

## Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México

Hipólito Ortiz Laurel<sup>1§</sup>, Sergio Salgado García<sup>2</sup>, Mepivoseth Castelán Estrada<sup>2</sup> y Samuel Córdova Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campus Córdoba. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348. Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. Tel: 2717166000. <sup>2</sup>Campus Tabasco. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Per. Carlos A. Molina s/n, km 3.5. H. Cárdenas, Tabasco. C. P. 86500. México. Tel: 9373724099. salgados@colpos.mx, mcastelan@colpos.mx, sacorsa\_1976@colpos.mx. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: hlaurel@colpos.mx.

### Resumen

La quema de los cañaverales predomina en la cosecha de la caña de azúcar tanto manual como mecánica. Ésta técnica de quema genera problemas de carácter ambiental, económico, tecnológico y social, por lo que urge impulsar la cosecha de caña “cruda” y simultáneamente introducir tecnologías y metodologías para el manejo y uso rentable y sustentable de los residuos de cosecha. En las pocas zonas de cosecha total mecanizada de caña “cruda”, los residuos llegan a representar hasta 26% del rendimiento equivalente de caña, aunque aún persiste su eliminación total por la quema después de la cosecha y, poco volumen es colectado y usado como forraje. Por lo anterior, es por demás importante que las prácticas agronómicas se realicen considerando las necesidades de la cosecha de caña cruda, tanto manual como mecánica ya que las prácticas agronómicas contrarias a ese propósito no pueden del todo ser excluidas, únicamente al mejorar el diseño de la cosechadora o a las prácticas de cosecha. Se concluye que la implementación de la cosecha de caña verde tiene el potencial de reducir el impacto de la quema de los cañaverales sobre el ambiente, la salud pública y las condiciones de vida de los pobladores que sufren de los efectos del humo y las cenizas generados por la quema. Se han conseguido varias ventajas de la cosecha de la caña verde en las operaciones de extracción de azúcar del ingenio, entre las que se pueden mencionar; mayor recuperación de azúcar por unidad de área de terreno, mejor manejo de las operaciones de cosecha y una reducción en la cantidad de unidades de transporte. Entre las principales desventajas, se tiene una mayor cantidad de materia indeseable (paja) en la caña cosechada, mayor concentración de ceras, cenizas, polisacáridos y almidones en el jugo extraído, incremento

en la cantidad de melaza, incremento en las perdidas de azúcar por tonelada de caña y disminución en la capacidad de molienda, lo que resulta en un incremento en el costo por unidad de azúcar producida y una mayor concentración de color en el jugo.

**Palabras clave:** caña de azúcar cruda, técnicas de cosecha, productividad de cosecha, rentabilidad de cosecha, manejo de paja.

### Introducción

Al nivel mundial, la caña de azúcar es cultivada en un amplio rango de condiciones topográficas y climáticas y los métodos de cosecha empleados son igual de diversos. En el pasado, las industrias del azúcar en muchos países incluido México, ante la necesidad de mejorar la productividad de la mano de obra y de la maquinaria, las orilló a realizar de manera indiscriminada la quema continua de los cañaverales antes de la cosecha. La industria de la producción de azúcar en México debe mejorar las prácticas agrícolas para mejorar la productividad y rentabilidad a largo plazo del cultivo de la caña de azúcar.

El tipo y cantidad de maquinaria de campo y la infraestructura de la industria fueron determinantes para optar por la selección de la caña quemada como una práctica necesaria previa a la cosecha. La quema del follaje y de la paja de la caña de azúcar es inapropiada en el marco de la sustentabilidad y

la ecología (Mendoza *et al.*, 2001). Por ello, apremia integrar tecnologías y metodologías sustentables de manejo de los residuos de caña dentro y fuera de los campos azucareros.

La adopción de los sistemas de cosecha de caña verde no solo tiene el potencial de incrementar los rendimientos de la caña, también tiende a asegurar una mejora en la sostenibilidad del suelo y al mismo tiempo la protección del ambiente (Gomez *et al.*, 2006; Núñez y Spaans, 2008; Galdos *et al.*, 2009). En la última década del siglo pasado se introdujeron una nueva generación de cosechadoras para la cosecha en verde de la caña de azúcar (Meyer, 2001). Sin embargo, la industria no transitó a la par con este novedoso proceso, lo que significó una barrera para incursionar con mayor decisión en intensificar el uso de esta tecnología. Diversos factores pueden atribuirse a este desánimo, entre los que se encuentran; campos cañeros no adecuados para la introducción de las cosechadoras; variedades de caña no aptas para ser cosechadas con máquina, escasa capacitación de los operadores sobre el manejo eficiente de la tecnología y altos costos de uso de las máquinas.

La práctica de la quema genera problemas de diversa índole (Toledo *et al.*, 2005; Wiedenfield, 2009; França *et al.*, 2012): i) ambientales; contaminación del suelo, aire, agua y masa orgánica; ii) económicos; restringiendo la búsqueda de usos alternativos y rentables para la paja; iii) técnicos; se ha limitado y obstaculizado la generación de tecnología; y iv) sociales; lo que ha impedido generar nuevas oportunidades de negocios y de trabajo.

Por lo anterior, urge instituir reglas más estrictas hacia la operatividad de la quema, incluso llegar al extremo de su prohibición. En concordancia, esas medidas deben sustentarse con soluciones, por un lado, mejorando los ingresos de los cortadores que deciden cosechar caña cruda, así como desarrollar metodologías para el manejo, el destino o uso de los abundantes residuos dejados en el campo (Ortiz *et al.*, 2011). Incluso, es importante determinar la cantidad adecuada de paja que debe permanecer e incorporarse al suelo para mejorar su estructura, fertilidad e incrementar el contenido de materia orgánica. En el aspecto económico, los primeros beneficiados serán los productores cañeros, quienes recibirían un ingreso adicional al que perciben actualmente por su solo rendimiento de tallos molederos quemados.

Respecto al aprovechamiento comercial del residuo y de los procesos que conlleva para colocarlo en un punto de venta, es imprescindible generar en ambos casos una metodología

apropiada y rentable, así como emplear las tecnologías mecanizadas que se encuentran disponibles en el mercado para el manejo de la paja, en función de la cantidad y calidad del material resultante de la cosecha de la caña.

La eliminación de la quema de los cañaverales en los sistemas de manejo del cultivo de la caña de azúcar involucra necesariamente la cosecha de caña verde, la cual puede realizarse tanto manual como mecánicamente y ofrece la oportunidad de desarrollar e implementar tecnologías para el uso de los residuos vegetales (Braunbeck *et al.*, 1999). La cantidad de paja que permanecerá en el terreno o que pueda servir a otros propósitos (tales como alimento animal, fuente de bioenergía, etc.) en diferentes ambientes agroecológicos, dependerá de la variedad de la caña, los niveles de productividad, las fechas de cosecha y la eficiencia de la cosechadora en el corte, levante y limpieza.

Para el corte de la caña de azúcar se practican dos métodos principales de cosecha; el corte manual (caña quemada o cruda) y la cosecha mecánica (caña quemada o cruda) principalmente con equipo autoprolulsado, con diferentes combinaciones (Figura 1). En este último método ha habido intentos de introducir tecnologías motorizadas para el corte de los tallos, que sin embargo, a pesar de haber sido probadas en los terrenos cañeros, éstas no han despertado el interés de productores e industriales aduciendo que ésta no responde a los procedimientos y capacidades de los pequeños predios (Grupo BEMUS, 20120) (Figura 2).



**Figura 1. Métodos de cosecha de la caña de azúcar en México:**  
a) corte manual de caña quemada; b) corte manual de caña verde; c) cosecha mecánica de caña quemada; y d) cosecha mecánica de caña verde.

Aún a pesar de que se realice la cosecha de la caña verde, al final, una vez seco éste es quemado para dejar limpios los campos. En este trabajo se describen las varias ventajas que se le atribuyen al procedimiento de cosecha de caña verde en varios rubros y, el descifrado de los cuestionamientos del porque este proceso no se ha extendido y haya llegado a consolidarse como la técnica común de cosecha de caña verde, así como proponer otras vías para alentar este proceso.

## Materiales y métodos

Grandes avances tecnológicos en la mecanización agrícola han contribuido a incrementar los rendimientos de los cultivos. Por lo que respecta al cultivo de la caña de azúcar este ha mostrado una intensificación del uso de maquinaria en varias operaciones culturales, desde la labranza del suelo hasta la cosecha, particularmente en tecnología para la carga de caña a las unidades de transporte. Sin embargo, la cosecha mecánica continúa como la operación que ha recibido la menor intensificación y los campos cañeros continúan incendiándose para facilitar la cosecha manual.

García (2010) en su informe reporta un inventario de equipo agrícola autopropulsado que tienen registrado 46 de los ingenios azucareros del país, siendo éste: a) el número de tractores es de 4 408, los que varían en el rango de potencia de 55 y hasta 115 hp; b) el número de alzadoras es de 1 784; y c) el número de cosechadoras es de 250. Ahí mismo se concluye que “el campo cañero en conjunto no requiere de mayor número de unidades de maquinaria agrícola (tractores), de cosecha y transporte (alzadora, cosechadora y camiones)”.

En este punto es conveniente precisar que en ese reporte no se indica en alguna parte la edad de ese parque de maquinaria y su estado actual de funcionamiento, cuando se tiene evidencia del deterioro que ya tienen muchos de esos equipos, incluso se tiene reportado la disminución del número de cosechadoras en algunos ingenios, que obedece principalmente a la descapitalización en este rubro.

A pesar de la existencia de máquinas cosechadoras, aun prevalece el corte manual para la cosecha de la caña de azúcar en México. La cosecha mecanizada no se ha extendido debido a factores externos al cultivo, entre los

que se encuentran la fragmentación, tamaño irregular, presencia de rocas y topografía desfavorable de los terrenos, alta disponibilidad de mano de obra, y otros factores socioeconómicos. Pueden distinguirse varios aspectos que impactan el grado de mecanización para el cultivo de la caña de azúcar en los campos cañeros de México, las más importantes son: a) 48% de su extensión se cultiva en superficies con alta pedregosidad y fuertes pendientes; b) 30% se encuentra en superficies inundables y con problemas de heladas y salinidad; c) 70% de superficie es cultivada por productores menores a 4 ha; y d) La superficie susceptible de mecanización total en México es de 22%.



**Figura 2. Equipo motorizado para el corte de tallos de caña de azúcar (Grupo BEMUS, 2010).**

## Cosecha manual de la caña de azúcar

En un ambiente social y político de escasas restricciones ambientales, previo al corte manual de la caña, se incendia el cañaveral para eliminar la mayor parte de follaje seco y así facilitar el acceso de los cortadores. La cosecha consiste en cortar el tallo con machete, desde su parte más baja, se separa el follaje que no es eliminado por la quema (hojas verdes y punta) y se forman pilas con los tallos, usualmente orientados perpendicularmente al sentido de los surcos siguiendo el frente de corte, lo que facilita su levante por un cargador mecánico que los deposita en una unidad de transporte para su traslado al ingenio (Eggieston *et al.*, 2001).

Todo el follaje remanente es dejado sobre el terreno en una orientación similar a la de los tallos, por 2 a 6 días, para su secado, el que depende del orden de trabajo de la cuadrilla de cortadores, para eliminarlos finalmente en una segunda quema. Aún son pocos los casos en que, ese residuo remanente es acomodado manualmente o con equipo mecánico para su hilera a lo largo de los surcos que eventualmente contribuya a mejorar las condiciones de estructura y contenido de materia orgánica, a través de su descomposición y una lenta incorporación al suelo (Graham y Haynes, 2006; Robertson y Thorburn, 2007).

Los defensores de la quema no vacilan en comentar que ésta elimina alrededor del 30 al 50% de material vegetal indeseable (hojas secas y verdes), lo cual constituye aproximadamente 10% del peso total del tallo; que ésta también mata abejas, víboras, escorpiones y arañas; se disminuyen los accidentes con los machetes y en general todo lo anterior incrementa la capacidad de cosecha tanto para la cosecha manual como para las máquinas cosechadoras. Bajo este esquema de cosecha los cortadores llegan a tener un rendimiento de corte de 5 - 8 t jornada<sup>-1</sup>, mientras que las máquinas pueden cortar de 45 a 55 t h<sup>-1</sup>. Argumentándose también que, esta práctica es más confiable para enviar caña más limpia al ingenio.

Regularmente, ha habido intentos de introducir paulatinamente el método de corte manual de caña cruda. Sin embargo; estos previos esfuerzos se han enfrentado a la resistencia de los cortadores, a pesar de que se ha incrementado los beneficios económicos para realizar esta tarea en compensación por la disminución natural de su productividad en el corte. Tradicionalmente, se tienen detectados dos métodos de pago por el corte manual de la caña de azúcar; por un lado, se paga por tonelaje de caña cortada en la jornada de trabajo y su costo varía de ingenio, zona y estado, pudiendo encontrarse en caña quemada un rango de \$ 30.00 a \$ 42.00 t<sup>-1</sup>, mientras que en caña cruda fluctúa de \$ 5.50 a \$ 67.00 por tonelada.

El segundo caso, se refiere al pago por m<sup>2</sup> cubierto de corte y similarmente para el corte de caña quemada se tienen rangos de costo desde \$ 0.3 a \$ 0.4 m<sup>-2</sup>, mientras que para caña cruda varían desde \$ 0.35 a \$ 0.5 m<sup>-2</sup>.

### Cosecha mecánica de la caña de azúcar

La generalización de la cosecha de caña de azúcar en trozos invariablemente resulta en alcanzar un compromiso entre conseguir niveles "aceptables" de paja y de restos de hojas

adheridos en la caña cosechada y que al mismo tiempo se alcance un control "aceptable" de las pérdidas de caña por los sistemas de limpieza de la cosechadora.

Generalmente y sólo bajo excelentes condiciones de campo, una característica propia de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar es el alto nivel de paja y restos de hojas adheridos a los trozos. Aunque este material impacta directamente en la capacidad de molienda, también tiene un efecto significativo adverso sobre la calidad y cantidad de obtención de azúcar. Cualquier incremento en la agresividad de los sistemas de limpieza de la cosechadora, por encima de los niveles óptimos de funcionamiento resulta en pérdidas adicionales de cosecha y en condiciones adversas de campo puede aún resultar en niveles indeseables de paja y restos de hojas en la caña suministrada al ingenio (Wood *et al.*, 1972; Saska *et al.*, 2009).

Los usos inmediatos y más frecuentes de los residuos de cosecha de la caña verde son: a) cobertura sobre el terreno; b) combustible ecológico; y c) alimento animal (Purchase *et al.*, 2008).

Asimismo, es importante orientar a los productores cañeros sobre la conveniencia de establecer parámetros agronómicos que faciliten la introducción de los equipos, como son; tamaño de surcos, nivel de aporcaldo y grado de labores culturales, las cuales coadyuven a mantener sus especificaciones de funcionamiento (Smit *et al.*, 2001).

Es esencial una estrategia integrada para la industria dirigida a adoptar innovaciones que coadyuven a mejorar en lo general la productividad y las eficiencias (Solomon, 2009). Otras áreas de interés son; la selección de variedades de caña "amigables" para la cosecha mecánica y la mejora en la configuración de los "minúsculos" campos cañeros para optimizar el funcionamiento y eficiencias de la cosechadora.

Mucho se ha mencionado sobre la necesidad del acceder al uso de una máquina cosechadora de caña de azúcar, pero relativamente muy poco o nada de atención se le ha dado al tamaño de los trozos de caña (Saska *et al.*, 2009). La simple longitud de este elemento impacta en la calidad, que afecta directamente al procesamiento del material, la deterioración de la caña, las pérdidas invisibles y la densidad de carga de las unidades de transporte.

## Resultados y discusión

### Ventajas de cosechar mecánicamente la caña de azúcar

De la anterior revisión y a través de consulta directa con operadores de maquinaria de cosecha, cortadores, productores y personal técnico de campo que tiene bajo su responsiva las áreas de producción y participa en la programación de los lotes de corte, es posible concentrar los siguientes factores como ventajas de este método de y el desglose de sus descripciones:

#### I. Entrega de caña más fresca al ingenio

- a) En caña sin quemar se reduce el tiempo entre el corte y el traslado de la misma al ingenio.
- b) Se minimizan las pérdidas de sacarosa ya que la caña no se degrada tan rápidamente.
- c) En caña quemada se reduce también el tiempo entre la quema y el traslado de la caña al ingenio, ya que la productividad de las máquinas se incrementa.
- d) En el corte manual es necesario esperar a que termine el corte del campo asignado de la caña para iniciar la carga y transporte de la misma.
- e) La cosecha mecanizada permite cosechar las 24 h del día.

#### II. Menor costo por tonelada cosechada

- a) En algunos ingenios se ha reducido el costo por tonelada cosechada mecánicamente hasta 20% respecto al costo por tonelada cosechada de forma manual.
- b) Se reduce el costo de administración de personal, ya que dos operadores y un encargado de la cosechadora hacen el trabajo equivalente de 80 a 100 cortadores de caña.
- c) Eliminación del destronque (quitar el tronco de la caña que usualmente deja el cortador).
- d) Se eliminan todos los gastos relacionados con el manejo de 80 a 100 cortadores.

#### III. Simplicidad y control de la operación de cosecha

Se programa adecuadamente la cosecha ya que depende de solo dos operadores y un encargado de mantenimiento, quienes cosecharán el equivalente de 80 a 100 cortadores diariamente.

### V. Seguridad en la cosecha y entrega de caña

- a) No se presentan problemas de entrega de caña los fines de semana y días feriados.
- b) Se mantiene un suministro continuo de caña durante toda la zafra.

### V. Mejora en el transporte de caña

La caña cosechada mecánicamente en trozos es más densa que la caña entera, especialmente cuando ésta última no es recta. En muchos de los casos, las unidades de transporte de caña verde trasladan un mayor tonelaje de caña.

### VI. Facilita el proceso de extracción de azúcar del Ingenio

- a) La caña cosechada mecánicamente llega trozada al ingenio lo que reduce el consumo de potencia en las cuchillas del conductor principal.
- b) La caña trozada fluye más fácilmente en la mesa de alimentación y a través del conductor principal.
- c) Se utiliza una menor cantidad de agua para lavar la caña trozada.
- d) Se elimina la posibilidad de que lleguen piedras, troncos u otros objetos indeseables al ingenio, muchos de estos son levantados por las cargadoras.

### VII. Protege el medio ambiente

- a) La cosecha de caña en verde, evita la quema de la misma con los siguientes beneficios ambientalesEvita el daño de la flora y la fauna.
- b) Reduce el calentamiento global.
- c) Permite la incorporación de materia orgánica (residuo vegetal) al suelo.
- d) Evita la erosión al dejar los residuos sobre el suelo.
- e) En el corto plazo se reducen los gastos de la fertilización.
- f) Mejora la textura del suelo.
- g) Conserva la humedad del suelo.
- h) Se evitan los incendios accidentales en los campos de cultivos adyacentes.

La cosecha mecanizada de caña de azúcar cruda representa una gran oportunidad de reducir costos, de hacer más eficiente la operación de cosecha y entrega óptima de caña al ingenio,

hacer más rentable la operación de transporte y minimizar los impactos negativos al medio ambiente contribuyendo con la productividad de los ingenios y conservando el patrimonio de las familias cañeras de México.

Una vez generalizado y perfeccionado este proceso en las áreas donde pueda ser posible su introducción, será posible elaborar estrategias operativas, desarrollar nuevas tecnologías para el cultivo de la caña de azúcar y generar metodologías de manejo integrales en función del destino final del cultivo o sus subproductos.

### **Manejo de los residuos de cosecha de la caña de azúcar**

En el proceso productivo de los cultivos, la generación es un efecto inherente, en el que la caña de azúcar no es ajena. Aunque en cada cultivo se siguen diferentes estrategias para manejar, disponer o tratar a esos residuos, depende de su rentabilidad económica. El proceso que aún predomina, tanto en la cosecha mecánica como en la manual de la caña de azúcar, es quemar estos residuos. Los residuos vegetales de la caña de azúcar comprenden las hojas verdes, hojas secas, la corona terminal (punta), algo de caña aún sin madurar y en algunos casos los restos del destronque.

Aparentemente, la sencillez y rapidez con la que se realiza esta tarea se presume que el propósito final de esta actividad es eliminar todo residuo vegetal del cultivo sobre el terreno. La persistencia de este modelo impide adoptar medidas cautelares, desde mejorar metodologías de incorporación de este material en el suelo, hasta evaluar y desarrollar tecnología mecánica que coadyuve a planear prácticas sustentables de manejo de la paja (Figura 3).



**Figura 3. Colecta de residuos de cosecha de caña de azúcar cruda: a) corte manual; y b) cosecha mecánica.**

La productividad de tallos molederos y la cantidad de residuos están en función de las variedades, edad y manejo cultural de la caña, las diferentes regiones de producción y la estación del año en que se cosecha. La paja de la caña de azúcar puede considerarse un co-producto del endulzante, que sin embargo, su gran volumen y baja densidad dificulta establecer estrategias rentables y viables para realizar una colecta satisfactoria, que permita definir el uso o destino de éstos una vez extraídos del campo. Estudios recientes han mostrado que en cosecha mecanizada de caña verde, el rendimiento promedio de paja seca es de  $18.2 \text{ t ha}^{-1}$  (Gómez *et al.*, 2010).

En numerosos foros se ha cuestionado la continuidad de la práctica de la quema del cañaveral. Incluso, cuando existe evidencia de que la paja de la caña es una piedra en bruto de un potencial nicho de negocio (similar al de otros residuos agrícolas secos, como la paja de maíz, de cebada, de sorgo), ya sea al comercializarlo directamente (en volumen) y usarlo como fuente generadora de energía (complementar con el bagazo como combustible en las calderas de los ingenios) o transformándolo para agregarle valor; elaborando complementos de alimentación animal o briquetas compactas.

La retención de la humedad por el suelo debido a los residuos de la caña después de la cosecha es considerada como uno de los factores que contribuye a conseguir mayores rendimientos en las áreas donde la precipitación es escasa durante parte del ciclo de crecimiento de la caña. Asimismo, la tasa de descomposición de la material orgánica se ha acelerado significativamente por la aplicación de un rociado superficial de pequeñas cantidades ( $1.5$  a  $3 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de nitrógeno. Esas observaciones se han acompañado con un incremento en producción (90%) y disminución de los costos de producción (25%). Ante este panorama, es por demás importante cuantificar estrictamente esas observaciones, identificando los procesos relevantes involucrados y así innovar el sistema de cultivo de la caña de azúcar actual en México.

### **Conclusiones**

Para promocionar la cosecha de caña de azúcar cruda en México, urge instituir reglas más estrictas respecto a la libertad con que se realiza la quema de los cañaverales, incluso proponer su prohibición. En concordancia, estas medidas deben estar acompañadas de soluciones acerca del manejo, el destino o uso de los abundantes residuos dejados

en el campo. Asimismo, estimar la cantidad de paja que debe incorporarse para mejorar el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo.

La cosecha de caña verde tanto manual como mecánica ofrece la oportunidad de desarrollar nuevas tecnologías, así como avanzar significativamente en la productividad y rentabilidad. Asimismo, existen retos y oportunidades reales para desarrollar nuevas tecnologías para explotar la planta de caña de azúcar a su máximo potencial, como pueden ser los usos alternativos para la caña y los residuos.

Simultáneamente, deben conducirse investigaciones para determinar el grado de compactación que producirá sobre el suelo irremediablemente por el paso de los equipos y así, establecer métodos para su atenuar sus efectos, por ejemplo; estrategias de tráfico controlado, así como su impacto sobre el desarrollo de los renuevos en las cepas.

## Literatura citada

- Braunbeck, O.; Bauen, A.; Rosillo-Calle, F. and Cortéz, L. 1999. Prospects of green cane harvesting and cane residue use in Brazil. *Biom. Bioenergy.* 17(6):495-506.
- Eggieston, G.; Legendre, B. and Richard, C. 2001. Effect of harvest method and storage time on sugarcane deterioration 1: cane quality changes. *International Sugar J.* 103(1232):331-338.
- França, D de Azevedo.; Longo, K. M.; Gomes Soares, N. T.; Santos, J. C.; Freitas, S. R.; Rudorff, B. F. T.; Vieira Cortez, E.; Anselmo, E. and Andrade Carvalho, Jr. J. 2012. Pre-harvest sugarcane burning: Determination of emission factors through laboratory measurements. *Atmosphere.* 3:164-180.
- Galdos, M. V.; Cerri, C. C. and Cerri, C. E. P. 2009. Soil carbon stocks under burned and unburned sugarcane in Brazil. *Geoderma.* 153:347-352.
- Gomez, J.; Chapple, G. and McDonald, L. 2006. Ag48 sugar losses in burnt and green cane harvesting in Argentina. SRDC project CSR032. Proceedings of the ASSCT. Ag48. 8 p.
- Graham, M. H. and Haynes, R. J. 2006. Organic matter status and the size, activity and metabolic diversity of the soil microbial community in the row and inter-row of sugarcane under burning and trash retention. *Soil Biol. Biochem.* 38(1):21-31.
- Grupo Bemus. 2010. Cosechadora de caña BENASSI® - Mod. FC-210-3VS-HD. Manual de funcionamiento y evaluación de campo. 40 p.
- Mendoza, T. C.; Samson, R. and Helwig, T. 2001. Evaluating the many benefits of sugarcane trash farming systems. *Philippine J. Crop Sci.* 27(1):43-51.
- Meyer, E. 2001. The performance of machinery for mechanical harvesting and loading of sugarcane. *Proceedings of the South African Technologist's Association.* 75:43-45.
- Núñez, O. y Spaans, E. 2008. Evaluation of green-cane harvesting and crop management with a trashblanket. *Sugar Tech* 10(1):29-35.
- Ortiz, L. H.; Salgado, G. S. y Aranda, I. E. M. 2011. Efectividad de la recuperación de residuos de cosecha de la caña de azúcar con equipo mecánico. *Memorias de la XXXIII Convención de la Asociación de Técnicos Azucareros de México (ATAM).* Veracruz, México. 8 p.
- Purchase, B. S.; Wynne, A. T.; Meyer, E. and Van Antwerpen, R. 2008. Is there a profit in cane trash? Another dimension to the assessment of trashing versus burning. *Proceedings of the South African Technologist's Association.* 81:86-99.
- Robertson, F. A. and Thorburn, P. J. 2007. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. *Soil Res.* 45(1):13-23.
- Saska, M.; Goudeau, S. L.; Dinu, I. and Marquete, M. 2009. Determination of sucrose loss in storage of clean unburnt billet cane. *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists.* 29:53-77.
- Smit, M. de L.; Coetsee, M. F. and Davis, Seh. 2001. Energy expenditure and economy of movement of sugarcane cutters in burnt and green cane. *Proceedings of the South African Technologist's Association.* 75:46-50.
- Solomon, S. 2009. Post-harvest deterioration of sugarcane. *Sugar Tech.* 11(2):109-123.
- Toledo, T. E.; Pohlan, H. A. J.; Gehrke, V. M. R. and Leyva, G. A. 2005. Green sugarcane versus burned sugarcane- results of six years in the Soconusco region of Chiapas, Mexico. *Sugar Cane International.* 23(1):20-27.
- Wiedenfeld, B. 2009. Effects of green harvesting vs burning on soil properties, growth and yield of sugarcane in south Texas. *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologists.* 29:102-109.
- Wood, R. A.; Du Toit, J. L. and Bruijn, J. 1972. Deterioration losses in whole stalk sugarcane. *Proceedings of The South African Sugar Technologist's Association.* 151-157 pp.