



MATERIA PRIMA MÁS LIMPIA EN EL INGENIO SAN MIGUELITO CON EL USO DE CONTENEDORES EN LA COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*)

A cleaner raw material in San Miguelito sugar mill by using containers in sugarcane (*Saccharum spp.*) harvest

Agustín Herrera Solano[✉], Nelson Milanés Ramos, Pedro Ordóñez Barahona, Adolfo Castillo Morán, Vidal Enríquez Ruvalcaba y Cutberto Heredia Espejo

ABSTRACT. The mechanized sugarcane harvest loading causes the introduction of foreign matters to sugar manufacturing process, which not only decreases factory yields, but also makes the existing mechanical elements of industrial equipments be spoiled and broken. *San Miguelito* sugar mill is not free from this set of problems. Thus, within 2007/2008 sugarcane harvest, the field department started to use the system of ecological containers (a system of two bundles of 25 stalks each that are placed in parallel to the row and on its top once they are cut) and metallic ones during the mechanized loading. Results were compared with the main industrial indicators from 2006/2007 sugarcane harvest, which did not use any container. Besides, results were compared with both kinds of containers and without using them during 2007/2008 sugarcane harvest. In such harvest, less soil, stone and agricultural residues were transferred towards the mill yard, decreasing the lost time in the factory, the accumulated filter cake and the amount of molasses, whereas the mixed juice purity and physical sugar yield increased. The presence of agricultural residues in the factory was higher when using the ecological container; both kinds of containers were exactly the same efficient, concerning the amount of soil and stones, and the metallic container was again better to reduce total impurities. Both containers reduced all impurities present in the raw material.

Key words: sugarcane, harvest, storehouses, crop residues, foreign bodies, alternative methods

RESUMEN. El alza mecanizada de la caña cosechada ocasiona la introducción de materias extrañas al proceso de elaboración de azúcar, lo cual no solo disminuye los rendimientos en fábrica, sino que también provoca el desgaste y la rotura de elementos mecánicos existentes en los equipos de la industria. El ingenio *San Miguelito* no está ajeno a esta problemática. En virtud de lo anterior, en la zafra 2007/2008, el departamento de campo comenzó a utilizar el sistema de contenedores ecológicos (sistema de dos bultos de 25 tallos cada uno, que se colocan paralelos al surco y sobre ellos se depositan los tallos una vez cortados) y metálicos durante el alza mecanizado. Se compararon los resultados con los principales indicadores industriales de la zafra 2006/2007, en la cual no se usaron contenedores. Además, se compararon los resultados con los dos tipos de contenedores y sin el uso de ellos en la zafra 2007/2008. En dicha zafra se trasladó menos tierra, piedra y residuos agrícolas hacia el patio del ingenio, disminuyó el tiempo perdido en fábrica, la cachaza acumulada y la cantidad de miel final, mientras que se incrementó la pureza del jugo mezclado y el rendimiento en azúcar físico. La presencia de residuos agrícolas en fábrica fue mayor cuando se utilizó el contenedor ecológico; fueron igualmente eficientes ambos tipos de contenedores, en lo que respecta a la cantidad de tierra y piedras, y nuevamente el metálico resultó mejor para minimizar las impurezas totales. Ambos contenedores redujeron las impurezas presentes en la materia prima.

Palabras clave: caña de azúcar, depósitos de almacenamiento, residuos de cosechas, cuerpos extraños, métodos alternativos

INTRODUCCIÓN

La agroindustria de la caña de azúcar para poder ser productiva, necesita de dos factores inseparables e

M.Sc. Agustín Herrera Solano, M.Sc. Pedro Ordóñez Barahona, M.Sc. Adolfo Castillo Morán y M.Sc. Vidal Enríquez Ruvalcaba, Profesores de la facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Méjico; Dr.C. Nelson Milanés Ramos, Investigador Titular del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), MINAZ, Cuba; Cutberto Heredia Espejo, ingenio *San Miguelito*, Veracruz, Méjico.

✉ aguherrera@uv.mx

importantes que son la producción de materia prima en el campo y la extracción de azúcar en la fábrica.

La producción de materia prima viene dada por la variedad y un buen manejo fitotécnico del cultivo, aunque algunos investigadores (1) destacan las variedades, la incidencia de plagas y enfermedades y el uso o no de la quema para realizar la cosecha.

La extracción de azúcar en la fábrica depende de la calidad de la materia prima que se entrega al ingenio a partir de una cosecha eficiente.

Posterior a la cosecha viene el alza de la caña que, por lo general, se realiza de forma mecanizada. La mecanización del alza de la caña en el ingenio San Miguelito ha provocado el incremento de materiales no considerados, como materia prima para la elaboración de azúcar (tierra, piedras, residuos agrícolas), causando desgastes y daños a los equipos de preparación y molienda, aumentando los tiempos perdidos, costos y, por consecuencia, bajando la calidad de los jugos en perjuicio del producto final. Al respecto, se determinó que en la zafra 2006/2007, el porcentaje promedio de impurezas que llegó a la fábrica fue de 3.6, correspondiendo más de 19000 t a los residuos de cosecha y otras impurezas diferentes a tierra y piedras (2).

En el esquema de cosecha semimecanizada, la alzadora levanta la caña directamente del suelo, de tal forma que destruye una gran cantidad de cepas y, por otro lado, la tierra, piedras y residuos de cosecha se incorporan al bulto de la caña, aumentando la cantidad de materia extraña que entra al proceso industrial.

Ante tal situación y dada la relevancia que tienen las impurezas en la calidad de la materia prima, este ingenio implementó una serie de medidas o acciones de mejora en campo durante la operación de la cosecha, tendientes a reducir significativamente el porcentaje de materia extraña que entra al proceso de molienda, entre las que se encuentra el manejo y uso de contenedores metálicos y, como última acción innovadora, el uso de contenedores ecológicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ingenio San Miguelito se localiza entre los 18°24' y 19°06' de latitud norte y los 96°35' y 97°05' de longitud oeste; dentro de esta zona se encuentran climas y suelos diferentes, distinguiéndose dos áreas bien diferenciadas, con alturas promedio de 817 m snm en la zona baja (divisiones San Miguelito y Tapia) y la zona alta (divisiones Toxpan y Monte Blanco), cuya altura promedio es de 1,200 m snm.

El área de abasto del ingenio San Miguelito se encuentra localizado en la parte central del estado de Veracruz; lo conforman los municipios de Córdoba, Amatlán de los Reyes, Cuichapa, Naranja, Fortín, Tomatlán, Ixhuatlán, Coscomatepec, Orizaba e Ixtaczoquitlán. Se localiza a 5 km de la ciudad de Córdoba, teniendo acceso por el centro de la ciudad o por el libramiento de la autopista Córdoba-Veracruz, llegando también por la carretera Córdoba-Cuichapa.

Estudio comparativo de la cosecha de caña de azúcar con y sin contenedores durante las zafra 2006/2007 y 2007/2008 respectivamente. Teniendo como premisa el porcentaje de impurezas (piedras, tierra y residuos agrícolas, fundamentalmente), que se llevan al ingenio con la materia prima, a pesar de que toda la caña es quemada para realizar la cosecha, en la zafra 2006/2007 se realizaron una serie de ensayos, para poner a punto el uso de los contenedores entre el corte y alza de la caña de azúcar en la siguiente zafra.

Los contenedores utilizados en la zafra 2007/2008 se denominan Metálico y Ecológico.

Contenedor metálico. Implemento creado en el ingenio Central Motzorongo (3), con la finalidad de reducir el porcentaje de impurezas llevadas al ingenio con la materia prima. Consiste en una estructura metálica de tubos de acero, que sirve para colocar los tallos de caña de azúcar que se van cortando y permite hacer bultos de entre 400 y 500 kg, sin que estos toquen el suelo (Foto 1).



Foto 1. Contenedor metálico utilizado para la conformación de los bultos de caña

Contenedor ecológico. Existen dos variantes de contenedor ecológico: el normal utilizado tanto en terrenos con o sin piedras y el emparrillado, para terrenos exclusivamente sin piedras.

Contenedor ecológico normal. Esta práctica se realiza por pareja de cortadores, tomando como ancho de corte seis surcos, tres por cortador; cada uno corta un promedio de 20 a 25 tallos para el amarre de dos bultos, que sirven de base para la colocación de la caña; estos bultos se sitúan en la parte central de los seis surcos y en forma paralela a ellos, con la finalidad de darle una altura de 25 a 30 cm entre el suelo y el bulto de caña (Foto 2). Se requiere de recogedores de caña para alzar los manojos.



Foto 2. Variante de contenedor ecológico normal utilizado en cualquier terreno

Contenedor ecológico emparrillado. Se procede de forma similar al contenedor normal, adicionando varios tallos que se colocan en forma transversal sobre los dos bultos,

con la finalidad de ir formando la parrilla. Los tallos que después se van cortando, se colocan en forma paralela a los bultos y, a la vez, se estaquea para conformar una carga de 350 a 400 kg aproximadamente (Foto 3). Cuando empieza la labor del alza de la caña, toda la caña y los bultos son cargados por la alzadora y depositados en la unidad de acarreo. Con esto se evita que se queden los manojos de caña en el campo, por lo que se puede prescindir de los recogedores.



Foto 3. Variante de contenedor ecológico emparrillado utilizado en terrenos sin piedras

Para la comparación entre las dos zafras, se utilizó la información suministrada por la fábrica durante 22 semanas sobre los indicadores: pureza del jugo mezclado (%), cachaza (%), miel final (kg/t de caña molida), tiempo perdido por piedras (horas), eficiencia en fábrica (%), caña molida/día (t/día), rendimiento de azúcar físico (%) y tierra acumulada en batey (t).

Toda vez que los contenedores ecológicos y metálicos se usaron indistintamente en todos los frentes de corte, se evaluaron 15 muestras y, unido a resultados anteriores de muestras tomadas en cosechas sin el uso de contenedores, se procedió a realizar una evaluación comparativa entre las variantes empleadas.

A los resultados se les determinaron la asimetría típica y la curtosis, para conocer si las muestras se ajustaban a una distribución normal, de igual forma que procedieron otros autores (4).

Se calcularon los estadígrafos de dispersión media, varianza y desviación típica. La comparación entre las variantes de uso de contenedores se realizó mediante la igualdad en las poblaciones de la varianza, a partir de la comparación de las desviaciones típicas con el *test* de Fisher (F), la igualdad de medias con la prueba t de Student (t) y la igualdad de medianas con el *test* de Mann-Whitney (W). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el paquete *Statgraphic plus 5.1* para *Windows*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio comparativo de la cosecha de la caña de azúcar durante las zafras 2006/2007 y 2007/2008. En la zafra 2007/2008 se logró mejorar los indicadores de calidad evaluados, como se muestra en la Tabla I.

Tabla I. Comparación entre dos zafras de los principales indicadores de fábrica y cantidad de impurezas en el ingenio San Miguelito

Conceptos	Zafra 2006-2007	Zafra 2007-2008
Pureza del jugo mezclado (%)	82.63	83.35
Cachaza acumulada (%)	6.00	5.30
Miel final de caña (kg/t)	33.85	31.97
Tiempo perdido por piedras (horas)	17.25	12.00
Eficiencia en fábrica (%)	78.31	81.00
Masa de caña molida/día (t)	2 974	3 118
Rendimiento de azúcar físico (%)	10.32	11.69
Tierra acumulada en batey (t)	1 442	912

Se trasladaron 530 t menos de tierra, piedra y residuos agrícolas hacia el patio del ingenio, debido a que se contaminó en menor magnitud la materia prima durante el proceso de cosecha y alza, lo que significó menos impurezas en la industria, que causan deterioro y desgaste de los molinos, pérdidas de pol en la cachaza adicional formada y pérdida de azúcar asociada al lavado de la caña (5); también afectan el recobrado de azúcar (6).

Por tal motivo, disminuyó la cachaza acumulada y la cantidad de miel final, todo lo cual implicó más pureza del jugo mezclado, mayor eficiencia en fábrica y rendimiento en azúcar físico. De manera similar, la entrada de piedras al ingenio disminuyó, reflejado esto en la disminución del tiempo perdido por el efecto de esa impureza, lo que permitió incrementar la masa de caña molida cada día.

Los resultados indican la conveniencia de utilizar los contenedores en la cosecha del cultivo en la zona de influencia del ingenio.

Estudio sobre el uso de contenedores para disminuir el porcentaje de materias extrañas durante la zafra 2007/2008. Algunos estadígrafos de las poblaciones de impurezas de las muestras evaluadas se presentan en la Tabla II.

En todos los casos, los valores de asimetría típica y curtosis se encontraron dentro de -2 y +2, rango exigido para considerar que los elementos de una población se distribuyen acorde a la distribución normal.

La contaminación por residuos agrícolas resultó mayor cuando se utilizó el contenedor ecológico (Tabla III), aunque en ambos casos, los porcentajes fueron bajos y se encontraron entre los límites permitidos por la fábrica, para influir de forma mínima en el recobrado del proceso fabril.

Tabla II. Resumen estadístico de las poblaciones de porcentajes de impurezas según el tipo de contenedor utilizado para facilitar el alza mecanizada de la caña durante la zafra 2007/2008, ingenio San Miguelito, Veracruz, Méjico

Estadígrafo	Residuos agrícolas		Tierra y piedras		Total de impurezas		
	Ecológico	Metálico	Ecológico	Metálico	Ecológico	Metálico	Sin contenedor
Frecuencia	15	11	15	11	15	11	9
Media	1.58	1.09	0.19	0.13	1.77	1.22	3.68
Varianza	0.27	0.14	0.04	0.02	0.41	0.18	0.16
Desviación típica	0.52	0.38	0.20	0.12	0.64	0.42	0.40
Mínimo	0.75	0.68	0.01	0.01	0.85	0.68	2.82
Máximo	2.52	1.61	0.70	0.43	3.02	1.81	4.10
Asimetría típica	0.24	0.34	1.99	1.60	0.98	0.01	-1.38
Curstosis tipificada	-0.14	-1.34	1.30	1.27	-0.06	-1.16	0.95

Tabla III. Comparación de estadígrafos de las dos poblaciones de impurezas provocadas por la presencia de residuos agrícolas según el tipo de contenedor utilizado en la cosecha durante la zafra 2007/2008, ingenio San Miguelito, Veracruz, Méjico

Estadígrafo	Estadístico calculado	Valor p?0.05
Desviación típica	F = 1.843	0.334 NS
Media	t = 2.617	0.015**
Mediana	W = 32.5	0.101**

Una causa que pudiera explicar este comportamiento es el hecho de que, en ambos casos, el cosechador tiene que formar el bulto de caña sobre los contenedores, donde el metálico queda más separado del suelo que el ecológico, lo que permite lograr una mayor limpieza de la materia prima, al levantarla para depositarla sobre el primero. Unido a esto, el alza mecanizada dista también más del suelo, cuando el bulto se encuentra sobre el contenedor metálico. Sin embargo, en la contaminación con piedras y tierra, ambos contenedores mantuvieron un comportamiento similar (Tabla IV).

Tabla IV. Comparación de estadígrafos de las dos poblaciones de impurezas provocadas por la presencia de tierra y piedras según el tipo de contenedor utilizado en la cosecha durante la zafra 2007/2008, ingenio San Miguelito, Veracruz, Méjico

Estadígrafo	Estadístico calculado	Valor p?0.05
Desviación típica	F = 2.47187	0.154NS
Media	t = 0.8801	0.387 NS
Mediana	W = 72.0	0.598 NS

Estos agentes contaminantes dependen casi por entero del alza mecanizada, por lo que conformar bultos de caña separados del suelo minimiza su presencia y su movimiento hacia la fábrica. La ventaja del uso de los contenedores quedó demostrada, cuando se compararon las impurezas totales medidas, con y sin la utilización de estos (Tabla V).

Tabla V. Comparación entre el uso de los contenedores y la ausencia de estos para el alza mecanizada de la caña de azúcar durante la zafra 2007/2008, ingenio San Miguelito, Veracruz, Méjico

Uso de contenedor	Frecuencia	Media	Docimación
Sin contenedor	9	3.68	a
Ecológico	15	1.77	b
Metálico	11	1.22	c

La cantidad de impurezas llevadas a la fábrica se triplicó cuando no se utilizó algún tipo de contenedor. Nuevamente, el contenedor metálico garantizó una menor contaminación con impurezas.

Ambos tipos de contenedores presentan ventajas y desventajas para su uso. Entre las ventajas que presenta el uso de cualquiera de ellos en campo se encuentran: la reducción de la cantidad de piedras y tierra durante el alza mecanizado; se evita el arranque de cepas por el operador de la alzada, prolongando su vida útil y manteniendo el rendimiento en campo; las alzadoras trabajan con menos desgaste al reducir esfuerzo y, por consecuencia, se ahorra combustible, lubricantes y mantenimiento; la capa arable del suelo se conserva mejor, al evitar el arrastre de la tierra por el operador de la alzada; se reduce la caña tirada en campo después de la cosecha; la calidad de la materia prima entregada a la fábrica se mejora; mientras que en la fábrica, la molienda es más constante y uniforme al no tener que procesar piedras y tierra; se reducen los costos de mantenimiento tanto en reparación como en zafra; se reducen los tiempos perdidos; se incrementa la eficiencia en molinos; se reducen los volúmenes de cachaza y, por tanto, se incrementa el porcentaje de pol recuperable; se utilizan menos productos químicos para precipitar impurezas, entre otras.

Los contenedores ecológicos presentan como desventajas fundamentales que cuando las temperaturas son muy elevadas, especialmente en el tercer tercio de la zafra, la caña se quema totalmente, dificultando el amarre de los bultos por falta de ataderos; cañas con poco desarrollo dificultan la conformación de la pila de caña para el alza mecanizada; en terrenos accidentados con pendientes

fuertes, se limita la realización de esta práctica; en superficies con piedras grandes y frecuentes (rocas) no se recomienda esta medida operativa. Estas desventajas se pueden superar utilizando los contenedores metálicos, los que presentan como desventajas: altos costos, movimientos constantes entre frentes de corte, reparaciones periódicas y extravíos sistemáticos.

El uso de contenedores, tanto el ecológico como el metálico según sea el caso, propicia una disminución de la cantidad de impurezas, que llega al patio del ingenio y a la fábrica misma, garantizándose un proceso fabril más eficiente. La selección de uno u otro dependerá de las condiciones ambientales donde se coseche y de una valoración económica.

REFERENCIAS

1. Enríquez, R. V.; Castillo, M. A.; Rodríguez, L. D. A. y Gómez, J. I. Calidad de la materia prima en la caña de azúcar. Temas Selectos II (en Prensa). Universidad Veracruzana. 2009.
2. Norato, R. J. y Buendía, M. R. Impacto del uso de contenedores ecológicos en la cosecha de la caña de azúcar en el Ingenio San Miguelito. Memorias del XXXI Congreso ATAM. Veracruz, México. 2008.
3. Gómez, I. Contribución al manejo agronómico para la producción sostenible de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en el ingenio Central Motzorongo. Tesis Dr. en Ciencias Agrícolas. UNAH, MINAZ, 2010, 98 p.
4. Toledo, E.; Cabrera, A.; Leyva, A. y Pohlan, J. Estimación de la producción de residuos agrícolas en agroecosistemas de caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 3, p. 17-21.
5. Kingston, G.; Meyer, J. H.; Garside, A. L.; Ng Kee Kwong, K. F.; Jeyabal, A. y Korndörfer, G. H. Better management practices in sugarcane fields. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* (26th ISSCT Congress), 2007, vol. 26, p. 3-20.
6. Núñez, O. y Spaans, E. Evaluation of green cane harvesting and crop management with a trash-blanket. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* (26th ISSCT Congress), 2007, vol. 26, p. 131-142.

Recibido: 29 de septiembre de 2010

Aceptado: 4 de octubre de 2010

¿Cómo citar?

Herrera Solano, Agustín; Milanés Ramos, Nelson; Ordoñez Barahona, Pedro; Castillo Morán, Adolfo.; Enríquez Ruvalcaba, Vidal y Heredia Espejo, Cutberto. Materia prima más limpia en el ingenio San Miguelito con el uso de contenedores en la cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Cultivos Tropicales*, 2011, vol. 32, no. 1, p. 49-53. ISSN 0258-5936