



EL MISIONERO DEL AGRO

LA COSECHA VERDE DE CAÑA DE AZÚCAR, UN
RETO TECNOLÓGICO VIABLE

THE GREEN HARVEST OF SUGAR CANE, A
VIABLE TECHNOLOGICAL CHALLENGE

Universidad Agraria del Ecuador
Facultad de Ciencias Agrarias

Autor: Dr. Armando Vega Rivero
Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agrícolas,
Profesor de La Universidad Agraria del Ecuador

avega@uagraria.edu.ec

Fecha de presentación: 8/septiembre/2015
Fecha de aceptación: 30/noviembre/2015

LA COSECHA VERDE DE CAÑA DE AZÚCAR, UN RETO TECNOLÓGICO VIABLE

THE GREEN HARVEST OF SUGAR CANE, A VIABLE TECHNOLOGICAL CHALLENGE

Autor: Dr. Armando Vega Rivero
Ingeniero Agrónomo, Doctor en Ciencias Agrícolas,
Profesor de La Universidad Agraria del Ecuador

avega@uagraria.edu.ec

RESUMEN

Se analizan las tendencias actuales y probable futuro de las alternativas de cosecha mecanizada quemada y verde en el cultivo de la Caña de Azúcar, revisando criterios diferentes y en ocasiones opuestos, donde las presiones sociales, y las exigencias de comunidades y gobiernos, se contraponen a las ventajas económicas y operativas de productores agrícolas e industriales azucareros. Se hacen referencias a la situación de la costa Ecuatoriana, donde se concentra el 80% de la producción de caña de azúcar del país y del ineludible tránsito hacia la cosecha verde y mecanizada de la caña de azúcar, en contraste con la práctica tradicional actual, todavía preponderante, de la cosecha quemada, sea manual o mecanizada. Se resumen las limitaciones y fortalezas de cada alternativa desde diferentes ángulos y finalmente se hace una propuesta de compromiso tecnológico donde las investigaciones y en primer lugar el mejoramiento genético juegan un papel protagónico en la creación de genotipos con características morfológicas y fisiológicas que permitan disminuir las limitaciones que la cosecha mecanizada en verde.

Palabras claves: Caña de azúcar, quema, cosecha verde, mejoramiento genético.

ABSTRACT

Reviews the current status of the trends and likely future of the alternatives of mechanized harvest burned and green in the cultivation of sugar cane, checking opposite criteria where social pressures, and the demands of communities and governments are opposed to the cost and operational benefits of agricultural producers and sugar industries. References are made to the situation of the Ecuadorian coast, where concentrates 80% of cane sugar production of the country and of the unavoidable transition to the green and mechanized harvest of sugar cane, in contrast with the current traditional practice, still preponderant, harvest burned, either manually or machined. Summarizes the limitations and strengths of each alternative from different angles and finally there is a proposal for technological commitment, where the research and in first place on genetic improvement, play a leading role in the creation of genotypes with morphological and physiological characteristics that would make it possible to reduce the limitations that the mechanized harvest in green.

Keywords: Sugarcane, burning, green harvest, genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

En todos los países que cultivan la caña de azúcar con fines comerciales existen peculiaridades en los métodos de cultivo y cosecha permeados por las características de cada región (Cárdenas, 1995). Aspectos tan disímiles como la cultura, la infraestructura vial, los factores socioeconómicos y las características edafoclimáticas y ambientales en general imprimen su impronta en cada caso.

El paso paulatino del corte manual al mecanizado en la totalidad de los países cañeros, ha enfrentado el reto del aumento de las pérdidas en la cosecha y por consiguiente, una merma en el rendimiento de caña molible. Sin embargo a pesar de este reto y de su peso económico en las decisiones gerenciales, las áreas destinadas a la cosecha mecánica se han incrementado, (Ortiz, Salgado & Castelán 2012), especialmente por la carencia y/o costo de la fuerza manual.

Muchas investigaciones y en especial las más

recientes, ofrecen resultados consistentes en cuanto al daño ambiental y humano causado por la práctica de la quema, pero contradictorios y en su mayoría justificativos de esa tecnología desde la óptica meramente práctica y económica. No obstante la quema previa de los cañaverales continúa siendo la tecnología predominante, (Ortiz, Salgado & Castelán, 2012).

Las presiones sociales, y obviamente las exigencias cada vez superiores de la comunidad internacional y gobiernos, hacen ineludible el tránsito hacia la cosecha verde y mecanizada de la caña de azúcar.

A través de este análisis se persigue visualizar variantes tecnológicas viables y aplicables y el redireccionamiento de algunas investigaciones con la finalidad común de reducir los inconvenientes tecnológicos, productivos y económicos de la cosecha mecanizada verde y permitir su adopción mayoritaria.

MÉTODOS

Tecnología de cosecha con caña quemada vs cosecha con caña verde

Se realiza una revisión de la literatura sobre el tema y a partir de ella y la experiencia personal de tecnólogos dedicados a la cosecha en países como Cuba, México y Brasil, se sistematizaron las ideas referentes a los aspectos más significativos de estas dos variantes de cosecha, verde y quemada, con características y consecuencias diferentes, que permean y en ocasiones condicionan el resto del manejo del cultivo.

Han existido métodos combinados o intermedios entre la cosecha manual y

la mecanizada, comúnmente llamados semimecanizados con corte mecánico y alza manual o viceversa y son viables aún en predios pequeños o para condiciones topográficas desfavorables.

La opción de la tecnología de la quema de los cañaverales, previo a la cosecha, fue una consecuencia de la infraestructura y tecnología industrial, la maquinaria y la tecnología agrícola y en menor medida, de la protección de los cortadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rípoli (2000) en Brasil ha señalado como deficiencias (especialmente ambientales) del sistema de cosecha quemada en la caña de azúcar, los siguientes:

1. Incremento de la contaminación del aire.
2. Destrucción de los microorganismos de las capas superficiales del suelo.
3. Pérdida de materia orgánica que puede ser incorporada al suelo para mejorar sus condiciones.
4. Dificultad en el uso de controles biológicos.
5. Incremento de los niveles de ozono en la baja atmósfera y del monóxido de carbono.

En las condiciones de México, Ortiz, Salgado & Castelan, (2012) han señalado las ventajas que se obtienen de la cosecha de la caña verde en las operaciones de extracción de azúcar del ingenio, mencionando: el incremento en la recuperación de azúcar por unidad de área, mejor manejo de las operaciones de cosecha y el impacto favorable en 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. Señalan como las principales desventajas, 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 pérdidas 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.

La quema además de provocar contaminación ambiental, dificulta la filtración y clarificación de los jugos, incrementando las incrustaciones en los calentadores y evaporadores como afirman Cuellar, León, Gómez, Piñón & Villegas, (2003).

Es conocido que las pérdidas de sacarosa están asociadas a productos indeseados como la dextrana que se produce por deterioro de la caña al incrementarse el tiempo transcurrido entre la quema y el corte y entre este y la molienda como han observado también Cerutti, Diez & Cárdenas (2000).

Los azúcares reductores deben mantenerse estables en el proceso azucarero, su incremento es sinónimo de desdoblamiento de sacarosa y su disminución significa formación de sustancias extrañas que alteran la acidez y el color.

En Argentina, Terán, Sopena & Mariotti (2008) señalaron como los aspectos negativos más importantes en cuanto al cultivo bajo cobertura, que habría que asumir al suprimir la quema de los cañaverales antes de la cosecha y la mala práctica de la quema de residuos en el corte verde.

Riesgos de quema accidental.

Retardo en la tasa y velocidad de rebrote.

Dificultades operativas para labranza, fertilización e incorporación de herbicidas pre-emergentes.

En Ecuador

Según CINCAE (2014) en Ecuador se cosechan anualmente unas 81,000 ha para producción de azúcar y etanol. Otras 50,000 ha se destinan para producción de panela y alcohol artesanal. Se estima que más de 30 mil empleos directos representan la industria azucarera.

Bernal y Contreras (2006) al comparar las pérdidas ocurridas por el tiempo transcurrido entre el corte y la molida en caña verde y quemada, confirmaron como se señala en la literatura internacional que esta última se deteriora a más velocidad que la verde con una pérdida en rendimiento agrícola de más del 6% a las 48 horas, contra el 4.8% en la caña verde. Los azúcares reductores aumentan y la pureza disminuye.

Desde el año 2009, la cosecha mecanizada de la caña de azúcar se ha incrementado significativamente en el Ingenio San Carlos (ISC). Hasta el 2008 el porcentaje del área propia del ingenio cortada con cosechadoras era alrededor del 20% y el 80% con corte manual. A partir del año 2009, la cosecha mecanizada se ha incrementado, llegando en la zafra 2012 al 76 % de los canteros propios del ingenio, aunque con un 13% de pérdidas como han señalado David Palomeque 1 (2013).

Estos mismos autores señalaron que al evaluar las producciones por tipo de corte se pudo observar que la cosecha mecanizada lleva en promedio 13% menos caña molible

del campo que la cosecha manual. Esta diferencia es significativamente perjudicial si consideramos que el 13% de las inversiones realizadas sobre el cultivo no tienen respuesta al constituir caña que se pierde en el campo en el momento de cosechar.

(Palomeque D., 2013) en Ecuador ha aportado elementos en que señalan que es posible a través de la regulación de la velocidad de los extractores de las cosechadoras, reducir la cantidad de materia extraña, especialmente hojas y las pérdidas invisibles (pérdidas compuestas por jugo y tallos pulverizados). No se encontraron diferencias entre la cantidad de desperdicios de caña en campos cosechados a máquina o a mano (< 0.5 TCH) (Norris, 2011).

Estudios realizados en Australia (Sugar Research and Development Corporation SRDC, 2004), determinaron que las cosechadoras generan trozos minúsculos de caña por los múltiples cortes que el tallo sufre dentro de la máquina, y que luego son expulsados como materia extraña (ME) por el extractor primario.

Generalizando las etapas del desarrollo tecnológico del cultivo a partir de la información estudiada se estimó la evolución de las tecnologías de la cosecha en el tiempo, la cual se representa en la figura 1, salvando las diferencias culturales, condiciones socioeconómicas, otros factores del área geográfica y la época.



Fig. 1. Evolución cronológica general de las tecnologías de cosecha en la caña de azúcar

Los factores ventajosos de la cosecha mecanizada para Ortiz, Salgado & Castelan (2012) se puede agrupar de la siguiente manera:

1. Entrega de caña más fresca al ingenio
 - a. Se reduce el tiempo entre el corte y el traslado de la misma al ingenio.
 - b. Se minimizan las pérdidas de sacarosa por degradación de la caña.
 - c. No es necesario esperar a terminar el corte para cargar transportar.
 - d. Permite cosechar las 24 h del día.
2. Menor costo por tonelada cosechada
 - a. Reducido el costo por tonelada cosechada mecánicamente hasta 20%.
 - b. Reducción del costo de administración de personal.
 - c. Eliminación del destronque.
 - d. Se eliminan todos los gastos relacionados con el manejo de 80 a 100 cortadores.
3. Simplicidad y control de la operación de cosecha.
4. Seguridad en la cosecha y entrega de caña.
5. Mejora en el transporte de caña.
 - a. La caña cosechada mecánicamente en trozos es más densa que la caña entera, especialmente cuando ésta última no es recta.
6. Facilita el proceso de extracción de azúcar del Ingenio.
 - a. La caña llega trozada al ingenio y reduce el consumo de potencia.
 - b. La caña trozada fluye mejor (mesa de alimentación y 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.
7. Protege el medio ambiente
 - a. Evita la quema de la misma con los siguientes beneficios ambientales.
 - b. Evita el daño de la flora y la fauna.
 - c. Reduce el calentamiento global.
 - d. Permite la incorporación de materia orgánica (residuo vegetal) al suelo.
 - e. Evita la erosión al dejar los residuos sobre el suelo.
 - f. En el corto plazo se reducen los gastos de la fertilización.
 - g. Mejora la textura del suelo.
 - h. Conserva la humedad del suelo.

En Argentina en el 2007 la ley 7.873 emitida en San Miguel de Tucumán Teran, Sopena & Mariotti, (2008) dice textualmente "Prohíbese a todos los ingenios recibir caña de azúcar quemada y cosechada con máquinas integrales."

En otros países se emiten leyes similares en algunos casos referidas a prohibiciones en las cercanías de poblados y comunidades o sencillamente fijando cuotas de avance e incentivando con recortes impositivos o subvenciones de diferentes índoles.

Cobertura de paja o trash, depositado en el campo por la cosecha verde

Además del azúcar este cultivo produce derivados como el biocombustible etanol, sorbitol, furfural cera, papel y tableros. Se ha calculado que 1000 t de caña de azúcar son equivalentes a 162.59 t de petróleo que ayuda a reducir las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles.

Estudios recientes han mostrado que en cosecha mecanizada de caña verde, el rendimiento promedio de paja seca es de 18.2 t ha⁻¹. (Chapple, 2006).

Se considera que una hoja posee un área de 0.1 m² ya que fotosintetiza por el as y el envés y que una planta puede tener como promedio 10 hojas activas por tallo en pleno gran período de crecimiento y que una macolla o plantón que ocupa entre 1.1 y 1.5 m² con una

media de 10 tallos por macolla (10 m² de área foliar), entonces una ha alcanza entre 66 666 y 90 900 m² por hectárea de área fotosintética en una planta C₄ donde la fotosíntesis es más eficiente, se posee una verdadera fábrica de compuestos orgánicos y una planta muy eficiente en la captura de carbono.

Esta gran producción de biomasa, incorporando los usos alternativos de los residuos de la cosecha e incrementando el valor agregado del cultivo, hace atractivo y necesario integrar tecnologías y metodologías sustentables de manejo de los residuos de caña dentro y fuera de los campos azucareros. La figura 2 muestra donde recuperar 10915 x 10⁵ cal luego de extraer como azúcar 5665 x 10⁵ cal a una tonelada de caña.

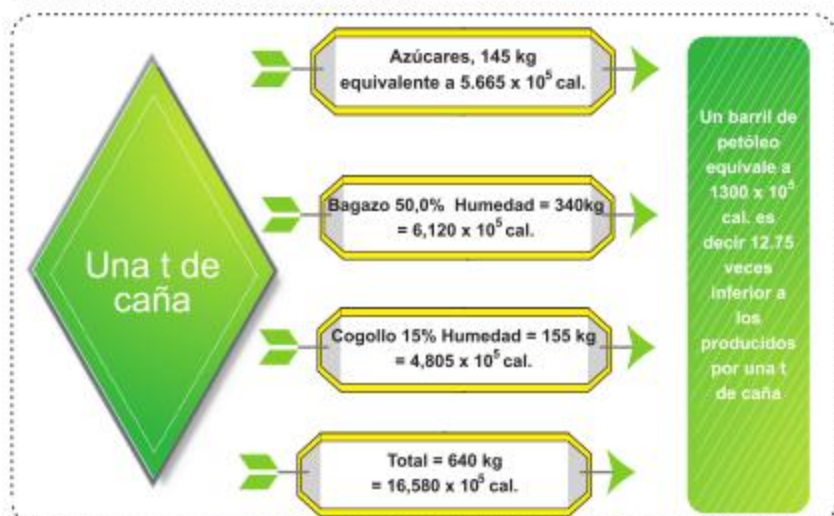


Fig. 2. Equivalencia energética de una tonelada de caña de azúcar en el campo vs. Un barril de petróleo

La retención de la humedad por el suelo debido a los residuos de la caña después de la cosecha, es considerada como un factor 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 materia orgánica se acelera significativamente con la incorporación de pequeñas cantidades (1.5 a 3 kg/ha) de nitrógeno. Esas observaciones se han acompañado con un incremento en producción (90%) y disminución de los costos de producción (25%).

La cosecha de caña verde mecánica es la única alternativa visible actual que ofrece la oportunidad de armonizar las exigencias que

ha impuesto el desarrollo de la agricultura moderna donde confluyen exigencias como

Evadir la cada vez más escasa disponibilidad de fuerza de trabajo rural.

Disminuir la contaminación ambiental.

Incrementar la protección de la biodiversidad y la conservación de los suelos.

Incorporar nuevo valor agregado al producto final, al adicionar usos alternativos para la caña y los residuos.

Avanzar en productividad y rentabilidad.

CONCLUSIONES

Las desventajas atribuidas a la tecnología de cosecha en verde mecanizada, sobre la quemada mecanizada, enmarcadas casi exclusivamente en el terreno económico pueden compensarse aprovechando la capacidad energética desperdiciada y convertida en CO₂ en el proceso de quema.

Logrando un uso alternativo de los residuos de la cosecha como parte de una biomasa ya producida, se lograría agregar un valor

importante a este renglón económico que lo haría más atractivo.

Si a la compensación económica se adicionan los efectos de sus ventajas ecológicas y ambientales, no cabe duda de que esta opción tecnológica se abrirá paso con mayor velocidad que en la última década, ofreciendo un espacio a empresarios, científicos, productores y otros actores sociales.

Recomendación de una alternativa asociada a la solución

Los logros de la genética tradicional primeramente y los de la biotecnología aplicados al mejoramiento genético, permiten diseñar proyectos destinados a contribuir en la disminución de las limitaciones de la cosecha verde mecanizada.

Los intentos en este sentido junto a las adaptaciones mecánicas de los sistemas de corte y limpieza de las cosechadoras y los de beneficio y transportación de la caña de azúcar

además de los que puedan ser introducidos en el proceso fabril, pueden contribuir a lograr minimizar las pérdidas de cosecha y el aumento en la transportación y entrega de materias extrañas y sus consecuencias en el recobrado de azúcar por área.

Desde el punto de vista del fitomejoramiento independientemente de la tecnología a seguir en el proceso de mejora (tradicional o asistida), los objetivos finales serían:

Genotipos con fácil desprendimiento de las hojas caducas.

Varietades que arriben a la madurez con menor cantidad de hojas activas.

Varietades de crecimiento erecto.

Híbridos con sistema de anclaje más eficiente.

Todo ello sin perder la garantía de los logros alcanzados en rendimiento, resistencia a enfermedades y estrés de diferentes géneros y otros caracteres agrícolas de importancia.

Latecnología decultivo en sus diferentes etapas, pre plantación, plantación y post cosecha deberán sufrir por su parte modificaciones que contribuyan, sin incremento sustanciales de costos de producción a este objetivo. Para ello un programa en tal sentido debe partir de:

Mejora tradicional	Mejora asistida
Definición de caracteres a incluir en un programa de mejora con este objetivo	Definición de caracteres a incluir en un programa de mejora con este objetivo
Elección de los progenitores apropiados en un germoplasma con suficiente variabilidad	Identificación de los genes gobernantes de esos caracteres y sus interacciones
Diseño de un programa de cruzamientos	Diseño de la modificación apropiada
Esquema de selección abarcador en tiempo y espacio	Sistema de selección in vitro (marcadores etc.) y selección de campo
Pruebas de validación en variadas condiciones	Pruebas de validación y bioestabilidad

Es evidente también que la potencialidad de diversificación se incrementa al incluir los usos alternativos de los residuos de la cosecha incorporando valor agregado y haciendo atractiva la matriz de retorno económico.

BIBLIOGRAFÍA

- Bernal, N., & Contreras, V. y. (2006). Deterioro en caña verde y quemada en tres localidades del Ingenio ECUDOS S. A. Carta Informativa, 7-11.
- Cárdenas, A. (1995). El proceso de cosechar caña de azúcar. Editorial Impregraf. Caracas. Venezuela.
- Cerutti, G., Diez, O., & Cárdenas, G. y. (2000). Sucrose utilization and destran production by *Leuconostoc mesenteroides* isolated from de sugar industry. Sugar Journal, 36-41.
- CINCAE. (2014). <http://cincae.org>.
- Cuellar, A. I., León, M. E., Gómez, A., Piñón, D., & Villegas, R. y. (2003). Caña de Azúcar, Paradigma de Sostenibilidad. La Habana, Cuba: INICA.
- Chapple, J. y. (2006). Sugar losses in burn and green cane harvesting in Argentina. Project CSRO32, 8 pp.
- David Palomeque 1, D. O. N. (2013). Optimización de la operación de las cosechadoras de caña para armonizar las pérdidas invisibles con el contenido de materia extraña. Carta Informativa CINCAE Año 15 - No. 1 y 2, 29.
- Norris, C. P. (2011). Report to Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A. Documento Interno.
- Ortiz, L. H., Slagado, G. S., & Castelan, E. M. (2012). Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 4 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012, p. 767-773.
- Palomeque D, O. N. (2013). Optimización de la operación de las cosechadoras de caña para armonizar las pérdidas invisibles con el contenido de materia extraña. Carta Informativa.
- Rípoli, T. (2000). Energy Potencial of Sugarcane Biomasa in Brazil. Scientia Agrícola.
- Sugar Research and Development Corporation SRDC. (2004). Cane harvesting to improve industry performance, . A review of sugar cane harvesting practices and options for improvement. Brisbane, Brisbane, Australia: R. K. Jones.
- Teran, C. H., Sopena, R. A., & Mariotti, J. A. (2008). Evolución tecnológica en el cañaveral de Tucuman. Período 2002-2006. Reunión del SATCA. Tucumán.