectárea se determinó que la cosecha en crudo sin la quema de los residuos, fue la mejor y el tratamiento de la cosecha en crudo y posteriormente la quema de los residuos, fue el de más bajo rendimiento de campo.

**Palabras clave:** Residuos cosecha, quema, caña de azúcar

## ABSTRACT

This research work was carried out at El Potrero Sugar Cane Factory in Veracruz, Mexico, using the variety CP 72-2086, evaluating four treatments in comparative strips: 1) Burned sugar cane with re-burning, 2) Burnt sugar cane without re-burning, 3) Raw sugar cane without burning of waste and 4) Raw sugar cane with burning of waste with four replications. The work was started with the harvest of the second shoot (re-shoot 1), and concluded with the harvest of the third shoot (re-shoot 2). The variables evaluated were: Population, height and stem diameter, at four, eight and twelve months of age; while the yield field was obtained at the moment of the harvest, together with the sugar percentage. On evaluating the obtained results at four months of age, it was determined that in the variable population of stems, the raw sugar cane harvest without the burning of the waste, it reached the lowest values, being significantly inferior to the rest of the treatments; at eight months of age there was no significant differences between the treatments neither in number of stems nor in height, therefore the initial harmless effect of the non-burning of waste had disappeared, meanwhile the diameter was superior in the raw Sugar Cane treatment without burning of waste. On evaluating the sugar cane tones by hectare it was determined that the raw harvest and afterwards the burning of the waste, was the lowest field performance.

**Key words:** Harvest waste, burning, sugar cane.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de la caña de azúcar en la Región Veracruz Central de México ocupa una superficie de 253.088 hectáreas, con una producción de 1.023.736 toneladas de azúcar distribuidas en 13 fábricas de azúcar (Manual Azucarero Mexicano, 2007); representando el 20% aproximadamente de la producción de caña y azúcar de todo el país.

En el Central Azucarero El Potrero, S. A., ubicado en la Región Veracruz Central, se cosecharon 20.323 hectáreas de caña de azúcar, con una molienda de 1.529.976 toneladas de caña y una producción de 180.561 toneladas de azúcar en la zafra 2007/2008 (Manual Azucarero Mexicano, 2007). En este Central Azucarero, al igual que en toda la Región, se realiza la cosecha quemando la caña de azúcar y posteriormente requemando los residuos quedados de la cosecha, práctica muy arraigada entre los productores de caña de azúcar (Molina, 2004), el propio autor señala que los productores de México son del criterio que la cosecha en crudo perjudica el rendimiento de campo, debido a que retrasa el ahijamiento y crecimiento de los retoños post-cosecha.

La quema de la caña de azúcar antes de la cosecha puede llegar a producir pérdidas de nitrógeno hasta de 24 kg/ha en la quema y 17 kg/ha en la requema, en dependencia de la variedad utilizada, ciclo de cosecha y condiciones de cultivo (Milanés *et al.*, 2000).

Cuellar *et al.*, (2003) reportaron que la caña de azúcar es una de las plantas de más altos rendimientos en biomasa por área y unidad de tiempo y produce el azúcar, que es el alimento energético de consumo humano más completo y difundido en el mundo, una parte de sus necesidades de fertilizantes, la energía necesaria para su elaboración industrial y es materia prima de alrededor de un centenar de productos derivados de gran valor para el desarrollo humano. A estas cualidades excepcionales se suma su adaptabilidad a condiciones adversas del medio ambiente, resistentes a plagas y enfermedades, fijación de CO<sub>2</sub> (Puede captar hasta 80 toneladas de CO<sub>2</sub>, según Salgado, *et al.*, 2001), comparable a la de los bosques tropicales, características que la convierten en un cultivo por excelencia, paradigma de una agricultura sostenible, si es manejado adecuadamente por el hombre.

De todo lo anterior se desprende la necesidad de estudiar el manejo de los residuos de la cosecha con caña de azúcar quemada y en crudo (Cosecha en verde) y determinar sus efectos sobre el desarrollo del cultivo hasta la siguiente cosecha, con el propósito de demostrar que los efectos perjudiciales que aparentemente tiene la cosecha en crudo sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, no son verdaderos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del estudio

El presente trabajo se realizó en el Ejido El Brinco, Central Azucarero El Potrero, Veracruz, México (18° 53' 05'' LN y 96° 47' 15'' LW y altitud de 403 msnm), sobre un suelo Luvisol orthico, y clima con lluvias acumuladas de 1200 a 1500 mm anuales, temperaturas máximas de 24°C a 37°C y mínimas de 13 a 18 °C en el año; utilizando la variedad de caña de azúcar CP 72-2086, por ser una de las mayormente cultivadas en la región (Manual Azucarero Mexicano, 2007).

### Características del estudio

Se utilizó un diseño en franjas, obligados por los requerimientos de los tratamientos utilizados y se trató como un diseño de bloques al azar, sin aleatorización de las repeticiones, considerando cuatro franjas comparativas con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 8 surcos de 12 m de largo y 1,00 m de ancho, distancia de plantación comúnmente utilizada en la región, con un área total de 96,0 m<sup>2</sup>, utilizando para realizar todas las observaciones y mediciones los cuatro surcos centrales con un área útil de 48,0 m<sup>2</sup>. La superficie total del experimento fue de 1.536 m<sup>2</sup>.

### Descripción de los tratamientos

Número	Descripción	Abreviatura
1	Caña quemada con requema	CQ/C Req
2	Caña quemada sin requema	CQ/S Req
3	Caña cruda sin quema de residuos	CC/SQ Res
4	Caña cruda con quema de residuos	CC/CQ Res

## **Montaje del estudio**

El estudio se inició posterior a la cosecha del segundo retoño (resoca 1) y concluyó con la cosecha del tercer retoño (resoca 3), en área dedicadas a la producción, con alto porcentaje de población (100%) y de desarrollo uniforme, sin ataques de plagas y enfermedades y cultivadas con las normas y procedimientos comúnmente utilizadas en la región.

## **VARIABLES AGRONÓMICAS**

### **Población de tallos**

Se refiere al número de tallos por unidad de superficie, su calificación se realizó a los cuatro, ocho y doce meses de edad, contando el número de tallos de los dos surcos centrales de la parcela y calculando el total de tallos de la parcela.

### **Altura de tallos**

Esta es una de las características agronómicas más influenciadas por el medio, se realizó a los cuatro, ocho y doce meses, considerando la medición desde la base del tallo, superficie del suelo, hasta la primera bisagra del collar visible, utilizando 10 plantas al azar de la parcela útil.

### **Diámetro de tallo**

Se refiere al grosor de los tallos, su evaluación se realizó a los ocho y doce meses, empleando un calibrador o vernier de pie de rey, efectuando la medición en el tercio medio de 10 tallos, tomados al azar, sobre la parcela útil.

### **Rendimiento de campo**

El rendimiento de caña en toneladas por hectárea se obtuvo al momento de la cosecha, registrando el peso de la caña en la parcela útil en las cuatro repeticiones de cada tratamiento y efectuando la inferencia por hectárea, cortando todos los tallos listos para la cosecha y pesándolos en una báscula reloj.

## **VARIABLES AGROINDUSTRIALES**

### **Porcentaje de sacarosa**

Se determinó antes de la cosecha, para tal efecto se realizaron muestreos de tallos para su

análisis químico de laboratorio, la muestra consistió en tomar 10 tallos por parcela, en cada tratamiento del experimento, tomada de los surcos externos de la parcela útil, el método de análisis empleado fue el denominado de Pol-Ratio, descrito por Molina (2004).

## **Análisis estadístico y comparación de medias**

Las variables de respuesta: diámetro, altura, número de tallos a los cuatro, ocho y doce meses y las toneladas de caña por hectáreas y el porcentaje de sacarosa, se analizaron estadísticamente en forma individual por análisis de varianza (Little and Hills, 1984). La comparación de las medias para los efectos que resultaron con diferencias significativas se realizó mediante la prueba de Tukey.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Componentes del rendimiento de campo a los cuatro meses de edad.**

#### **Número de tallos por parcela**

Al aplicar un análisis de varianza sobre esta variable se determinó que existían diferencias significativas al 1% de probabilidad entre los cuatro tratamientos estudiados, y al comparar las medias (Cuadro 1), se observó que el tratamiento 3, (cosecha de la caña cruda sin la quema de los residuos), alcanzó los valores más bajos, siendo significativamente inferior al resto de los tratamientos, lo que indica el efecto perjudicial que el colchón de residuos de la cosecha, origina sobre la brotación de los nuevos vástagos de la caña de azúcar durante los primeros cuatro meses de desarrollo, reportado por Molina, 2004, como la causa fundamental por lo cual los productores de caña de azúcar continúan quemando anualmente sus cañaverales antes de la cosecha.

#### **Altura de los tallos**

El análisis de varianza no arrojó diferencias significativas en esta variable entre tratamientos ni repeticiones (Cuadro 1), o sea que aunque existe un menor número de tallos como consecuencia de la aplicación del tratamiento 3 (cosecha de la caña cruda sin la quema de los residuos), estos tallos no presentan mayor altura que el resto de los tratamientos estudiados.

## Componentes del rendimiento de campo a los ocho meses de edad

### Número de tallos por parcela

La aplicación de un análisis de varianza no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, lo que evidencia que el resultado obtenido por el tratamiento 3 (cosecha de la caña cruda sin la quema de los residuos), a los cuatro meses de edad, fue transitorio y ya a los ocho meses se ha establecido una población normal y al mismo nivel en los cuatro tratamientos estudiados (Cuadro 2).

### Altura de los tallos

Al igual que en la anterior variable, número de tallos por parcela, el análisis de varianza no arrojó diferencias significativas entre los cuatro tratamientos estudiados (Cuadro 2), repitiéndose el mismo comportamiento de los cuatro meses de edad.

### Diámetro del tallo

El análisis de varianza encontró diferencias significativas entre los tratamientos estudiados y al comparar los valores promedios se determinó (Cuadro 2), que el tratamiento 1, (cosecha de caña quemada con requema), alcanzó el valor más bajo en esta variable, el cual formó grupo con los tratamientos 2 y 4 y difirió significativamente del 3; esto puede estar asociado al efecto perjudicial que

Cuadro 1. Comportamiento de los componentes del rendimiento de Campo a los cuatro meses de edad, ciclo resoca 2, en el Ejido El Brinco, Central Azucarero El Potrero, Veracruz, México.

Tratamientos	Variables evaluadas	
	Número de tallos	Altura (cm)
CQ/C Req.	310,6 a	15,8
CQ/S Req.	353,4 a	15,8
CC/SQ Res.	171,0 b	16,2
CC/CQ Res.	282,2 a	15,8
Tukey al 5%	98,62	ns

ns = No hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

CQ/C Req: Caña quemada con requema

CQ/S Req: Caña quemada sin requema

CC/SQ Res: Caña cruda sin quema de residuos

CC/CQ Res: Caña cruda con quema de residuos

produce la quema y la requema sobre las cepas de la caña de azúcar reportado por Milanés *et al.*, 2000; Lozano, 2001 y Cuellar, *et al.*, 2003.

## Componentes del rendimiento de campo a los doce meses de edad

Al evaluar las variables número de tallos por parcela, altura y diámetro del tallo a los 12 meses de edad (datos no mostrados) se ratificaron los resultados obtenidos a los 8 meses, observándose que el tratamiento 3, cosecha en crudo sin quema de los residuos, alcanzó el mayor diámetro, siendo significativamente superior al resto de los tratamientos estudiados, lo que puede estar asociado a las mejores condiciones que propicia el mantener el colchón de los residuos de la cosecha, para el desarrollo de la caña de azúcar, reportado por Lozano (2001) y Arreola, (2002).

## Evaluación de las variables de cosecha a los doce meses de edad

### Toneladas de caña por hectárea

Al aplicar un análisis de varianza arrojó diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, y al comparar los valores promedios (Figura 1), el tratamiento 3, cosecha en crudo sin la quema de los residuos, resultó el mejor, produciendo 24,25 toneladas de caña más que el de cosecha quemada y el tratamiento de resultados más bajos fue el que incluye la cosecha en crudo y posteriormente

Cuadro 2. Comportamiento de los componentes del rendimiento de campo a los ocho meses de edad, ciclo resoca 2, en el Ejido El Brinco, Central Azucarero El Potrero, Veracruz, México.

Tratamientos	Variables evaluadas		
	Número de tallos	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)
CQ/C Req.	396,0	1,26	2,52 b
CQ/S Req.	346,6	1,16	2,56 ab
CC/SQ Res.	319,0	1,21	2,77 a
CC/CQ Res.	319,0	1,21	2,62 a
Tukey al 5%	ns	ns	0,229

ns = No hubo diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

CQ/C Req: Caña quemada con requema

CQ/S Req: Caña quemada sin requema

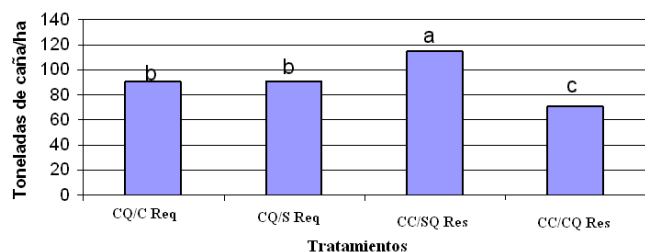
CC/SQ Res: Caña cruda sin quema de residuos

CC/CQ Res: Caña cruda con quema de residuos

la quema de los residuos, lo que confirma los efectos perjudiciales de la cosecha quemada, reportados por Lozano, 2001 en México, Cuellar *et al.*, 2003 y Espinosa, 1980 en Cuba y Cock, 1997 en Colombia.

### Calidad de la caña de azúcar al momento de la cosecha

Al evaluar la calidad de la caña de azúcar en los cuatro tratamientos estudiados, a través de la variable porcentaje de sacarosa no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. El promedio general fue 12,68%.



CQ/C Req: Caña quemada con requema; CQ/S Req: Caña quemada sin requema; CC/SQ Res: Caña cruda sin quema de residuos y CC/CQ Res: Caña cruda con quema de residuos

Figura 1. Comportamiento del rendimiento de campo ciclo resoca 2, en el Ejido El Brinco, Central Azucarero El Potrero, Veracruz, México.

### CONCLUSIONES

La población de tallos se afecta producto de cosechar la caña de azúcar en crudo sin quemar los residuos a los cuatro meses de edad, efecto que desaparece antes de los ocho meses, momento en el cual el diámetro de los tallos es significativamente superior, a todas las variantes de cosecha quemada, situación que se mantiene hasta el momento de la cosecha.

La caña de azúcar cosechada cruda, sin quemar los residuos produce mayor rendimiento de campo que todas las variantes de cosecha quemada estudiadas, mientras la cosecha en crudo y después quemar los residuos, resulta la variante que brinda menos producción.

### LITERATURA CITADA

Arreola, T. F. T. 2002. Fertilización potásica de la caña de azúcar en los suelos cambisoles del Ingenio

San Miguelito, Córdoba, Ver. Tesis de Maestro. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. 86p.

Cock, I. H. 1997., Manejo de la caña para cosecha en estado verde. En "El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia". pp. 365-369.

Cuellar, I. A.; O. M. E. León, R. A. Gómez, G. O. Piñón, D. R. Villegas y A. I. Santana, 2003. Caña de azúcar, paradigma de sostenibilidad. Ed. Publica. La Habana. 175p.

Espinosa, R. 1980. Influencia de la fecha de plantación y las edades al momento de las cosechas sobre el rendimiento y sus componentes en la caña de azúcar (*Saccharum* spp). Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. MES. La Habana. 110p.

Little, M. T. and F. J. Hills. 1984. Métodos estadísticos para la Investigación en la Agricultura. Ed. Trillas, 3<sup>ra</sup> Reimpresión. 270p.

Lozano, L. F. 2001. Efectos de la aplicación de cachaza y pérdidas de nitrógeno por la quema de la caña de azúcar en el Ingenio San José de Abajo, S.A. de C.V. Tesis de Maestro, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. 80p.

Manual Azucarero Mexicano. 2007. Cámara Nacional de la Industria Azucarera y Alcoholera. 473p.

Milanés, R. N.; L. F. Lozano y B. P. Ordóñez. 2000. Efectos de la quema y extracción de nutrimentos por la caña de azúcar y las malezas en la Región Veracruz Central. Memorias 30 Congreso de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Veracruz, México.

Molina, L. F. A. 2004. Efectos del manejo de los residuos de la cosecha de la caña de azúcar sobre el rendimiento de campo y el suelo en el Ingenio El Potrero, Veracruz. Tesis de Maestro. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. 65p.

Salgado, G. S.; A. L. Bucio, D. D. Riestra Díaz y E. L. C. Lagunes. 2001. Caña de azúcar, hacia un manejo sustentable. Tabasco. 394p.