

ISSN 0120-5846



Serie Técnica
No. 35

CENTRO DE INVESTIGACIÓN
DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA

Manejo del cultivo en condiciones de caña verde

Editor:
Jorge S. Torres A.

Cali, Colombia
Marzo 2006

Publicación CENICAÑA
ISSN 0120-5846

CITA BIBLIOGRÁFICA

Torres, J.S. (editor). 2006. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde.
Cali, Cenicaña. 165 p. (Serie Técnica No. 35)

COMITÉ EDITORIAL

Adriana Arenas Calderón
Álvaro Amaya Estévez
Carlos O. Briceño Beltrán
Camilo H. Isaacs Echeverry
Nohra Pérez Castillo
Hernando Ranjel Jiménez
Victoria Carrillo Camacho

PRODUCCIÓN EDITORIAL

SERVICIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA
Coordinación de producción: Victoria Carrillo Camacho
Edición de textos: Juan Alberto Ramírez Pérez
Diagramación: Margarita María Carvajal Vinasco
Preprensa e impresión: Feriva S.A.
Tiraje: 1730 ejemplares
Marzo de 2006

DIRECCIÓN POSTAL

Calle 58 norte No. 3BN-110
Cali, Valle del Cauca, Colombia

ESTACIÓN EXPERIMENTAL

San Antonio de los Caballeros
Vía Cali-Florida, km 26
Tel: (57-2) 260 66 11
Fax: (57-2) 260 78 53
www.cenicana.org
buzon@cenicana.org

Publicación producida con recursos del “Macroproyecto en Caña Verde”
cofinanciado por Colciencias, código 2214-07-755-98, contrato 358-98.

Contenido

	Página
Parte 1.	
Diseño de campos y manejo de aguas	1
Criterios para el diseño de campos (p.1). Espaciamiento entre surcos para reducir los daños en el campo (p.6). Manejo del riego (p.10).	
Parte 2.	
Fertilidad de los suelos y manejo del cultivo	17
Cambios en la fertilidad del suelo por la incorporación de residuos y aplicación de nitrógeno (p.17). Métodos y dosis de aplicación de nitrógeno (p.21). Dosis diferenciales de N y residuos enteros acomodados al 2x1 (p.27). Altura del corte basal de los tallos (p.30). Manejo del cultivo después de la cosecha en verde (p.33). Evaluación de variedades de caña de azúcar para la cosecha mecanizada en verde (p.37). Estado sanitario de los campos cosechados en verde (p.51). Flora microbiana en suelos cultivados con caña de azúcar y otros sistemas de explotación (p.54). Dinámica poblacional de microorganismos en suelos cultivados con caña (p.64). Efectos de la cosecha en verde sobre los insectos asociados con la caña de azúcar (p.69).	
Parte 3.	
Manejo y aprovechamiento de los residuos de la cosecha en verde.....	82
Sistemas de manejo de residuos y efectos en producción (p.82). Manejo de la caña en verde con alta producción de residuos (p.93). Manejo y valor energético de los residuos de la cosecha en verde (p.97). Alelopatía de los residuos de la cosecha de caña en verde (p.106). Producción de hongos comestibles en residuos de la caña de azúcar (p.109).	
Parte 4.	
Equipos y mano de obra para la cosecha en verde	117
Requerimientos de equipos y mano de obra (p.117). Impacto de la cosecha mecanizada en períodos húmedos (p.130). Reducción de los daños ocasionados por la maquinaria durante la cosecha (p.136).	
Parte 5.	
Transferencia de tecnología para el manejo de la caña cosechada en verde	149
Manejo de la caña en verde en zonas agroecológicas (p.149). Paquetes tecnológicos para el manejo del cultivo de la caña de azúcar (p.157). Efectividad e impacto de fincas piloto en la adopción y uso de tecnologías (p.159).	

Presentación

La industria azucarera colombiana cosechó la caña en verde, cruda o sin quemar hasta principios de la década de los setenta, cuando las innovaciones tecnológicas asociadas con la adopción del alce mecánico fueron demostrando mejoras en eficiencia, productividad y rentabilidad con caña quemada antes del corte.

En 1996, la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) y sus afiliados firmaron el Convenio de Producción Limpia con el Ministerio del Medio Ambiente, las corporaciones autónomas regionales de Cauca (CRC), Risaralda (Carder) y Valle del Cauca (CVC), y la comunidad del municipio de Palmira. Entre los aspectos de manejo ambiental se incluyó el plan de acción para mitigar los impactos producidos por las quemas efectuadas en los procesos de cosecha y poscosecha de caña y se planteó un esquema para reducir en forma gradual la práctica.

Cenicaña, de acuerdo con su misión, cual es la de contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y la prestación de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de forma que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras, ha considerado de manera constante las opciones que ofrecen los sistemas de producción con caña verde en la orientación de las investigaciones en variedades, agronomía y procesos de fábrica, así como en las metodologías de análisis estadístico y económico, y en la transferencia y divulgación de tecnologías.

En 1989 Cenicaña llevó a cabo una revisión bibliográfica detallada acerca de las investigaciones realizadas en distintos países azucareros en el tema de la cosecha en verde. Entre otras recomendaciones, a partir de la revisión se señaló la pertinencia de realizar un estudio acerca del impacto ambiental de las quemas de caña en el valle del río Cauca, que Asocaña contrató en 1992 con la Universidad de La Salle.

En ese mismo año se dio inicio al proceso de instalación de una Red Meteorológica Automatizada, que comenzó a operar en 1993 con 12 estaciones

y al finalizar 2005 tenía 29, con proyecciones de completar la instalación de cinco más durante 2006. Las aplicaciones de la información sobre los meteoros del clima y los diversos estudios sobre la quema de la caña y el comportamiento de sus emisiones en el valle del río Cauca han ofrecido pautas confiables para la ejecución de quemas controladas y han contribuido sistemáticamente en la definición de las normas que regulan dicha práctica.

La magnitud del compromiso adquirido con las comunidades asentadas en las zonas azucareras, con las autoridades ambientales y con la agroindustria en general, ha demandado la confluencia de todas las disciplinas del conocimiento relacionadas con la producción de caña con fines industriales para afrontar los retos impuestos en las nuevas condiciones de mercado.

El apoyo constante del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” (Colciencias) y de los agricultores e industriales de la caña, sumando en éstos últimos su espíritu innovador, han sido fundamentales para la generación de los nuevos conocimientos.

La presente edición de la Serie Técnica “Manejo del cultivo en condiciones de caña verde” reúne los principales avances de la investigación sobre el cultivo y la cosecha de la caña en verde en Colombia entre 1989 y 2006, con resultados que obedecen al desarrollo de proyectos independientes y proyectos incluidos en el “Macroproyecto en Caña Verde”, cofinanciado por Colciencias y Cenicaña entre 1998 y 2006.

El objetivo general del Macroproyecto de caña verde es generar y asegurar la adopción de tecnologías limpias y atractivas para el manejo agronómico de la caña verde, que mantengan o aumenten la competitividad del sector azucarero. Cenicaña adelanta acciones complementarias a las del Macroproyecto, documentadas en nuestros medios de divulgación, que contribuyen al logro de este objetivo, al tiempo que mantiene dicho propósito como directriz de sus investigaciones actuales y futuras en las distintas áreas de intervención.

La información incluida en esta publicación ha sido editada con fines divulgativos, utilizando como base un total de 47 artículos que dan cuenta de las investigaciones y evaluaciones coordinadas por Cenicaña sobre el cultivo y la cosecha de la caña en verde. La documentación está disponible para consulta en la biblioteca de Cenicaña.

El contenido de la publicación está organizado en partes, así:

Parte 1. Diseño de los campos y manejo de aguas.

Parte 2. Fertilidad de los suelos y manejo del cultivo.

Parte 3. Manejo y aprovechamiento de los residuos de la cosecha en verde.

Parte 4. Equipos y mano de obra para la cosecha en verde.

Parte 5. Transferencia de tecnología para el manejo de la caña verde.

En nombre del grupo de investigadores de Cenicaña que con su esfuerzo y dedicación contribuyeron al desarrollo del Macroproyecto de Caña Verde les presento este documento técnico. Agradecimientos especiales a Colciencias, a las corporaciones autónomas regionales CRC, Carder y CVC, a Asocaña, en particular a los ingenios Central Castilla, Incauca, Manuelita, Mayagüez y Risaralda, y a la hacienda El Hatico, por el respaldo confiable en la cofinanciación, cooperación técnica, toma de datos, interpretación de situaciones y análisis de resultados concernientes al desarrollo de las investigaciones en caña verde.

Jorge S. Torres A.

Director Programa de Agronomía, Cenicaña.

Coordinador “Macroproyecto en Caña Verde”, proyecto Colciencias-Cenicaña.

<jtorres@cenicana.org>

Autores

Cenicaña

J. H. Cock. *Ex-Director General (1990-2000). Ing. Agrónomo, Ph.D.*

Programa de Agronomía

J. S. Torres. *Director. Ing. Agrónomo, Ph.D.*

R. Cruz. *Ingeniero de Suelos y Aguas. Ing. Agrícola, M.Sc.*

R. Quintero. *Edafólogo. Ing. Agrónomo, M.Sc.*

F. Villegas. *Ingeniero de Mecanización Agrícola. Ing. Agrícola, M.Sc.*

A. Durán. *Investigador Temporal. Ing. Agrónomo.*

C. A. Madriñán. *Consultor en Mecanización Agrícola. Ingeniero Mecánico.*

Programa de Variedades

J. I. Victoria. *Director. Ing. Agrónomo, Ph.D.*

L. A. Gómez. *Entomólogo. Ing. Agrónomo, Ph.D.*

L. A. Lastra. *Bióloga (1985-2002). Bióloga-entomóloga.*

M. L. Guzmán. *Microbióloga. Bacterióloga.*

J. C. Ángel. *Fitopatólogo. Ing. Agrónomo, M.Sc.*

Programa de Procesos de Fábrica

C. O. Briceño. *Director. Ing. Químico, M.Sc.*

Superintendencia Estación Experimental

J. A. Carbonell. *Superintendente de Campo. Ing. Agrícola, M.Sc.*

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

C. Posada. *Economista. Economista.*

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

C. H. Isaacs. *Jefe. Ing. Agrónomo*

P. T. Uribe. *Grupos de Transferencia de Tecnología. Ing. Agrónoma.*

J. Y. Gutiérrez. *Fincas piloto (2002-2005). Ing. Agrícola.*

Ingenios azucareros

J. E. Pantoja. *Jefe de Zona Sur del Ingenio Mayagüez S.A. Ing. Agrónomo, M.Sc.*

J. Gómez. *Jefe de Tecnología Agrícola del Ingenio Manuelita S.A. Ing. Agrónomo, M.Sc.*

J. M. Pinzón. *Jefe Operación de Cosecha del Ingenio Manuelita S.A. Ing. Agrónomo.*

Universidades

M. Rosillo. *Profesor tiempo completo Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad del Valle. Ing. Mecánico, M.Sc.*

D. Astaiza. *Estudiante Ing. Agrícola en pasantía, Universidad del Valle. Cenicaña.*

G. M. Manrique. *Estudiante Ing. Agrícola en pasantía, Universidad del Valle. Cenicaña.*

L. F. Jiménez. *Estudiante Microbiología en pasantía, Universidad Javeriana (Bogotá). Cenicaña.*

A. C. Rivas. *Estudiante Microbiología en pasantía, Universidad Javeriana (Bogotá). Cenicaña.*

L. F. Arévalo. *Estudiante Microbiología en pasantía. Universidad Javeriana (Bogotá). Cenicaña.*

L. Suárez. *Estudiante Microbiología en pasantía. Universidad Javeriana (Bogotá). Cenicaña.*

Parte 1

Diseño de campos y manejo de aguas

Contenido	Pág.
Criterios para el diseño de los campos	1
Espaciamiento entre surcos para reducir los daños al campo	6
Manejo del riego	10
Bibliografía consultada	16

El cambio hacia la cosecha en verde de la caña de azúcar debe estar acompañado de un incremento gradual en la mecanización, incluyendo nuevos criterios de diseño de los campos que faciliten el desplazamiento de la maquinaria sin ocasionar daños a las cepas de la planta ni compactar el suelo, a la vez que mejoren la operación del riego y la evacuación rápida de los excesos de agua.

En un buen diseño de campo se tienen en cuenta el trazado y las especificaciones del sistema de distribución de tablones y suertes, callejones, surcos, canales de riego y drenaje y demás obras hidráulicas. La longitud y dirección de los surcos en cada tablón y entre ellos dentro de una misma suerte, las especificaciones de las acequias de riego y drenaje, el ancho y la pendiente de los callejones influyen en la eficiencia de manejo del agua y los equipos de cultivo y transporte y, consecuentemente, en los costos totales de producción.

Criterios para el diseño de campos

R. Cruz

División en sectores. El primer paso consiste en ubicar sobre el plano de curvas a nivel los accidentes naturales, los drenajes profundos y las estructuras permanentes como vías y canales de riego principales. A partir de dichas líneas se trazan los contornos de los grandes bloques o sectores en que se dividirá el predio, conformando áreas que en lo posible deben tener el mismo

patrón de curvas a nivel y una fuente de agua compartida. Los sectores pueden comprender más de una suerte.

Localización de vías principales. Una vez se tiene el campo dividido en sectores se define la dirección más apropiada para el flujo de los vagones con caña hacia el patio de transbordo o hacia la fábrica, mediante la localización de las vías principales que rodean cada sector.

Cada suerte se debe dividir en tablones o lotes rectangulares con un máximo de 600 m de largo en dirección transversal a los surcos y entre 120 m y 150 m de ancho en la dirección de estos. La longitud de los surcos no debe sobrepasar 150 m, con el fin de reducir las pérdidas de agua de riego, facilitar el desplazamiento de los vagones y evitar el daño en las cepas de la planta y la compactación del suelo. En las zonas húmedas la longitud del surco varía entre 90 m y 120 m, con el fin de favorecer la rápida evacuación de los excesos de agua superficial y facilitar el tráfico de los vagones.

Para disminuir los giros frecuentes de las máquinas y reducir los daños en los extremos del campo, se recomienda unir dos o más tablones al momento de la cosecha.

Trazado de surcos. Tanto en las zonas secas como en las húmedas el trazado de los surcos sigue la pendiente máxima del terreno, sin sobrepasar el 1%. Los surcos deben seguir una dirección colineal entre dos o tres tablones contiguos. Se admite un cambio en la dirección hasta de 15°, pero el ángulo de intersección de los surcos con los callejones entre tablones debe variar entre 80° y 100°. En lo posible, se debe evitar la formación de áreas triangulares o ‘serruchos’ en los extremos de los campos, ya que estos dificultan el uso de la maquinaria.

Red de drenajes. En primer lugar se trazan las acequias de drenaje o drenes terciarios en la parte más baja de los tablones. Estos drenes evacuan los excesos de agua de los surcos y se construyen de forma simultánea con los callejones terciarios o divisorios entre tablones, con una pendiente uniforme entre 0.1% y 0.5%, un ancho de boca de 0.9 m y de base de 0.3 m, un talud hacia el campo de 0.25:1 y hacia el callejón de 3:1. Su dirección sigue el mismo sentido de los surcos a distancias entre 200 m y 400 m en zonas húmedas y entre 300 m y 600 m en zonas secas.

Una vez construidas las acequias de drenaje, se trazan los canales colectores primarios teniendo en cuenta los puntos de entrega de los excesos

de agua. En los campos que presentan problemas por nivel freático alto se recomienda instalar una red de drenaje entubado como complemento al sistema de drenajes con colectores abiertos.

Los canales de drenaje deben ir en forma paralela a los surcos de caña; si esto no es posible, se construye un callejón intermedio para el transporte de la caña.

Red de riego. Debido al régimen bimodal y a los cambios de precipitación en el valle geográfico del río Cauca, las normas para el diseño de los canales de riego se aplican igualmente en zonas secas y húmedas. Inicialmente se identifican los puntos de entrega de agua a las suertes y a continuación se localizan las posiciones del canal principal y los secundarios, que conectan los puntos más altos en cada tablón con el punto de toma de agua de la suerte. Los canales de riego secundarios también se ubican en dirección paralela con los surcos a distancias entre 300 m y 600 m y en forma independiente de los surcos de drenaje.

La pendiente de los canales abiertos debe ser uniforme, tratando en lo posible que sus cambios coincidan con el cruce de los callejones, lo que permite la colocación de sifones invertidos que conducen el agua por debajo de las vías.

Los canales en tierra se construyen con una pendiente entre 0.05% y 0.1%, taludes 1:1 y una sección de infiltración mínima, mientras que los canales revestidos con concreto o suelo-cemento son diseñados con un criterio de máxima eficiencia hidráulica.

Las acequias regadoras o canales terciarios, que suministran el agua directamente a los surcos, se colocan en las cabeceras de cada tablón y en sentido transversal a ellos. Estos canales se construyen en tierra con una pendiente entre 0.1% y 0.5%, y para esta labor normalmente se utiliza un zanjador que deja un canal de sección triangular con 1.5 m en la boca y 0.5 m de altura. Para reducir las pérdidas de agua por filtración se recomienda sustituir las acequias regadoras por mangueras flexibles (politubulares) o por tubería rígida con compuertas.

Vías de acceso. Las especificaciones principales de las vías en lotes destinados al cultivo de la caña de azúcar para cosecha en verde se resumen en el recuadro siguiente.

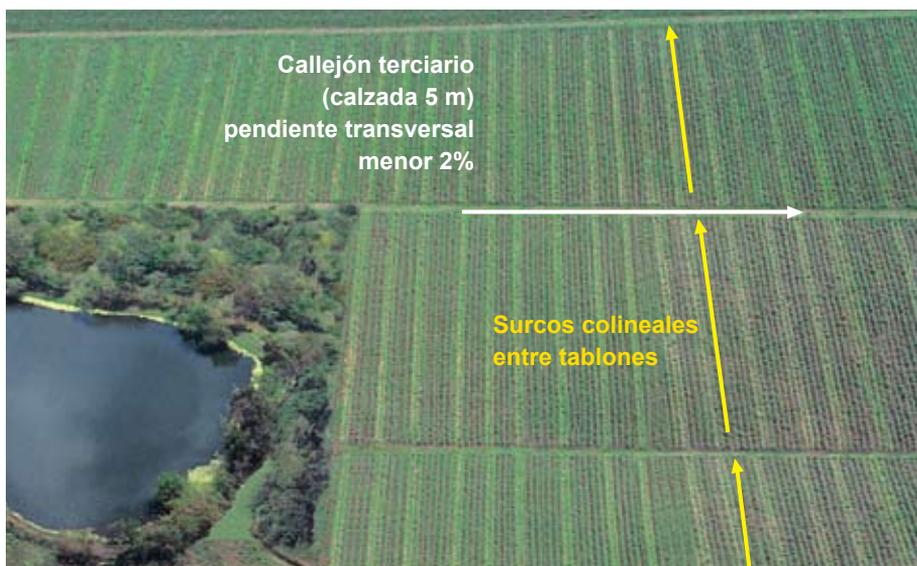
Tipo de vía	Características	Ancho	Uso
Primaria o principal	Tienen una pendiente de 1.5% hacia un lado de la calzada y de 1% cuando drenan hacia ambos lados.	9 m más 1 m hacia el eje del canal de riego y hacia la cuneta de drenaje	Por ellas transitan las tractomulas hacia los patios del ingenio
Secundarias	Siguen la dirección de los surcos y su construcción es similar a las vías primarias.	7 m más 1 m a cada lado hasta los ejes de los canales de riego y drenaje.	Facilitan el tránsito de los trenes cañeros y los sistemas de autovolteo hacia las bahías de estacionamiento de las tractomulas.
Terciarias	Son callejones que separan los tablones. Se construyen perpendicularmente a los surcos con un ángulo de intersección entre 80° y 100° y una pendiente de 1.5% hacia el drenaje.	5 m, como mínimo, más 1 m a partir de la acequia de riego y 0.5 m de la batea de drenaje.	Desembocan en los callejones secundarios. Tienen por lo general un canal de riego a un lado y uno de drenaje al otro. En los contornos de las vías y cauces naturales se debe dejar un callejón para facilitar el tránsito de las tractomulas con caña.

Espaciamiento entre surcos. Se define de acuerdo con la textura y la fertilidad del suelo. En suelos de baja fertilidad varía entre 1.4 m y 1.5 m y en los de mediana fertilidad, entre 1.5 m y 1.75 m. Este último espaciamiento es el más recomendado en cultivos para cosecha en verde, ya que permite reducir el daño de las cepas por el tránsito de los vagones y facilita el encalle de los residuos.

Aporque de los campos. Esta labor consiste en colocar suelo suelto del entresurco directamente sobre el surco de la caña para mejorar el anclaje de los tallos, facilitar el manejo del riego y la evacuación de los excesos de agua. Además, disminuye el riesgo de penetración en el suelo de las apiladoras de las alzadoras, con lo cual se reduce la cantidad de materia extraña que llega a la fábrica.

La geometría adecuada o corte transversal de los entresurcos corresponde a un trapecio, cuyas dimensiones varían con la textura del suelo de la forma siguiente:

Textura del suelo	Dimensiones del entresurco (cm)		
	Base superior	Base inferior	Profundidad
Fina	110	50 - 60	15 - 20
Media	110	50 - 60	10



Surcos colineales para facilitar el desplazamiento de la maquinaria entre tablones de un mismo sector.

Beneficios de un diseño apropiado de campo

Un buen diseño de los campos dedicados al cultivo de caña de azúcar para cosecha en verde tiene, entre otros, los beneficios siguientes:

- Mejora las eficiencias en las labores de cultivo y cosecha, lo que resulta en menores costos en mecanización y en el manejo del riego y el drenaje.
- Cuando los surcos están espaciados 1.75 m entre ellos y son colineales entre los tablones, es posible reducir en 32% el tiempo invertido por las máquinas en giros y paso de callejones, no existen 'serruchos' en los extremos del campo, se utilizan politubulares o tuberías rígidas con compuertas, se construyen drenes terciarios en forma de batea y callejones divisorios con una calzada de 5 m y pendiente transversal máxima de 1.5%.
- La cantidad de suelo como materia extraña que se lleva a la fábrica es menor cuando se construyen entresurcos en forma de trapecio. La falta de aporque puede significar reducciones hasta de 0.58 unidades en el azúcar recuperable estimada, equivalentes a 5.8 kg de azúcar por cada tonelada de caña alzada.

Espaciamiento entre surcos para reducir los daños en el campo

J. S. Torres, C. A. Madriñan, R. Cruz y A. Durán

La caña de azúcar es un cultivo de alta producción de biomasa por unidad de área que requiere el uso de maquinaria pesada en las labores de cosecha y transporte. El uso intensivo de maquinaria tiene efectos negativos sobre las propiedades físicas del suelo y ocasiona daños a los surcos de caña, especialmente durante los períodos lluviosos. Cuando la cosecha se realiza en condiciones húmedas los suelos pueden presentar contenidos de humedad cercanos a la saturación disminuyendo la capacidad portante del suelo, lo que provoca el enterramiento de los tractores y vagones, la compactación del suelo y daños directos sobre las cepas de la caña.

Daños en el campo

Los estudios realizados por Cenicaña mostraron que todos los equipos de transporte de caña compactan el suelo hasta niveles similares y que gran parte del daño por compactación se concentra entre 25 cm y 30 cm del suelo superficial. Los daños en las cepas por tráfico de las llantas son más graves que los mismos daños por compactación del suelo, y reducen hasta en 40% la producción de la siguiente soca. En condiciones húmedas las llantas de alta flotación desplazan el suelo en forma lateral, moviendo las cepas y cambiando la distancia entre los surcos, lo que acentúa los problemas de tráfico de los equipos de labranza y cosecha.

El uso de vagones de transporte montados en llantas de alta flotación ha permitido reducir las cargas superficiales sobre el suelo hasta en 75%; no obstante, los problemas asociados con la compactación y los daños directos a las cepas aún persisten con efectos negativos en la producción. El tráfico de los equipos de transporte sobre los campos húmedos ocasiona, además, hundimientos en la superficie que pueden alcanzar entre 30 cm y 40 cm de profundidad y entre 110 y 120 cm de ancho.

Patrón de tráfico de la cosecha

El espaciamiento de los surcos más utilizado en el valle geográfico del río Cauca es de 1.50 m, aunque últimamente los ingenios y cultivadores están surcando a distancias de 1.65 m y 1.75 m y, con pocas excepciones, se ha ensayado la siembra a 1.30 m y en surco piña.

A continuación se hace un análisis de los patrones de tráfico de los diferentes equipos con el fin de establecer la distancia entre surcos más adecuada en las nuevas siembras y reducir los daños directos a las plantaciones. La secuencia y la posición relativa de los tractores, vagones, alzadoras y de las cosechadoras de un surco se ilustran en la Figuras 1a, b y c, donde es posible observar el número de pases que realizan las llantas sobre el mismo entresurco. En estas figuras se presentan a escala los anchos de las franjas de rodamiento durante los procesos de cargue y transporte de la caña dentro del campo con un tractor Case 9330, vagón HD 8000, vagón de autovolteo, vagones milenio y transmilenio, alzadoras La Cane o Cameco 2254 y cosechadora de un surco.

Espaciamiento a 1.50 m. Las trochas o distancia entre llantas de los diferentes equipos usados para el transporte de la caña no coinciden con el ancho de 1.50 m y, ocasionalmente, se utilizan equipos con trochas delanteras y traseras diferentes. En estas condiciones el daño por tráfico sobre las cepas es inevitable, ya que cuando una de las llantas pasa por el entresurco, la otra del mismo eje pasa cerca de las cepas o sobre ellas (Figura 1a). En la cosecha mecanizada se observa con frecuencia que el conductor de carga de la cosechadora tiene poca altura y puede chocar con el cuerpo de los vagones HD 8000 y transmilenio. El daño al cultivo se acentúa debido al ancho de las cepas, que en algunos casos puede sobrepasar 60 cm. En estas condiciones es necesario evaluar el desaporque como una alternativa para reducir los daños al cultivo. Por lo anterior, el espaciamiento a 1.5 m no es la mejor opción para las nuevas siembras.

Espaciamiento a 1.65 m. Esta distancia permite un mayor espaciamiento, y aunque la alzadora se acomoda bastante bien, la trocha de los vagones milenio queda muy ajustada (Figura 1b). Las siembras a esta distancia no resuelven el problema de los daños ocasionados a las cepas por los equipos de cosecha. Al separar más los surcos, el cargue de los vagones con cosechadora se hace difícil, ya que el brazo elevador no es lo suficientemente largo para llenar totalmente los vagones, con la posibilidad de choque entre el elevador y los vagones milenio. El espaciamiento de 1.65 m no es aún la mejor opción para las nuevas siembras.

Espaciamiento a 1.75 m. Este espaciamiento presenta los mejores patrones de tráfico con todos los equipos (Figura 1c); no obstante, se recomienda ajustar la trocha del vagón de autovolteo a 3 m de ancho para evitar los riesgos

de tráfico de una de las llantas sobre las cepas. En el caso de la cosecha mecanizada persiste el problema del conductor de descarga, el cual debe ser alargado utilizando una extensión, y los vagones HD 8000 y milenio deben ser más bajos para permitir el acoplamiento de la cosechadora. Los análisis de las trochas y de los espaciamentos indican que la distancia a 1.75 m es la más conveniente para realizar las nuevas siembras de caña de azúcar para cosecha en verde.

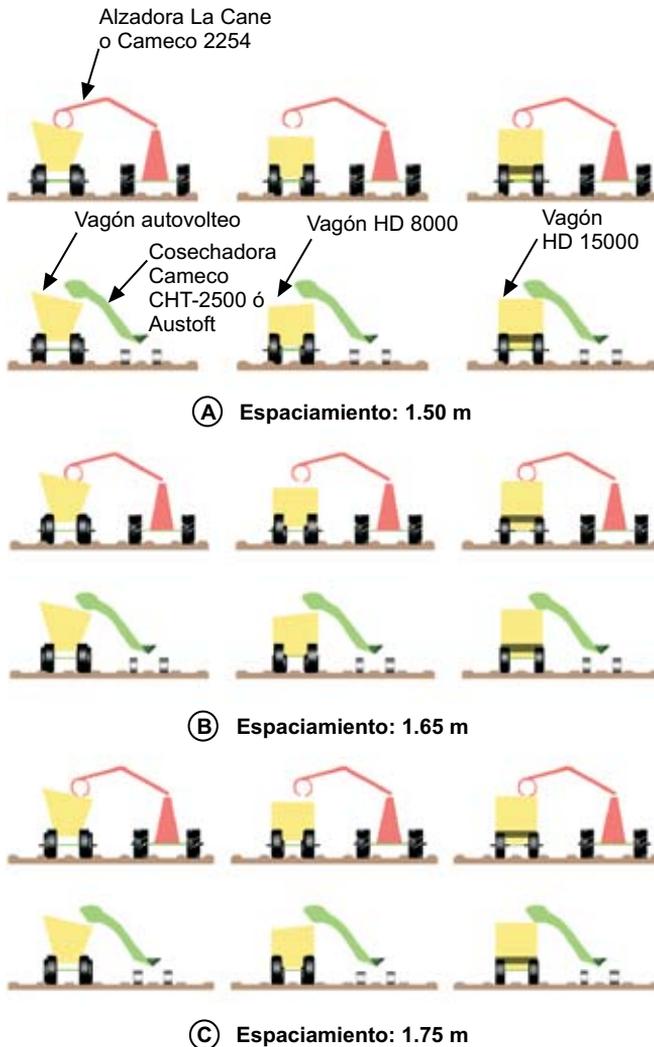


Figura 1. Patrón de tráfico de los sistemas de cosecha semimecanizada y mecanizada de acuerdo con los diferentes equipos y el espaciamento de los surcos.

Surco doble modificado. Con el objeto de reducir los daños al cultivo por el tráfico de maquinaria y facilitar el manejo de los residuos de la cosecha en verde, Cenicaña está desarrollando un sistema innovador denominado Surco Doble Modificado (SDM). Con este sistema, los tractores y vagones pueden transitar por los espacios amplios (3.9 m) que hay entre los conjuntos de tres dobles surcos, evitando así los daños al cultivo. Entre los beneficios potenciales de este sistema se pueden mencionar: es funcional tanto en cosecha manual como mecanizada; la densidad de siembra es equivalente a 1.75 m entre surcos; el daño de las cepas es menor; facilita la preparación del campo en franjas, la distribución de la semilla, el manejo de residuos, el drenaje superficial y la siembra en el lomo del surco; permite el laboreo dentro de surcos dobles y el establecimiento de las zonas de tráfico para vagones.

En los ensayos con este sistema se han obtenido producciones similares a las alcanzadas con siembras a 1.75 m, aunque el análisis global del SDM muestra producciones ligeramente inferiores debido al menor número de tallos/ha. Con el fin de compensar esta reducción, Cenicaña está evaluando nuevas densidades de siembra.

La implementación del SDM ha requerido de cambios menores en los equipos de surcado, fertilización y aporque; facilita el control manual de malezas y ha permitido reducir a 600 m³/ha los volúmenes de agua/riego en surco doble, tanto en germinación como en levantamiento del cultivo.

Los mayores beneficios de SDM son evidentes después de la cosecha de la plantilla, ya que el sistema permite que los corteros coloquen directamente los residuos sobre la franja de 3.9 m, quedando prácticamente encallados. Las evaluaciones muestran una población uniforme y un desarrollo más vigoroso de las socas que en campos sembrados a 1.75 m, lo que indica la posibilidad de una mayor producción de caña en las socas sembradas en SDM.

Recomendaciones

Los resultados de las investigaciones realizadas por Cenicaña sobre espaciamiento de los surcos en el cultivo de la caña de azúcar para cosecha en verde permiten hacer las recomendaciones siguientes:

- Los mejores resultados se han obtenido con el espaciamiento a 1.75 m entre surcos.
- Se debe evitar, en lo posible, la cosecha en condiciones de suelo húmedo.

- La uniformización de los surcos en los campos cultivados con caña y de las trochas de todos los equipos agrícolas es esencial para mejorar la eficiencia en las labores de cultivo y cosecha.
- La presión de los equipos sobre el suelo debe ser menor de 100 kPa y la carga por eje menor de 5 toneladas.
- Utilizar llantas de alta flotación y reducir el peso muerto de los vagones.
- Ajustar la carga de trabajo de las llantas para prolongar su vida útil y mantener una velocidad constante de transporte entre 40; 45 km/h.
- Cumplir con las especificaciones viales y evitar el uso de vagones largos con el fin de reducir el radio de giro.
- La altura lateral de los vagones no debe sobrepasar de 3.3 m, para facilitar el llenado por la cosechadora.
- Para un mejor llenado de los vagones se debe colocar una extensión al conductor de la cosechadora.
- Los vagones deben ser diseñados para las cosechas manual y mecanizada.

Manejo del riego

R. Cruz y J.S. Torres

La cosecha de caña verde deja grandes cantidades de residuos en el campo que deben ser encallados o picados para facilitar el rebrote y realizar las labores de levantamiento del cultivo, lo que exige el establecimiento de sistemas apropiados de riego por surcos de acuerdo con el manejo de los residuos. El picado de los residuos y su posterior incorporación en el suelo constituyen la mejor opción para su manejo en épocas secas y húmedas, ya que estos no interfieren con las labores de cultivo y el riego por surco alterno se puede realizar sin problemas.

Buscando un mejor manejo del riego en campos cosechados en verde se evaluaron los comportamientos hidráulicos de algunas variantes de los sistemas de riego en surco alterno vs. el riego tradicional por surco continuo, en surcos con encalles 2x1 y 2x2, y en surcos alterno-alterno.

En el encalle 2x1 quedan dos calles libres de residuos seguidas por una calle con residuos. En este caso, para la aplicación del riego el agua se coloca en los dos surcos libres de residuos convirtiéndose por tanto, en un esquema de riego 2x1. En el encalle 2x2 —dos calles sin residuos y dos con residuos— el riego se realiza colocando el agua solamente en las calles sin residuos.

Riego en cañas plantilla

Los riegos de germinación en cañas plantillas se deben realizar por surco continuo y preferiblemente por aspersión, con el fin de aplicar láminas de agua controladas que no superen los 30 mm por riego, requiriéndose entre dos y tres riegos con una frecuencia entre 10 y 15 días, dependiendo de las condiciones del suelo.

Durante el levantamiento del cultivo, que normalmente se inicia a los 60 días después de la siembra, el riego por surco alterno es la mejor opción. Este sistema se utiliza después del aporque y consiste en colocar el agua en surcos de por medio (Figura 1), con lo cual es posible cubrir aproximadamente el doble del área que en el sistema de riego por surco continuo, utilizando la misma cantidad de agua.

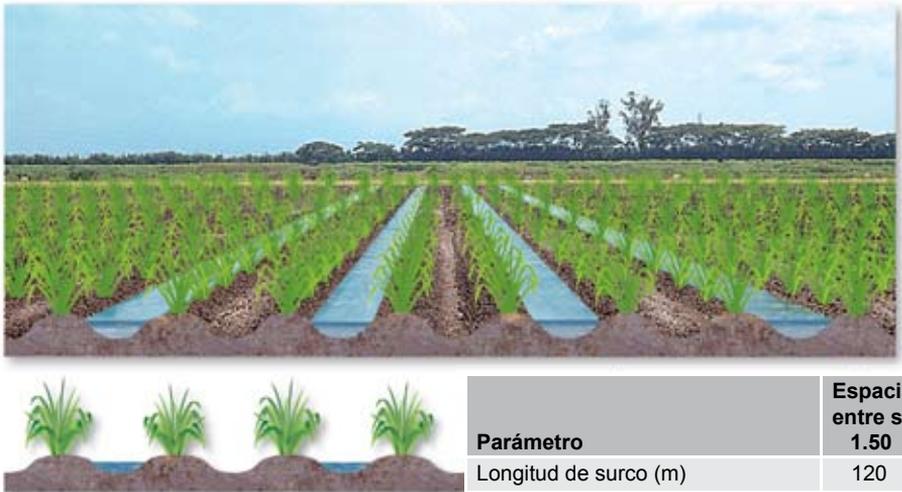


Figura 1. Riego por surco alterno en plantillas y en socas con residuos picados.

Parámetro	Espaciamiento entre surcos (m)	
	1.50	1.75
Longitud de surco (m)	120	120
Número de surcos/ha	56	48
Número de calles con residuos/ha	-	-
Número de calles con agua/ha	28	24
Area regada (%)	50	50
Ahorro potencial de agua (%) *	50	50

* Con respecto al riego por surco continuo.

No se debe confundir el concepto de surco alterno con el de surco alterno-alterno. Este último significa que si en un riego se coloca el agua en los surcos pares, por ejemplo, 2, 4 y 6, en el siguiente riego el agua se coloca en los impares 1, 3 y 5. Los resultados con este sistema no difieren de los encontrados con el sistema de surco alterno.

Riego en cañas soca

El área en caña soca corresponde aproximadamente al 80% del área total con caña y por este motivo se debe establecer claramente el manejo del riego por surcos de acuerdo con el manejo de los residuos, bien sea en caña quemada o verde.

Para el manejo del riego en surco alterno en campos cosechados en verde y de acuerdo con el sistema de encalle existen algunas variantes que no afectan las producciones y resultan en ahorros importantes de agua. La presencia de residuos sobre la superficie del suelo reduce la evaporación y secado del suelo, disminuyendo los requerimientos de riego en los entresurcos con residuos.

Encalle 2x1. Con este sistema quedan dos calles libres de residuos seguidas por una con residuos. En épocas secas el agua se coloca en los dos surcos libres de residuos, convirtiéndose por tanto en un esquema de riego al 2x1 (Figura 2). En este caso el 67% de los surcos transportan agua y el ahorro potencial es de 33%, inferior al obtenido en surco alterno. Durante las épocas lluviosas con períodos cortos sin lluvias y cuando el balance hídrico señale la necesidad de regar, se puede colocar el agua en una de las dos calles sin residuos (Figura 3), lo que significa un ahorro potencial de agua del 67%, superior en 17% al obtenido con el sistema de surco alterno.

Encalle 2x2. Cuando se tienen dos calles con residuos y un número igual sin residuos (encalle 2x2) se recomienda realizar el riego colocando el agua solamente en estas últimas (Figura 4); no obstante, se corre el riesgo de aplicar una lámina de agua insuficiente. En campos con este sistema el agua se coloca en el 50% de los surcos; por tanto, se pueden dejar dos surcos seguidos sin agua y consecuentemente el cultivo en déficit hídrico durante las épocas secas, aunque esta situación es mitigada por la humedad residual existente entre surcos con residuos. En períodos de alta probabilidad de lluvia el encalle 2x2 representa una economía potencial de agua del 50%, similar a la que se obtiene en el sistema de surco alterno.



Parámetro	Espaciamiento entre surcos (m)	
	1.50	1.75
Longitud de surco (m)	120	120
Número de surcos/ha	56	48
Número de calles con residuos/ha	18	16
Número de calles con agua/ha	38	32
Area regada (%)	67	67
Ahorro potencial de agua (%) *	33	33



Figura 2. Forma de aplicación de riego sugerida para épocas secas en cultivos encallados al 2x1.

* Con respecto al riego por surco continuo.



Parámetro	Espaciamiento entre surcos (m)	
	1.50	1.75
Longitud de surco (m)	120	120
Número de surcos/ha	56	48
Número de calles con residuos/ha	18	16
Número de calles con agua/ha	18	16
Area regada (%)	33	33
Ahorro potencial de agua (%) *	67	67



Figura 3. Forma de aplicación de riego sugerida para épocas con alta probabilidad de lluvias (opción económica) en cultivos con residuos encallados al 2x1.

* Con respecto al riego por surco continuo.



Figura 4. Forma de aplicación de riego sugerida para épocas secas y épocas con alta probabilidad de lluvias en cultivos con residuos encallados al 2x2.

Parámetro	Espaciamiento entre surcos (m)	
	1.50	1.75
Longitud de surco (m)	120	120
Número de surcos/ha	56	48
Número de calles con residuos/ha	28	24
Número de calles con agua/ha	28	24
Area regada (%)	50	50
Ahorro potencial de agua (%) *	50	50

* Con respecto al riego por surco continuo.

Residuos picados. El picado y la posterior incorporación de los residuos en el suelo es la mejor opción para su manejo tanto en épocas secas como húmedas. Los residuos picados no interfieren con las labores de cultivo y el riego por surco alterno se puede realizar en forma adecuada (Ver figura 1).

Prácticas que ayudan al mejoramiento del riego

Para mejorar las eficiencias de aplicación del riego por surcos se requiere de una buena nivelación del campo, un aporque adecuado, una programación de los riegos por balance hídrico, la aplicación de los caudales por surco usando sifones o tuberías con compuertas (politubulares) y el control administrativo de los riegos.

Nivelación. La nivelación de los suelos a precisión consiste en el establecimiento de pendientes longitudinales y transversales uniformes, que facilitan la distribución y el control del agua de riego y benefician al mismo tiempo el drenaje superficial y las labores mecanizadas.

Aunque la mayoría de los campos sembrados con caña de azúcar han sido nivelados previamente, es necesario hacerles mantenimiento utilizando sistemas de precisión como el centroide o la tecnología láser.

Aporque. Consiste en mover el suelo suelto desde el entresurco hacia las hileras de caña conformando un nuevo entresurco de forma trapezoidal con altura entre 10 y 20 cm, y 60 cm de ancho en la base. En ocasiones se realiza una práctica conocida como cultivo-aporque, la cual sólo hace una escarificación del suelo superficial y no permite una conformación adecuada del surco de riego. En Cenicaña se hizo una modificación del implemento tradicional usado para aporcar, de tal forma que con el disco delantero se aporca la mitad de los surcos laterales y con el trasero, el surco interior; mientras que con la vertedera, colocada en la parte posterior del implemento, se asegura una buena conformación de la calle de riego.

Programación de los riegos. Para la programación de los riegos se recomienda el método de balance hídrico usando valores de $K = 0.3$ entre 2 y 4 meses y $K = 0.7$ entre 4 y 10 meses de edad del cultivo. La tecnología de programación de riegos por este método ha sido comprobada comercialmente por Cenicaña, ingenios y proveedores y puede ser aplicada mediante el programa de Balance Hídrico en ambiente Windows o usando el tanque Cenirrómetro.

Caudal de riego y velocidad de avance del agua. El caudal de agua suministrado a cada uno de los surcos varía entre 3 y 5 L/s y su medición se hace utilizando canaletas portátiles del tipo RBC, o mediante el aforo en cada frente de riego colocando estructuras tipo RBC permanentes construidas en los canales de conducción. Con este aforo es posible determinar el número de surcos que se debe regar en forma simultánea.

La velocidad de avance del agua es de 0.7 a 1.3 m/min para que los volúmenes aplicados sean menores que 1200 m³/ha. Para reducir las pérdidas de agua por escorrentía es necesario cerrar los surcos en el extremo.

Control administrativo del riego. Este control es útil para determinar los indicadores de gestión de riego, entre ellos, el volumen de agua utilizado, la eficiencia de aplicación y el rendimiento de la labor en jornales/ha. Esta metodología fue desarrollada por Cenicaña con la colaboración del Ingenio Central Castilla y actualmente es utilizada por los ingenios Manuelita, Mayagüez, Providencia y Pichichí, logrando con ella reducciones hasta de 30% en los volúmenes de agua aplicados e incrementos de 25% en los rendimientos de los regadores.

Para facilitar el control administrativo de los riegos, Cenicafña desarrolló un software que trabaja con pocos datos tomados durante la operación de riego, tales como: las horas de llegada y salida del regador, la hora de llegada del agua a la cabecera del campo, el tiempo de permanencia del agua en el surco, los tiempos perdidos por las labores de cambio de tendidos de tubería o por suspensión de agua, el caudal suministrado a cada frente de riego, la longitud y el espaciamiento de los surcos y la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA). El programa presenta para cada suerte los índices de gestión de riego antes mencionados.

Además del beneficio económico, el uso eficiente y racional del agua para riego tiene un impacto ambiental importante en el manejo de los recursos en la región. Para el 2003 se estimó que el área manejada con los sistemas de encalle antes mencionados fue de 180,000 ha. Si los cultivos de caña en esta área se regaran sólo durante la época seca, el ahorro anual estimado de agua sería de 130 millones de m³.

Bibliografía consultada

Manejo del riego

- Christiansen, J. E.; Bishop, A. A.; Kiefer, Jr.; y Fok, Y. S. 1966. Evaluation of intake rate constants related to advance of water in surface irrigation. Transactions ASAE 9(5):671-674.
- Cruz, R. 2002. Diseño de campo y manejo de agua para la cosecha de caña sin quemar. Sexto Informe Convenio Cenicafña-Colciencias 2214-07-530-97. 17 p.
- Torres, J. S.; Carbonell, J.; Ortiz, U.B.; Daza, O. H.; Cruz, R.; y Villegas, F. 2000. Grupos de humedad para el manejo del cultivo en condiciones difíciles. Documento de trabajo no. 441, Cenicafña. 16 p.
- Torres, J. S.; Cruz, R.; y Villegas T., F. 1996. Avances técnicos para la programación y manejo del riego en caña de azúcar. Serie Técnica no. 19. Cali, Cenicafña. 56 p.

Parte 2

Fertilidad de suelos y manejo del cultivo

Contenido	Pág.
Cambios en la fertilidad del suelo por incorporación de residuos y aplicación de nitrógeno	17
Métodos y dosis de aplicación de nitrógeno	21
Dosis diferenciales de N y residuos enteros acomodados al 2x1	27
Altura del corte basal de los tallos	30
Manejo del cultivo después de la cosecha en verde	33
Evaluación de variedades de caña de azúcar para la cosecha mecanizada en verde	37
Estado sanitario de campos cosechados en verde	51
Flora microbiana en suelos cultivados con caña de azúcar y otros sistemas de explotación	54
Dinámica poblacional de microorganismos en suelos cultivados con caña	64
Efectos de la cosecha en verde sobre los insectos asociados con la caña de azúcar	69
Bibliografía consultada	77

Cambios en la fertilidad del suelo por la incorporación de residuos y aplicación de nitrógeno

R. Quintero

En la parte plana del valle geográfico del río Cauca predominan los suelos con contenidos medianos de materia orgánica (M.O.). La quema o el retiro de los residuos de la cosecha de las plantaciones de caña de azúcar afecta la fertilidad del suelo y puede disminuir su potencial productivo en el largo plazo. Con la incorporación de los residuos de la cosecha al suelo se recicla gran parte de los nutrientes extraídos que se encuentran en la parte aérea de las plantas, lo que permite mantener los contenidos de M.O. y de elementos esenciales para el crecimiento de los cultivos y mejorar las condiciones físicas y biológicas del suelo.

En las condiciones de la región y después de cinco socas consecutivas, el picado de los residuos y los encalles al 2x1 y 2x2 complementados con aporque han permitido mantener producciones de caña similares o superiores a las obtenidas con el sistema de cosecha de caña quemada, sin afectar los contenidos de sacarosa en los tallos.

El mejoramiento de las condiciones del suelo debido a la incorporación de los residuos influye en la respuesta de la caña de azúcar a las aplicaciones de los elementos esenciales. Debido a que las recomendaciones sobre fertilización con N, P y K han sido establecidas en condiciones de manejo de caña quemada, es necesario conocer con mayor precisión los cambios que se presentan en el suelo cuando la caña es cosechada en verde y los residuos son incorporados. Con este objetivo se ha venido desarrollando un proyecto de investigación en la estación experimental San Antonio de Cenicafña y en los ingenios Incauca y Manuelita.

En la estación experimental San Antonio. En este sitio se evalúan los cambios en las propiedades del suelo por la incorporación de residuos de la cosecha de caña verde en un Inceptisol del grupo de manejo no. 8, que corresponde a la zona agroecológica 8C1 y se caracteriza por presentar una textura arcillosa, reacción casi neutra, contenidos medianos de M.O. y altos de P disponible y de K intercambiable.

Los resultados de cuatro cortes consecutivos (plantilla y tres socas) de la variedad CC 85-92 mostraron que los residuos de cosecha afectan la población o número de tallos/ha y el crecimiento de las plantas sólo a partir del tercer corte, o sea, en las socas segunda y tercera, especialmente cuando se duplica la cantidad de residuos en los entresurcos. Los contenidos de clorofila en las socas mostraron una ligera tendencia a aumentar con la presencia de residuos, lo que parece estar relacionado con los aportes del N provenientes de la descomposición de dichos residuos.

Las evaluaciones también mostraron que la presencia de los residuos no afectó en forma significativa la longitud de los tallos molederos ni las producciones de caña y de azúcar, pero las cantidades de N, P y K aplicadas en el suelo sí influyeron significativamente en la longitud de los tallos de las tres socas y en la producciones de caña y azúcar de la segunda soca de la variedad CC 85-92. La respuesta a la aplicación de N aumentó con el número de corte, ya que las mayores longitudes de tallos molederos se obtuvieron con

la aplicación del tratamiento 100-50-60 en el segundo corte y con las dosis de 150-75-90 en los cortes tercero y cuarto. Efectos similares se observaron en las producciones de caña y de azúcar, aunque solo se detectaron diferencias estadísticamente significativas en la segunda soca o tercer corte.

Los residuos de cosecha no mostraron una tendencia definida sobre la producción de caña; no obstante, en el testigo absoluto las producciones en presencia de residuos fueron mayores que en ausencia de ellos. Lo anterior indica un mejoramiento de la fertilidad del suelo a través del tiempo con las colocaciones sucesivas de residuos en los entresurcos. Los promedios de producción de caña en cuatro cortes de los tratamientos con fertilización variaron entre 142 y 148 t/ha, mientras que en el tratamiento testigo (sin fertilización) el promedio (127 t/ha) fue significativamente inferior, lo que indica la necesidad de aplicar fertilizantes en este tipo de suelo cuando se cultiva la variedad CC 85-92.

Los resultados de los análisis de suelo hasta 20 cm de profundidad en los tres primeros cortes, mostraron ligeros incrementos en el pH y reducciones en el contenido de M.O., independientemente de la presencia o ausencia de los residuos de cosecha. El P disponible y el K intercambiable tendieron a disminuir en la franja sin residuos de cosecha; también disminuyeron, aunque en menor proporción, en la franja con cantidad doble de residuos, o sea, en las parcelas que recibieron los residuos producidos en las parcelas identificadas como 'sin residuos'. Por el contrario, en la franja con cantidad sencilla de residuos o producidos por el cultivo, aumentó el P disponible y disminuyó el K intercambiable del suelo. Si bien estas tendencias aún no son muy definidas, se espera que estos cambios en el suelo sean consistentes después de cinco cortes consecutivos.

Los residuos secos provenientes de la plantilla variaron entre 11 y 40 t/ha para la cantidad sencilla y entre 27 y 72 t/ha para la cantidad doble de residuos. En socas, estas variaciones estuvieron respectivamente entre 16 y 38 t/ha y entre 22 y 88 t/ha. Los análisis químicos de estos residuos en base seca mostraron relaciones C:N de 36:1 y contenidos de 0.66% de N, 0.10% de P, 1.34% de K, 0.40% de Ca y 0.20% de Mg. Lo anterior indica la importancia de los residuos de cosecha cuando son incorporados; no obstante, la amplia relación C/N puede conducir a inmobilizaciones del N en el suelo o de los fertilizantes nitrogenados aplicados, especialmente durante los primeros estados de descomposición.

En los ingenios Incauca y Manuelita. En este subproyecto se ajustan las recomendaciones para N, P y K de acuerdo con la presencia de residuos de cosecha de la variedad CC 85-92. En cultivos de primera soca los residuos fueron colocados en los entresurcos siguiendo el sistema de encalle al 2x1, es decir, dos surcos sin residuos y un surco con residuos. En la primera soca, la colocación de los residuos de cosecha se inició en el primer entresurco de cada parcela experimental con el propósito de conservar un orden lógico, de tal forma que cada tercer corte todos los entresurcos habían recibido la misma cantidad de residuos, logrando así una mejor homogeneidad en la fertilidad del suelo.

En el Ingenio Incauca las evaluaciones se realizan en un Mollisols, Grupo de manejo no. 5 de la zona agroecológica 5C1, de textura franco arcillo arenosa, reacción medianamente ácida y contenidos bajos de M.O., medios de P disponible y bajos de K intercambiable. El número de tallos/planta y los contenidos de clorofila a los 6 meses de edad del cultivo solo mostraron diferencias significativas como resultado de los tratamientos de N, P y K, aunque éstas se debieron, principalmente, al aumento en la cantidad de N aplicado. Los contenidos de clorofila a los 90 y 120 días de edad de la soca mostraron valores altos y muy similares que hacen prever producciones altas de caña y de azúcar. En la cosecha de la primera soca no se observaron diferencias significativas en las variables longitud de tallos, TCH, sacarosa %caña y TAH. Sin embargo, las producciones de caña y de azúcar mostraron tendencia a aumentar con la mayor cantidad de N aplicado en el suelo, hasta una dosis de 150 kg/ha. Al comparar los promedios de producción de caña y azúcar obtenidos con dosis variables de P y K, se observó una mayor respuesta al segundo nutrimento, lo cual era de esperar debido a los contenidos altos de P disponible y bajos de K intercambiable en este suelo.

En el Ingenio Manuelita los trabajos se realizan en Mollisols, Grupo de manejo no. 1 de la zona agroecológica 1C1, de textura franco arcillo arenosa, reacción casi neutra y contenidos medianos de M.O., P disponible y K intercambiable. En este sitio se encontró poca variación en los contenidos de clorofila y sacarosa de los tallos, y en las producciones de caña y de azúcar de la primera soca de la variedad CC 85-92 debido, principalmente, a las buenas condiciones físicas que caracterizan el suelo Palmira y a su contenido de M.O. (3.93%). Los resultados preliminares de estos trabajos indican que:

- A partir del tercer corte la presencia de residuos de cosecha favorece el desarrollo de la variedad CC 85-92.

- La cantidad de residuos secos presente en el campo después de cada corte de caña verde varía entre 11 y 40 t/ha, con una relación C:N de 36:1.
- En un suelo Palmeras de la estación San Antonio, después de tres cortes consecutivos de caña no se han presentado cambios importantes en las características químicas de los primeros 20 cm de profundidad en el suelo.
- En los ingenios Incauca y Manuelita sólo se tienen resultados de la primera soca y aún no es posible observar el efecto de los residuos en el desarrollo del cultivo de caña de azúcar ni en las propiedades del suelo.
- En todos los sitios la respuesta a la aplicación de N fue ascendente hasta 150 kg/ha.

Métodos y dosis de aplicación de nitrógeno

R. Quintero

En la parte plana del valle del río Cauca las investigaciones sobre el uso del nitrógeno (N) en caña de azúcar han sido realizadas en el sistema de caña quemada al momento de la cosecha. Por tanto, las recomendaciones sobre la aplicación de este nutrimento se basan en los resultados obtenidos en estas condiciones, sin tener en cuenta que la eficiencia del N aplicado cambia ante la presencia de la capa de residuos de cosecha que se incorpora progresivamente en el suelo por medio de las labores de labranza. Cuando estos residuos se incorporan las cantidades de fertilizantes nitrogenados requeridas disminuyen a través del tiempo, siendo más evidente esta situación después de la tercera o cuarta soca.

El picado y la distribución sobre el suelo de los residuos de la cosecha en verde de la caña de azúcar es la práctica más promisoría en relación con su manejo. Se ha demostrado que cuando el N se coloca debajo de los residuos resulta más eficiente que cuando se aplica a voleo o en banda sobre la superficie. Lo anterior se comprobó en un estudio de campo sobre el efecto de los residuos en la tasa de volatilización de N como amoníaco (Figura 1).

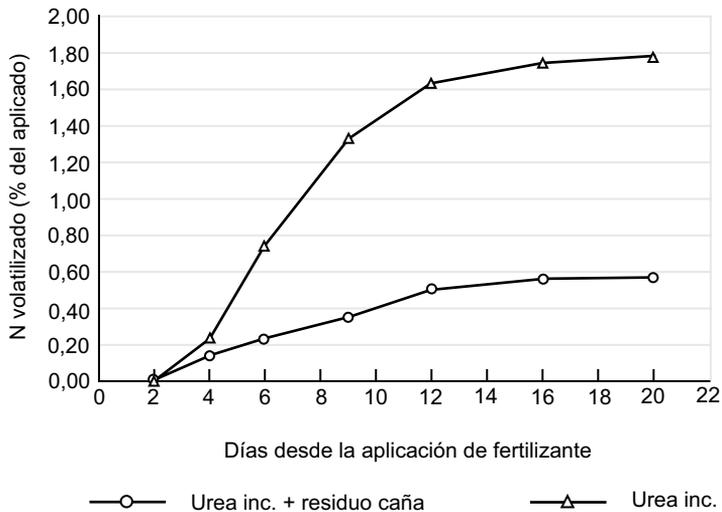


Figura 1. Pérdidas de nitrógeno por volatilización a partir de urea incorporada en un suelo franco arcilloso de la serie Galpón con incorporación y sin incorporación de residuos de cosecha de caña en verde.

En el Ingenio Providencia en tres suelos del orden Mollisols: Palmira (Pachic Haplustolls) de la suerte La Paz 64, Manuelita (Fluventic Haplustolls) de la suerte Samaria 156 y Florida (Entic Haplustolls) de la suerte La Paz 51; y en Incauca en un suelo Juanchito (Vertic Tropic Fluvaquents) de la suerte San Alfonso Vásquez 9, se establecieron varios experimentos con el objeto de evaluar la respuesta de dos variedades de caña a dosis de N crecientes entre 0 y 150 kg/ha aplicadas en plantilla a voleo, en banda superficial y en banda e incorporadas en el suelo. En la soca las formas de aplicación de N fueron iguales a las de plantilla, pero las dosis variaron entre 50 y 200 kg/ha.

Los suelos en el Ingenio Providencia se caracterizan por ser franco arcillosos, bien drenados, con contenidos medianos y altos de M.O. y corresponden a condiciones de humedad relativamente secas (zonas agroecológicas 1C1, 2C1 y 4C1). En Incauca los suelos son arcillosos, muy pobremente drenados, con contenido mediano de M.O. y alta humedad, características propias del grupo de manejo de suelos no. 9, zona agroecológica 9C4.

En todos los sitios y en el fondo del surco se aplicaron en forma uniforme 50 kg/ha de P_2O_5 y una dosis igual de K_2O . En el Ingenio Providencia se utilizó la variedad CC 85-92 y en el Ingenio Cauca, la variedad CC 84-75.

En el Ingenio Providencia. Los resultados en este ingenio no mostraron diferencias entre métodos de aplicación de N en el desarrollo de la planta, en los contenidos de clorofila y N en la lámina foliar, la longitud de los tallos molidos, la calidad de la caña ni en las producciones de caña y de azúcar de la plantilla o el primer corte de la variedad CC 85-92. No obstante, las mayores producciones de caña y de azúcar se obtuvieron con las dosis más altas de N y cuando este nutrimento se aplicó en banda incorporado en el suelo; y las más bajas, cuando se aplicó a voleo dirigido a la base de los tallos (Figura 2). Estas diferencias en producción son el resultado de la mayor eficiencia del N cuando se coloca cerca del sistema radical de la planta, y de la menor pérdida por volatilización cuando se incorpora en el suelo.

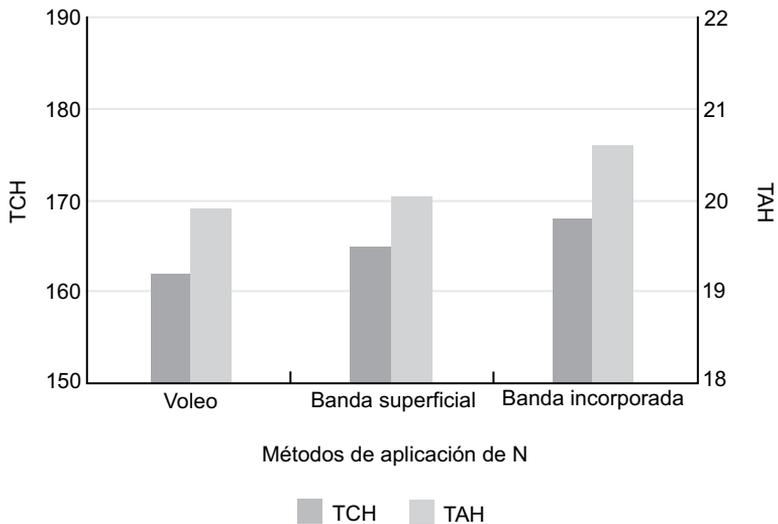


Figura 2. Producciones de caña y azúcar de la variedad CC 85-92 (plantilla) obtenidas con tres métodos de aplicación de N en un suelo Palmira (Pachic Haplustolls) del Ingenio Providencia. Edad de corte: 13.3 meses.

En un segundo experimento —en la suerte Samaria 156 en un suelo Manuelita (Fluventic Haplustolls) del grupo de manejo no. 2, zona agroecológica 2C1, franco arcilloso, de reacción casi neutra y contenido mediano de M.O. hasta 40 cm de profundidad— se encontró que el N foliar de la variedad CC 85-92 con 90 y 180 días de edad que recibió la aplicación de N a voleo dirigido a la base de los tallos o en banda incorporado en el suelo, fue significativamente mayor que cuando este nutrimento se aplicó en banda superficial.

Los resultados de la cosecha en plantilla mostraron mayores longitudes de tallos y producciones de caña con las aplicaciones de N en banda superficial y en banda incorporado en el suelo. Por el contrario, el contenido de sacarosa de los tallos fue mayor cuando el N se aplicó a voleo. Estas diferencias en sacarosa, y por consiguiente en azúcar recuperable estimado, se traducen en mayor producción de azúcar con la aplicación de N a voleo, en comparación con la aplicación en banda e incorporado en el suelo, resultado que no era de esperar en Mollisols de régimen seco.

Los efectos del aumento de las dosis de N en el desarrollo, en los contenidos de N y de clorofila de las láminas foliares, en la longitud de tallos molederos y en las producciones de caña y azúcar fueron altamente significativos. De acuerdo con las producciones de caña y de azúcar obtenidas, en suelos con características similares a las del presente ensayo se justifica aplicar hasta 150 kg/ha de N para cultivos de primer corte de la variedad CC 85-92, dosis que supera en 50% la recomendada para este tipo de suelo.

En un tercer ensayo en un suelo Florida (Entic Haplustolls) del grupo de manejo no. 4 correspondiente a la zona agroecológica 4C1 y ubicado en la suerte La Paz 51 del Ingenio Providencia, de textura franco arcillosa, con alto contenido de M.O., no se observaron diferencias significativas debido al método de aplicación de N en el número de tallos ni en el contenido de N foliar determinados a los 180 días de edad en plantilla de la variedad CC 85-92, en los contenidos de clorofila y de N de las láminas foliares, la población de tallos a 90 y 120 días, la longitud de tallos molederos, las producciones de caña y de azúcar ni en los contenidos de sacarosa y azúcar recuperable estimada de los tallos. No obstante, las aplicaciones de N en banda e incorporado al suelo superaron las producciones de caña y azúcar obtenidas con los otros dos métodos (Figura 3). Nuevamente el incremento de la dosis de N hasta 200 kg/ha se reflejó en aumentos en las producciones de caña y azúcar.

Los residuos resultantes del primer corte de caña en verde fueron picados con una máquina Claas antes de distribuirlos uniformemente sobre la superficie del suelo. Estos residuos no dificultaron la aplicación del N en el suelo por los métodos evaluados en estos ensayos (a voleo, en banda superficial y en banda incorporado). En esta primera soca, tal como ocurrió en la plantilla, no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de las variables evaluadas correspondientes a los métodos de aplicación.

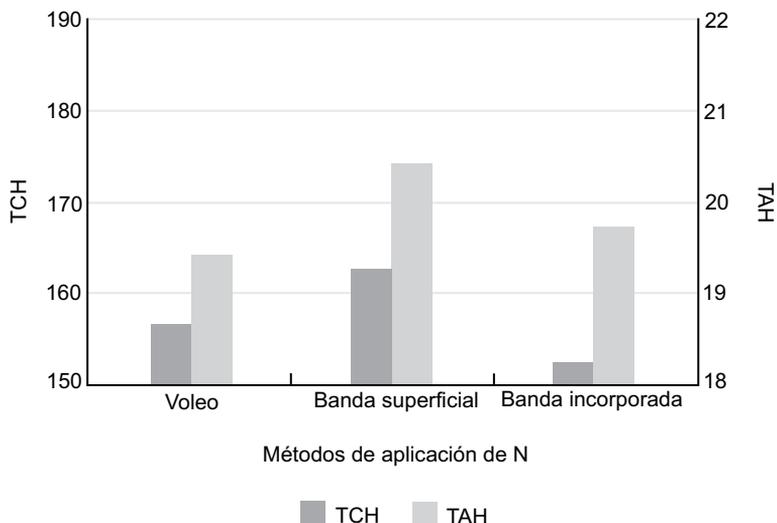


Figura 3. Producciones de caña y azúcar de la variedad CC 85-92 (plantilla) obtenidas con tres métodos de aplicación de N en un suelo Manuelita (Fluventic Haplustolls) del Ingenio Providencia. Edad de corte: 13.1 meses.

En Incauca. En este ingenio se estableció un experimento en la suerte San Alfonso Vásquez 9 en un suelo Juanchito (Vertic Tropic Fluvaquents) del grupo de manejo no. 9 y correspondiente a la zona agroecológica 9C3. El suelo en este sitio se caracteriza por una textura arcillosa, drenaje muy pobre con encharcamientos prolongados en las épocas lluviosas, acidez mediana y contenido mediano de M.O. En general, estos suelos son de baja fertilidad con condiciones que restringen el desarrollo normal de la caña de azúcar.

Por su localización en una zona húmeda, los suelos limitan el uso de maquinaria, y la incorporación de los residuos de cosecha en las socas se hizo en forma manual a lo largo de los entresurcos en un sistema 2x1, es decir, dos entresurcos sin residuos y uno con residuos enteros.

Se utilizó la variedad CC 84-75 por su mayor adaptación a suelos de régimen húmedo. Las evaluaciones efectuadas durante el desarrollo de la plantilla y la primera soca no mostraron diferencias estadísticas significativas entre métodos de aplicación del N, aunque las mayores producciones de caña y de azúcar se encontraron con la aplicación en banda superficial, seguido de banda incorporada y a voleo dirigido al surco. La respuesta a la aplicación de N fue lineal y ascendente hasta la dosis de 150 kg/ha.

Después de la cosecha de la plantilla de la variedad CC 84-75, los residuos fueron acomodados por el sistema 2x1 y se aplicaron las dosis de N, que para la primera soca variaron entre 50 y 200 kg/ha con incrementos de 50 kg/ha. Los resultados en esta primera soca fueron similares a los obtenidos en el primer corte o plantilla. Las producciones de caña y de azúcar más altas se obtuvieron con las aplicaciones de N en banda superficial, seguidas por las aplicaciones a voleo y en banda incorporado en el suelo. Estos resultados de dos cortes consecutivos son muy importantes porque indican que en las zonas húmedas las aplicaciones de N en banda superficial resultan igual o más eficientes que las aplicaciones en banda e incorporado en el suelo; por tanto, como es una labor manual, su ejecución resulta oportuna. Entre las dosis de N se detectaron diferencias significativas en el crecimiento de los tallos y en los contenidos foliares de N y clorofila; igualmente, en las producciones de caña y de azúcar. En la Figura 4 se observa una respuesta lineal y positiva de la aplicación de N en las producciones de caña (TCH) y de azúcar (TAH), lo que justifica la aplicación de 200 kg/ha de N.

Los resultados de estos trabajos muestran que los residuos de cosecha en trozos esparcidos en toda el área de cultivo facilitan la ejecución de las labores de labranza para el levantamiento de las socas; las aplicaciones de N a voleo dirigido al surco de la caña, en banda superficial y en banda

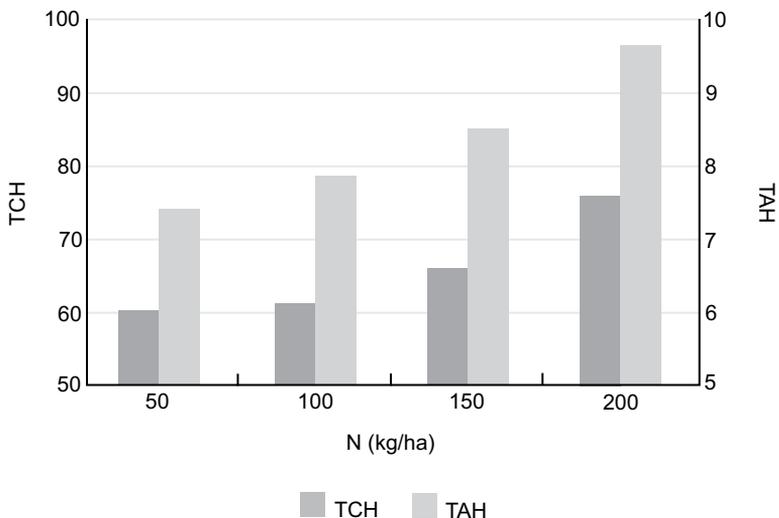


Figura 4. Producciones de caña y azúcar obtenidas con la variedad CC 84-75 (Primera soca) con varias dosis de N en un suelo Juanchito (Entisols) de Incauca. Edad de corte: 12.2 meses.

e incorporado en el suelo son igualmente eficientes en la caña de azúcar cultivada en suelos de la parte plana del valle del río Cauca; los suelos Palmira, Manuelita y Florida del orden Mollisols del Ingenio Providencia mostraron respuestas relativamente bajas a las aplicaciones de N en plantilla; el suelo Juanchito del orden Entisols presentó bajo potencial de producción y muy alta respuesta a la aplicación de N; las aplicaciones manuales de N en banda superficial resultan eficientes y oportunas en cultivos de caña de azúcar ubicados en zonas de alta precipitación de la parte plana del valle del río Cauca.

Dosis diferenciales de N y residuos enteros acomodados al 2x1

R. Quintero

Cuando no es posible picar los residuos de cosecha, estos se colocan a lo largo de los entresurcos, preferentemente acomodados 2x1. Por lo general, la descomposición de los residuos por los microorganismos del suelo trae como consecuencia la aparición de síntomas de deficiencia de N en las plantas adyacentes. Esto significa que cuando las dosis de N aplicadas sólo satisfacen las necesidades de los surcos sin residuos de cosecha en el sistema 2x1 el 67% de las plantas o cepas de caña no son adecuadamente fertilizadas.

En los ingenios Incauca y Manuelita se llevaron a cabo varios trabajos con la variedad CC 85-92 con el fin de determinar los cambios en algunas propiedades químicas del suelo debido a la incorporación de los residuos de cosecha, a las dosis de N para la caña de azúcar cosechada en verde y con residuos colocados enteros al 2x1, y a las dosis de N para los surcos de caña de acuerdo con la presencia o no de residuos enteros en los entresurcos o calles.

Los tratamientos se definieron teniendo en cuenta las dosis básicas de N para los surcos de caña totalmente libres de residuos (100, 150 y 200 kg/ha) y las dosis de N para los surcos de caña afectados por la presencia de residuos, que corresponden a las anteriores más incrementos de 0%, 20%, 40% y 60%. En todas las parcelas se aplicaron dosis uniformes de 50 kg/ha de P_2O_5 y K_2O /ha. Las aplicaciones de los nutrimentos se hicieron 45 días después del corte, en banda e incorporados en la primera soca, a 15 cm del surco de caña y a 10 cm de profundidad en el suelo.

Los residuos de cosecha en esta primera soca se colocaron en el primer entresurco de cada parcela siguiendo un orden de forma tal que al cabo de tres cortes consecutivos a todos los entresurcos se les habían incorporado residuos.

En Incauca

En este ingenio se utilizó un suelo Río Palo (Fluvaquentic Hapludolls - Grupo de manejo no. 5), franco arcillo arenoso de acidez mediana y contenido bajo de M.O., localizado en la suerte San Fernando 49 de la zona agroecológica 5C3. No obstante el bajo contenido de M.O. en el suelo, el contenido de clorofila, la longitud de los tallos y las producciones de caña y de azúcar de la primera soca de la variedad CC 85-92 no fueron diferentes entre las dosis básicas de N.

El análisis de este experimento como un factorial completo para dos factores confirmó la existencia de diferencias significativas en la variable TCH entre las dosis incrementadas de N que se aplicaron a los surcos con residuos de cosecha (Cuadro 1). El efecto de éstas varió en relación con la dosis básica,

Cuadro 1. Longitud de tallos, contenidos de sacarosa y producciones de caña y de azúcar de la primera soca de la variedad CC 85-92 con dosis básicas e incrementadas de N, en un suelo Río Palo (Fluvaquentic Hapludolls) del Ingenio Incauca. Edad de corte: 13.2 meses.

Variable	Dosis básica de N (kg/ha)	Incremento para dosis básica (%)				Promedio
		0	20	40	60	
Longitud de tallos (cm) n.s. C.V.=13%	100	246	253	274	219	248
	150	228	279	241	233	245
	200	277	248	246	241	253
Promedio		250	260	254	231	
TCH n.s. C.V.=16%	100	132	163	171	124	147
	150	127	157	136	135	139
	200	156	142	140	126	141
Promedio		138 c	154 a	149 b	128 d	
Sacarosa % caña n.s. C.V.=7%	100	11.3	10.6	10.9	11.4	11.1
	150	11.5	12.2	11.2	10.9	11.4
	200	12.3	11.7	11.8	11.9	11.9
Promedio		11.7	11.5	11.3	11.4	
TAH n.s. C.V.=19%	100	12.0	13.7	14.9	11.7	13.1
	150	12.1	16.2	12.6	11.7	13.2
	200	16.2	13.9	13.8	12.6	14.1
Promedio		13.4	14.6	13.8	12.0	

C.V.: Coeficiente de variación.

n.s.: No significativo.

es decir, que a menor dosis básica de N mayor debe ser el incremento de la dosis de este nutrimento que ha de aplicarse a los surcos con residuos de cosecha, con el fin de aumentar la producción de caña. Las mayores producciones de caña se obtuvieron cuando se aplicó la dosis básica de 100 kg/ha de N en los surcos sin residuos y esta misma dosis incrementada en 40% (140 kg/ha) en los surcos con residuos de cosecha. Cuando se aplicaron 150 kg/ha de N como dosis básica se encontraron los mayores incrementos en las producciones de caña y de azúcar con la aplicación de 20% más de N (180 kg/ha) en los surcos con residuos. Con la dosis de 200 kg/ha de N no se encontró respuesta al incrementar la cantidad de N aplicada en los surcos con residuos.

En el Ingenio Manuelita

Se utilizó un suelo Galpón (Typic Pellusterts - Grupo de manejo no. 6) ubicado en la suerte Abrojal 18 que corresponde a la zona agroecológica 6C1 y caracterizado por su textura arcillosa, reacción casi neutra y contenidos medianos de M.O. hasta 20 cm de profundidad.

Los resultados de las distintas evaluaciones efectuadas durante el desarrollo del cultivo y la cosecha no mostraron diferencias significativas entre los promedios correspondientes a las dosis básicas ni a las dosis incrementadas. Los resultados de cosecha y sacarosa % caña que aparecen en el Cuadro 2 muestran solamente una ligera tendencia a aumentar la producción de caña con el incremento de la dosis básica de N. Esta baja variación indica que una dosis entre 100 y 150 kg/ha de N es suficiente para suplir las necesidades de la primera soca de la variedad CC 85-92, tanto para los surcos limpios como para los surcos con residuos de cosecha en este suelo con contenido mediano de M.O.

En ambos ingenios, los resultados obtenidos con la primera soca de la variedad CC 85-92 no mostraron diferencias estadísticas significativas en producción de caña y azúcar entre las dosis básicas ni entre las dosis incrementadas de N. Los efectos en las producciones de caña y de azúcar de las dosis básicas de N para surcos sin residuos y de las incrementadas para surcos con residuos de cosecha variaron con el contenido de M.O. en el suelo. En suelos con contenidos bajos de M.O., donde el suministro de N es limitado, las aplicaciones de N entre 100 y 150 kg/ha deben ser incrementadas en 40% y 20%, respectivamente, con el fin de compensar el consumo de este nutrimento por los microorganismos encargados de su descomposición.

Cuadro 2. Longitud de tallos, contenidos de sacarosa y producciones de caña y de azúcar de la primera soca de la variedad CC 85-92 con dosis básicas e incrementadas de N en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) del Ingenio Manuelita. Edad de corte: 12.3 meses.

Variable	Dosis básica de N (kg/ha)	Incremento para dosis básica (%)				Promedio
		0	20	40	60	
Longitud de tallos (cm) n.s. C.V.=6%	100	325	330	331	321	327
	150	329	328	311	334	325
	200	335	327	333	340	334
Promedio		330	328	325	332	
TCH n.s. C.V.=5%	100	192	185	185	185	187
	150	198	192	190	187	192
	200	189	203	197	198	197
Promedio		193	193	190	190	
Sacarosa % caña n.s. C.V.=9%	100	13.3	12.7	13.5	12.9	13.1
	150	12.5	13.2	14.1	14.3	13.5
	200	12.6	13.5	13.3	13.6	13.2
Promedio		12.8	13.1	13.6	13.6	
TAH n.s. C.V.=11%	100	22.7	20.0	21.8	20.4	21.2
	150	21.3	22.2	23.4	23.6	22.6
	200	20.6	23.9	22.9	23.4	22.7
Promedio		21.5	22.0	22.7	22.5	

C.V.: Coeficiente de variación.
n.s.: No significativo

Altura del corte basal de los tallos

F. Villegas y J. S. Torres

En la cosecha mecánica de caña se debe tener cuidado especial con la graduación de la altura de los discos de corte basal de los tallos, ya que cuando el corte se hace por debajo del suelo se dañan las cepas y se incrementa el contenido de materia extraña en fábrica debido a la presencia de trozos de cepas y de suelo. En el caso contrario, cuando la altura base es muy alta, queda en el campo la sección de mayor contenido de sacarosa del tallo, representada por los tocones, lo que implica pérdidas no sólo de caña y azúcar sino también el riesgo de afectar el rebrote del cultivo por posibles ataques de plagas y enfermedades a las cepas.

La cosecha de la caña se debe realizar a ras del suelo con el fin de evitar el ataque de microorganismos o plagas sobre los tocones y las pérdidas por materia prima residual en el campo. Con el objeto de facilitar la cosecha mecanizada y garantizar su calidad, Cenicaña enfatiza en el aporque adecuado a alturas entre 10 y 20 cm sobre el suelo. Los campos mal nivelados, la siembra profunda o en el fondo del surco sin aporque posterior, el aporque imperfecto o incompleto a lo largo del surco y la falta de experiencia del operario de la cosechadora para graduar la altura del disco de corte basal, son los principales factores que influyen en cortes defectuosos que se reconocen por la presencia de tocones en el campo.

En las zonas tropicales existen aún dudas sobre la necesidad de realizar el corte basal de los tallos a nivel del suelo. En un campo del Ingenio Manuelita que había sido cosechado en forma mecanizada y en el cual se había dejado un alto número de tocones se encontraron poblaciones de 126,000 y 94,000 tallos /ha en el primero y octavo meses de edad del cultivo, respectivamente. Si bien es cierto que la población en la primera edad fue baja, en la segunda puede ser considerada como normal para una soca de caña de azúcar en el Valle del Cauca.

Trabajos posteriores realizados por Cenicaña con la variedad PR 61-632 no mostraron diferencias en la población de tallos al comparar el corte mecanizado con tocones y sin ellos y el corte manual sin tocones. Aunque la altura de los tallos en los dos primeros tratamientos fue inferior a la del tratamiento de corte manual sin tocones, las diferencias se debieron más al daño de las cepas por el tráfico de la maquinaria que a la presencia de tocones.

Efecto de los tocones en el rebrote del cultivo

En la estación experimental de Cenicaña se determinó el efecto del corte manual de la caña de azúcar a ras del suelo y dejando tocones de 7cm y 15 cm de altura en las variedades MZC 74-275, CC82-28, CC85-53, CC 85-63, CC 85-68, CC 85-92 y CC 85-96. Además se evaluaron los sistemas de manejo de residuos enteros y picados, y un testigo sin residuos.

Los resultados (Cuadro 1) no muestran evidencias de daños de los tocones sobre la producción en la cosecha siguiente, siempre y cuando no se presenten plagas ni enfermedades que ataquen las cepas. Las producciones en cada altura de corte fueron similares, con promedios de 212 t/ha de caña

Cuadro 1. Efecto de la longitud de los tocones de caña de azúcar en el desarrollo de los tallos y la producción en la cosecha siguiente.

Altura de corte basal (tocones) (cm)	Población de tallos (x10 ³ /ha)	Longitud de tallos (cm)	TCH	TAH
0	121.1	216ab ^a	213	26.5
7	121.9	211b	207	25.9
15	123.7	227a	214	26.7
Promedio	122.2	218	212	26.4
C.V. (%)	16.5	8	11.8	13.5
Significancia (%)	n.s.	3	n.s.	n.s.

a. Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa.

y 26 t/ha de azúcar. Con los tocones de 15 cm, la longitud de los tallos fue ligeramente mayor debido posiblemente a una germinación más rápida de la caña. Cuando el corte se hizo a ras del suelo, la germinación de la caña fue más lenta, lo que también ha sido comprobado en campos comerciales cosechados en forma mecanizada; aunque esta situación no afecta la población de tallos, sí puede repercutir en una menor longitud de ellos, tal como lo muestran los resultados de este experimento.

Los residuos no afectaron el desarrollo de las variedades, lo cual indica que su manejo adecuado, con sistemas que permitan la ejecución de las labores mecanizadas, garantiza la producción del cultivo. Por otro lado, tampoco se detectó interacción variedad x tratamiento, lo que significa que las variedades estudiadas presentaron comportamientos similares en relación con la altura de los tocones.

En conclusión, los tocones hasta de 15 cm de longitud no afectan el desarrollo ni la producción en la cosecha siguiente. No obstante, en campos comerciales manejados con cosecha manual o mecanizada que dejen tocones de mayor longitud se debe efectuar una labor de cepillado, ya que dichos tocones pueden representar una cantidad importante de caña (hasta 10 t de caña cada 15 cm de tallo) que justifica su recuperación para molienda.

Manejo del cultivo después de la cosecha en verde

J. S. Torres, F. Villegas y A. Durán

Después de la cosecha en verde de las variedades comerciales de caña de azúcar quedan en el campo entre 50 y 100 t/ha de residuos que es necesario manejar adecuadamente para favorecer el desarrollo de la cosecha siguiente. Cuando ocurren lluvias después de la cosecha en verde se crea una condición de exceso de humedad en el suelo que causa pudrición de las cepas y baja germinación. En suelos de los ordenes Mollisols, Inceptisols y Vertisols del Valle del Cauca se han estudiado diferentes alternativas para el manejo de los residuos resultantes de la cosecha en verde de variedades de alta producción de biomasa. En estos estudios, que incluyeron la cosecha en plantilla y en socas, se encontró que la producción de la tercera soca en los tratamientos 0x0, 0x1 y 1x1 —que no permiten labores de mecanización en la cosecha— fue 40% menor que la de los otros tratamientos de manejo de residuos y de caña quemada. En las condiciones de alta producción de caña y de residuos que son normales en Colombia y debido a la cosecha continua a través del tiempo, es indispensable manejar los residuos de tal manera que sea posible mecanizar el mayor porcentaje del área de cultivo con el fin de evitar grandes reducciones en la producción.

Manejo de residuos

La cantidad de material vegetal residual en el campo después de la cosecha en verde depende de la variedad de caña, la fertilidad del suelo y las condiciones del clima, entre otros factores. La mayoría de las variedades más sembradas en Colombia son de alta producción de biomasa y algunas, como la V 71-51 y la MZC 74-275, se caracterizaron por producir una alta cantidad de residuos, mientras que otras, como la variedad CC 85-92, tienen una relación residuos/caña inferior al 30%, considerada como adecuada para el manejo de los residuos. La descomposición de estos en el trópico ocurre rápidamente debido a las altas temperaturas y a la ocurrencia de lluvias frecuentes que ayudan a la actividad microbiana. Después de un ciclo de cosecha de 13 meses la cantidad de residuos remanente en la superficie del suelo es menor que 3 t/ha, por consiguiente, el riesgo de su acumulación en el corto plazo es mínimo.

La experimentación sobre el manejo de residuos de la cosecha en verde comenzó en la década de 1990 con la variedad MZC 74-275 en un Inceptisols del Ingenio Manuelita. Posteriormente, se iniciaron otros experimentos con la

variedad V 71-51 en un Mollisols de la hacienda El Hatico y en un Vertisols del CIAT. Estos experimentos fueron impuestos en plantaciones comerciales al momento de la cosecha de la caña plantilla, siguiendo un diseño experimental de bloques completos al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. La longitud de las parcelas fue equivalente a la del tablón, que por lo general es entre 120 m y 150 m. El ancho de las parcelas fue de 10 surcos separados 1.5 m y la parcela útil la constituyeron los cinco surcos centrales.

Los tratamientos consistieron en:

- T1: Testigo sin residuos. Los residuos fueron retirados del campo.
- T2: Cobertura total de residuos en todo el campo (0x0).
- T3: Manejo de los residuos similar a T2, pero con carga doble de residuos.
- T4: Cobertura de residuos con cepa despejada (1x0).
- T5: Residuos colocados sobre un entresurco, dejando otro entresurco limpio (1x1).
- T6: Dos entresurcos limpios seguidos por un entresurco con residuos (2x1).
- T7: Dos entresurcos con residuos seguidos por dos entresurcos sin residuos (2x2).
- T8: Residuos picados y esparcidos sobre el campo.
- T9: Caña quemada antes de la cosecha.

Al momento de la cosecha se tomaron muestras de tallos y partes de la planta para determinar la calidad de la caña y estimar la cantidad de biomasa en el campo. Inmediatamente después de la cosecha de la plantilla se establecieron los tratamientos de manejo de los residuos, los cuales fueron acomodados usando ganchos de madera. Para picar los residuos (T8) se utilizó una cosechadora de forrajes Claas Jaguar, acoplada a una mesa diseñada especialmente con el propósito de recoger los residuos de la caña en el campo. Periódicamente se tomaron muestras de suelos para determinar los cambios posibles en la fertilidad como resultado de la acumulación de los residuos. En las socas solamente se realizaron prácticas de cultivo mecanizadas en los tratamientos T1, T6, T7, T8 y T9, que permitieron el uso de maquinaria.

Experimento en el Ingenio Manuelita. Este experimento comprendió cinco socas con la variedad MZC 74-275 cosechada en verde y se realizó en la hacienda Gertrudis 105. La producción de caña de los tratamientos con manejo de residuos fue esencialmente la misma durante la primera soca (Figura 1a). En este sitio, la producción de caña disminuyó rápidamente y al momento de

la cosecha de la quinta soca de los tratamientos 0x1 y 1x1, en los cuales no se realizaron labores de cultivo, la producción de caña fue entre 35 y 45 t/ha menor que la del testigo de referencia.

La producción de caña más alta ocurrió en el tratamiento de picado de residuos, seguido por el tratamiento 2x2, donde se mecanizó el 50% del área cultivada. Las menores producciones de caña se presentaron en los tratamientos en los cuales no fue posible realizar labores culturales tendientes a mitigar los efectos de la compactación del suelo y en los que no se incorporaron fertilizantes.

Experimento en la hacienda El Hatico. En esta hacienda se sembró la variedad V 71-51 en suelo del orden Mollisols y se incluyó el tratamiento de caña quemada como parte del diseño experimental, obviando la posibilidad de incendio de las parcelas con residuos. Desde un comienzo, los tratamientos de residuos que permitieron la ejecución de las labores mecanizadas del cultivo mostraron una mayor producción que el tratamiento de caña quemada (Figura 1b). Al momento de la cosecha de la tercera soca, los tratamientos no mecanizados presentaron una producción de caña entre 35% y 40% inferior que el tratamiento de mayor producción. Debido a la caída en producción en las parcelas que no eran mecanizables (0x0, 0x1 y 1x1) se decidió cambiar el manejo en ellas por el sistema 2x1 y picado de residuos. Después de reasignar estos tratamientos, la producción en las parcelas con residuos aumentó llegando a ser igual o superior a la obtenida en el tratamiento de caña quemada.

Experimento en el CIAT. En esta zona, el promedio anual de precipitación es inferior a 800 mm/año. En el sitio el suelo es arcilloso (arcillas 2:1) y hasta el momento no se han observado efectos negativos de los residuos en la producción de caña (Figura 1c). No obstante, y como era de esperar, ésta ha declinado debido a la edad de la plantación. Los mejores resultados obtenidos hasta ahora son atribuidos al aporque alto (25 cm), que ayuda a mantener una buena relación suelo:aire, aun cuando hayan ocurrido lluvias después de la cosecha. Todo indica que la compactación del suelo acumulada es el mayor riesgo, ya que la producción de caña tiende a ser menor en los tratamientos con mayor tráfico de la maquinaria, como el 0x0 con carga doble de residuos y el de residuos picados.

Como resultado de estos trabajos se puede concluir: (1) después de una década de investigación sobre el manejo de residuos de la cosecha en verde, incluyendo variedades de alta producción de biomasa y en

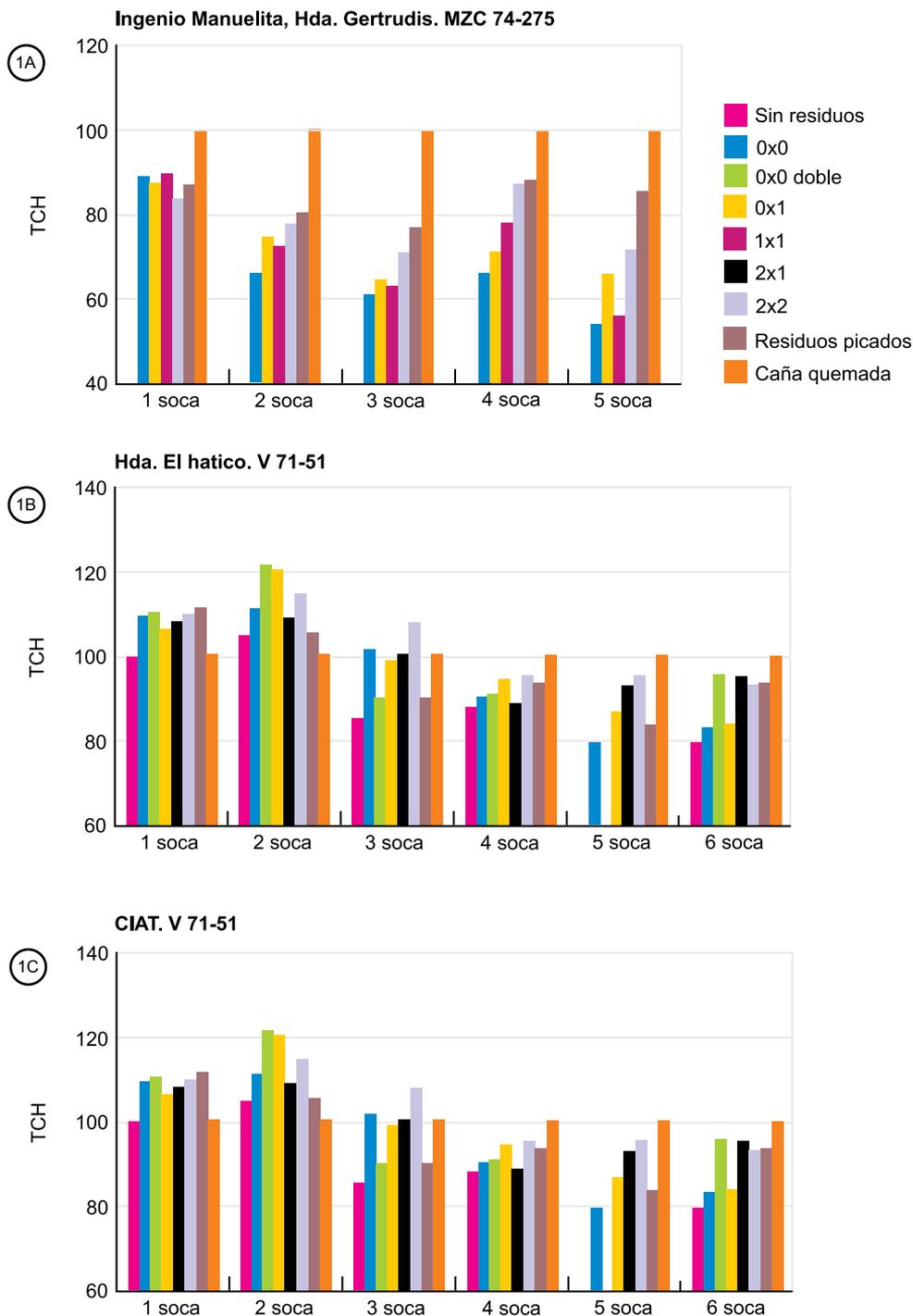


Figura 1. Producción relativa a caña quemada obtenida en los experimentos sobre manejo de residuos en sitios con suelos de los órdenes Mollisol e Inceptisol.

diferentes condiciones de clima y suelo, se reafirma la necesidad de manejar adecuadamente los residuos dentro de los 15 días siguientes a la cosecha, con el fin de evitar un efecto negativo en el rebrote de la caña, especialmente cuando ocurren lluvias después de la cosecha en verde; (2) el mejor sistema para el manejo de los residuos es aquel que permite la ejecución de las labores de cultivo en el mayor porcentaje del área cultivada, con el propósito de reducir los efectos negativos de la compactación y facilitar la incorporación de los fertilizantes en el suelo; (3) el manejo de los residuos por el sistema 2x1 es una buena opción en los campos comerciales cosechados en verde; (4) aún existe la necesidad de realizar varios pases de encalle con el fin de acomodar los residuos y evitar así un efecto negativo en el rebrote de la caña en los surcos contiguos a los entresurcos con residuos; (5) el picado de los residuos es una práctica que tiene numerosas ventajas y es posible tanto en periodos secos como húmedos; (6) el aporque de los surcos es una práctica esencial para el manejo de los residuos de la cosecha en verde y su altura debe ser mayor en las zonas húmedas con el fin de proteger las cepas de los excesos de humedad; (7) después de una década de experimentación con la incorporación de residuos, sólo se aprecian cambios en la composición química entre 5 cm y 10 cm de profundidad en el suelo; no obstante, la relación C:N de los residuos frescos es alta y existe el riesgo de someter el cultivo a déficit de nitrógeno, cuando no se hacen aplicaciones suplementarias; y (8) cuando los residuos cubren las cepas de la planta se retrasa la germinación y este efecto es más pronunciado en aquellos tratamientos con cobertura total de residuos (0x0 y residuos picados).

Evaluación de variedades de caña de azúcar para la cosecha mecanizada en verde

J. I. Victoria, A. Durán, C. Posada, J. Gómez y J. M. Pinzón

En 1996 la industria azucarera colombiana firmó un convenio de concertación con el Ministerio del Medio Ambiente, en el cual se comprometió a eliminar gradualmente las quemas en el cultivo de la caña de azúcar, hasta llegar al 2005 cuando el área total en caña debería ser cosechada en verde. Inicialmente esta forma de cosecha se ha realizado en forma manual; no obstante, se ha observado una reducción significativa en la eficiencia del corte o cantidad de caña cortada/hombre por día, razón por la cual ha sido necesario incrementar el número de corteros para esta labor, los cuales cada día son más escasos.

Actualmente existe la tendencia al aumento paulatino de la cosecha en verde mecanizada; sin embargo, esta forma de cosecha presenta algunos problemas que es necesario resolver, entre ellos una alta cantidad de residuos presentes en el campo, un deshoje deficiente y el volcamiento de algunas variedades.

El Programa de Variedades de Cenicaña tiene entre sus objetivos caracterizar y seleccionar variedades para la cosecha en verde mecanizada. Actualmente existen variedades que además de una buena producción de caña y azúcar, tienen otras características como son resistencia a volcamiento, buen deshoje y baja relación residuos/caña. Cenicaña está realizando varios trabajos con el objeto de comparar el comportamiento de estas variedades cuando se cosechan en verde en forma mecanizada frente a variedades comerciales utilizadas por la agroindustria azucarera colombiana.

Metodología

Localización. En la hacienda Cascajal, suerte 42A del Ingenio Manuelita (zona agroecológica 1CO), se estableció un experimento para evaluar el comportamiento de 14 variedades cosechadas en verde utilizando una máquina Austoft modelo 7700 de propiedad del Ingenio Manuelita. Los resultados se expresaron en términos de rentabilidad promedio en tres cortes, para lo cual se registraron todos los costos de producción en las labores de campo, cosecha y fábrica.

Variedades. La siembra se realizó el 16 y 17 de enero de 2002 y la cosecha de la plantilla el 10 y 11 de marzo de 2003, cuando el cultivo tenía 13.9 meses de edad. La primera soca se cosechó el 16 de junio de 2004, cuando el cultivo tenía 15.4 meses y la segunda el 1 de agosto de 2005, a los 13.7 meses de edad. Las variedades se sembraron en franjas de 6 surcos de 170 m de largo y 1.75 m entre surcos, para un área de 0.1785 ha por variedad. No se incluyeron repeticiones, ya que sólo se esperaba comparar el desempeño de las variedades en la cosecha mecanizada. Las variedades sembradas fueron: CCSP 89-43, CCSP 89-259, CC 91-1880, CC 91-1945, CC 91-1999, CC 92-2154, CC 92-2198, CC 92-2311, CC 92-2358, CC 92-2393, CC 92-2677, CC 93-4223, CC 87-434 y CC 85-92, las dos últimas como testigos.

Labores de cultivo. En plantilla las labores de preparación del campo consistieron en dos decepadas, dos quebradas, nivelación, subsolada, pase de rastrearado, dos rastrilladas, surcada, construcción de bateas y siembra. En la soca la labor consistió en una subsolada 8 días después del corte

En plantilla, una vez se efectuó la siembra del experimento se construyó la acequia para riego por gravedad. Dos semanas más tarde se hizo una aplicación en preemergencia (L/ha) de Gesapax 500 (3.0 L/ha), Igram (3.0 L/ha), 2,4-D Amina (1.0 L/ha), Cosmoaguas (0.2 L/ha) e Inex A (0.2 L/ha). Posteriormente se efectuó un cultivo mecánico para el control de malezas y aporque con disco. La fertilización, en forma mecanizada, se efectuó a los 70 días después de la siembra con 80 kg/ha de N, y a los 105 días se hizo una aplicación posemergente de Gesapax 500 (1.5 L/ha), Igram (1.5 L/ha), 2,4 D Amina (1.0 L), Cosmoaguas (0.2 L/ha), Inex A (0.2 L/ha) y Dorac (1.5 L/ha). Siete meses después de la siembra se efectuó un rodeo con Round-up (1.5 L/ha), 2,4 D Amina (1.5 L/ha), Inex A (0.2 L/ha) y Cosmoaguas (0.2 L/ha). En esta etapa del cultivo se aplicaron dos riegos por gravedad (2 y 15 días después de la siembra — en germinación), uno por aspersión después de la fertilización (76 días después de la siembra) y cuatro por gravedad y balance hídrico a 4.5, 5.8, 7.3, y 8.4 meses, respectivamente.

En la primera y segunda soca, el control de malezas se efectuó con Gesapax 500 (1.5 L/ha), Igram (1.5 L/ha), 2,4 D Amina (1.0 L/ha), Cosmoaguas (0.2 L/ha), Inex A (0.2 L/ha) y Dorac (1.5 L/ha). Siete meses después de la siembra se hizo una aplicación en rodeo con Round-up (1.5 L/ha), 2,4 D Amina (1.5 L/ha), Inex A (0.2 L/ha) y Cosmoaguas (0.2 L/ha). La fertilización se hizo 45 días después de la cosecha con 160 kg de N, aplicado en forma mecanizada. En la primera soca el cultivo recibió siete riegos por gravedad y en la segunda, seis.

La precipitación, la evapotranspiración y el balance hídrico durante los tres cortes registrados en la estación meteorológica automatizada establecida en la hacienda La Rita (Palmira) se presentan en la Figura 1. En la primera soca la precipitación fue menor y la evapotranspiración mayor que en plantilla y segunda soca, lo que explica la necesidad de un mayor número de riegos por gravedad en la primera.

Resultados

Cada mes a partir de 10 meses y hasta la cosecha se efectuaron muestreos en 10 tallos/parcela para determinar la maduración de las diferentes variedades. Los resultados del promedio de sacarosa % caña de las variedades que superaron al testigo CC 85-92 se presentan en la Figura 2; entre ellas se destacan CC 92-2311, CC 93-4223, CC 92-2393, CCSP 89-43, CC 92-2154, CC 92-2677 y CC 91-1880. Las variedades CC 87-434, CC 92-1945, CCSP

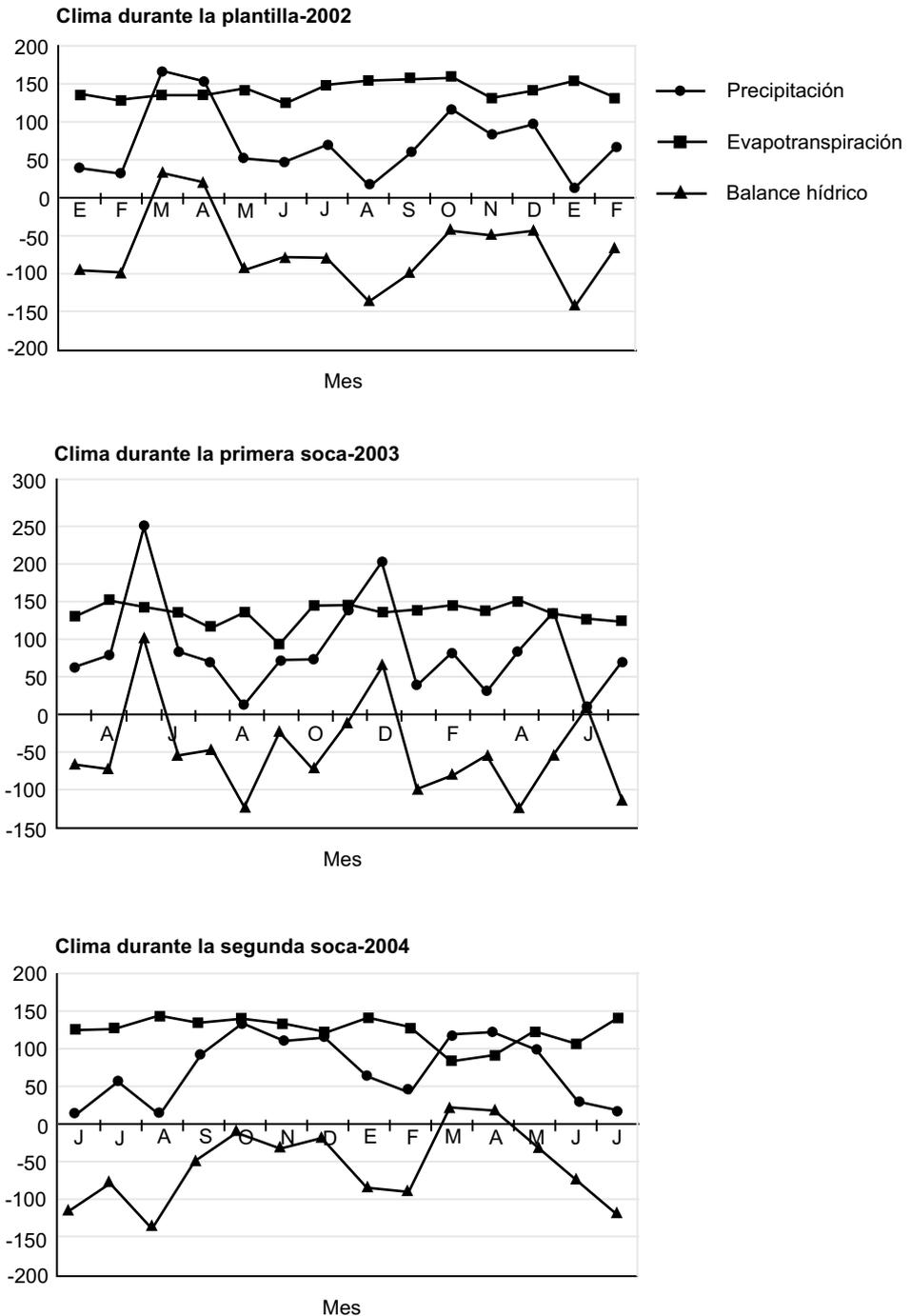


Figura 1. Precipitación, evapotranspiración y balance hídrico durante el período experimental, en la estación meteorológica de la hacienda La Rita (Palмира).

89-259, CC 92-2358, CC 91-1999 y CC 92-2198 presentaron promedios de sacarosa % caña menores que el testigo (Figura 3).

Para evaluar el desempeño de la máquina, una semana antes de la cosecha en dos sitios al azar de 3 m de surco cada uno se midieron las condiciones de las variedades. Para ello se determinaron algunos parámetros y se pesó la biomasa total cosechada y cada uno de sus componentes (caña y residuos). El promedio de los tres cortes de la evaluación general y los estimados de producción de biomasa por las diferentes variedades se incluyen

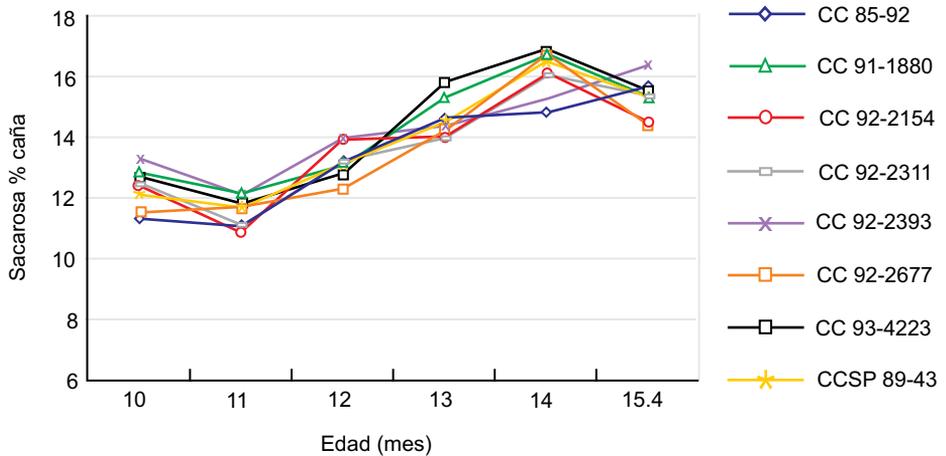


Figura 2. Variedades con sacarosa % caña superior al testigo CC 85-92.

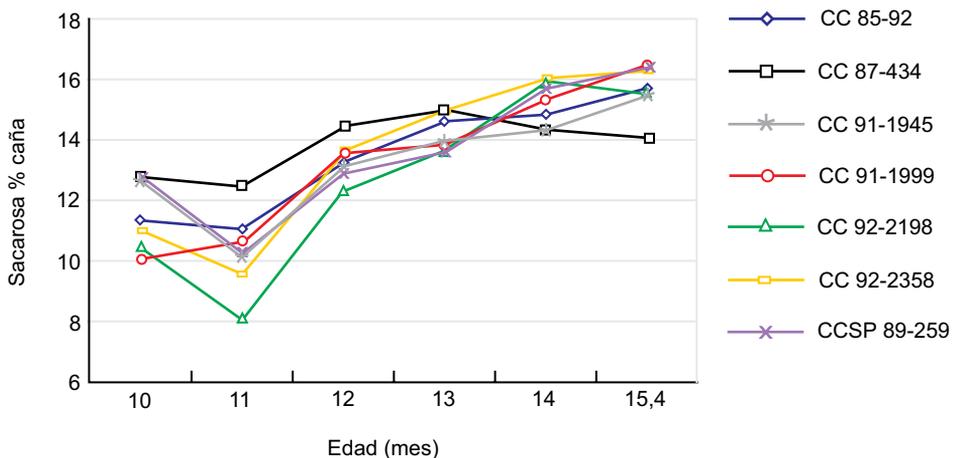


Figura 3. Variedades con sacarosa % caña por debajo del testigo CC 85-92.

en el Cuadro 1. Se destacan la mayor población de tallos de las variedades CC 91-1999, CCSP 89-259 y CC 92-1945 frente a la escasa población de la variedad CC 93-4223. Sin embargo, esa alta población tuvo un escaso efecto en la producción, como lo demuestra el caso de la variedad CC 91-1945 que presentó el menor peso de tallos en comparación con el alto peso presentado por las variedades CC 85-92 y CC 92-2198. Otras variedades con bajo peso de tallos fueron CC 93-4223, CC 91-1880 y CC 92-2393. La variedad CC 92-2677 se caracterizó por presentar tallos de diámetro reducido, mientras que la variedad CC 93-4223 presentó los tallos más gruesos. La variedad CCSP 89-43 desarrolló los tallos más largos y la CC 91-1945 fue la de menor altura. El mayor volcamiento se observó en las variedades CC 92-2198 y CCSP 89-43, lo que contrastó con la erectabilidad del resto de variedades. Las variedades de mayor estimado de residuos fueron CC 92-2311 y CCSP 89-43 y las de menor cantidad fueron CC 91-1945 y CCSP 89-259.

Cosecha mecanizada. La cosecha en verde de la plantilla se hizo a 13.9 meses de edad; la primera soca, a los 15.4 meses y la segunda soca, a los 13.7 meses. En la evaluación del desempeño de la cosechadora se utilizaron los parámetros siguientes:

Tiempo de campo. Tiempo que permanece la máquina en el área de trabajo efectuando la labor. No se incluyen los tiempos de traslado de la maquinaria hasta el lote ni el invertido en reparaciones mayores.

Tiempo teórico de campo. Es el tiempo durante el cual la máquina está cosechando caña, sin considerar el tiempo perdido por giros, atascamientos, mantenimiento o espera de vagones.

Eficiencia de campo. Es la relación entre el tiempo teórico de campo y el tiempo de campo, expresada en porcentaje.

Capacidad efectiva de campo (t/h). Cantidad de caña cosechada en la unidad de tiempo, considerando este último como el tiempo de campo.

Capacidad teórica de campo (t/h). Cantidad de caña cosechada en la unidad de tiempo, considerando este último como el tiempo teórico de campo.

Velocidad de trabajo (km/h). Es el promedio de velocidad de operación durante el tiempo teórico de campo.

La eficiencia de campo de la cosechadora Austoft 7700 del Ingenio Manuelita fue muy variable, siendo de 79.1% en la variedad CCSP 89-43 y 44.5%

Cuadro 1. Evaluación de biomasa producida por cada una de las variedades. Promedio de tres cortes en dos sitios/variedad y 3 m por sitio.

Variedad	Tallos					TCH	Long. U.C. ¹ (cm)	Long. P.Q. ² (cm)	Diámetro (cm)
	Eval. (%)	Erectos (%)	Tendidos (%)	Caídos (%)	Peso (kg)				
CC 85-92	41.3	50.0	11.1	38.9	84.4	160.8	311.3	277.8	30.3
CC 87-434	37.0	40.0	12.6	47.4	73.8	140.6	318.3	280.0	31.0
CC 91-1880	37.8	63.6	14.8	21.6	75.0	142.9	298.3	262.0	30.3
CC 91-1945	41.8	74.2	12.1	13.6	49.2	93.7	230.0	202.0	28.8
CC 91-1999	45.5	71.3	8.3	20.5	81.0	154.3	293.8	254.8	30.8
CC 92-2154	38.8	94.3	5.7	0.0	77.8	148.3	288.5	256.5	31.0
CC 92-2198	37.2	57.5	26.0	16.5	84.0	160.0	323.9	286.1	30.1
CC 92-2311	39.8	74.8	14.0	11.2	80.6	153.4	299.0	264.0	30.5
CC 92-2358	37.3	92.6	4.4	2.9	72.0	137.2	297.8	261.5	31.5
CC 92-2393	33.3	73.6	8.3	18.1	65.4	124.5	267.0	240.3	31.0
CC 92-2677	43.0	77.6	10.5	11.8	63.1	120.2	250.3	215.3	27.3
CC 93-4223	24.8	78.4	13.2	8.3	55.6	105.9	292.0	259.8	33.0
CCSP 89-259	44.5	72.8	10.2	17.0	71.4	135.9	288.0	154.0	28.8
CCSP 89-43	35.5	31.3	23.8	42.7	72.0	137.2	322.5	289.5	31.0

Variedad	Hojas verdes/ tallo (no.)	Hojas secas/ tallo (no.)	Entrenudo/ tallo (no.)	Cogollo (kg)	Hojas verdes (kg)	Hojas secas (kg)	Tallos muertos (kg)	Chulquin (kg)	Total residuos	
									(kg)	(t/ha)
CC 85-92	7.8	14.3	12.5	8.9	1.9	11.4	0.4	1.1	23.8	45.3
CC 87-434	8.3	11.0	10.8	6.8	3.0	9.9	1.1	1.0	21.7	41.3
CC 91-1880	9.8	10.5	12.8	6.1	2.0	6.3	2.0	3.2	19.6	37.4
CC 91-1945	8.0	14.3	12.3	4.4	1.3	9.1	1.5	0.8	17.0	32.5
CC 91-1999	7.8	9.5	13.8	6.7	1.9	7.2	6.0	4.5	26.2	49.8
CC 92-2154	8.3	12.0	13.5	6.3	2.1	9.4	0.3	2.9	21.1	40.1
CC 92-2198	7.8	15.4	11.6	10.1	3.8	9.7	1.1	0.6	25.2	48.0
CC 92-2311	7.5	9.8	11.0	8.2	13.0	8.6	3.1	4.7	37.6	71.6
CC 92-2358	7.8	14.0	13.3	6.0	1.2	10.2	0.8	3.9	22.1	42.1
CC 92-2393	7.5	13.8	13.5	4.0	1.7	7.7	1.6	4.7	19.7	37.6
CC 92-2677	7.0	12.8	11.5	8.8	2.7	10.6	0.3	0.2	22.5	42.9
CC 93-4223	7.0	10.0	12.5	6.2	1.9	9.6	2.1	2.6	22.3	42.5
CCSP 89-259	6.8	9.5	12.5	5.2	1.7	9.0	0.3	2.5	18.6	35.4
CCSP 89-43	8.0	9.8	12.3	6.6	2.5	9.2	6.9	7.0	32.2	61.3

1. Último cuello.
2. Punto de quiebre.

en la variedad CC 92-2677; no obstante, en este último caso el mantenimiento pudo tener algún efecto. La cosechadora sufrió los mayores atascamientos (10.2%) con la variedad CC 87-434 debido, quizás, al alto volcamiento de esta variedad. La máquina cosechadora no sufrió atascamientos, o estos fueron muy bajos, con las variedades CC 91-1945, CC 92-2154, CC 92-2311, CC 92-2358, CC 92-2393 y CC 93-4223, ni con la variedad CC 92-2677 que presenta una alta cantidad de hojas adheridas al tallo. Las mayores pérdidas de tiempo ocurrieron, principalmente, por giros, atascamientos y espera de vagones en el campo (Cuadro 2).

Para la determinación de la materia extraña producida durante la cosecha mecanizada se tomaron dos muestras con un peso entre 109 kg y 128 kg por variedad, en los vagones con caña cosechada provenientes del campo. En cada muestra se separaron los componentes (Cuadro 3), observándose que las variedades de mayor producción de materia extraña fueron CC 91-1945 y CC 92-2198 y la de menor fue CC 87-434. Con excepción de las dos primeras variedades antes mencionadas, en las demás los contenidos de materia extraña

Cuadro 2. Evaluación del trabajo de la cosechadora Austoft 7700 con variedades de caña de azúcar en el Ingenio Manuelita, Valle del Cauca, Colombia. Promedio de tres cortes.

Variedad	Porcentaje del tiempo total					
	Trabajando (%)	Giros (%)	Atascamiento (%)	Mantenimiento (%)	Campo (%)	Otras pérdidas (%)
CC 85-92	55.9	13.8	2.9	13.5	2.9	11.1
CC 87-434	71.9	11.6	10.2	0.8	4.7	0.7
CC 91-1880	73.5	13.2	4.0	5.5	3.8	0.0
CC 91-1945	69.7	13.5	0.5	0.0	1.2	15.1
CC 91-1999	76.9	17.8	2.2	0.0	2.6	0.5
CC 92-2154	73.6	14.3	0.2	0.0	11.1	0.8
CC 92-2198	79.6	9.6	6.5	0.0	2.0	2.3
CC 92-2311	70.2	15.2	0.0	0.0	7.9	6.7
CC 92-2358	70.1	17.9	0.0	0.0	12.0	0.0
CC 92-2393	73.6	12.6	0.0	0.0	13.4	0.5
CC 92-2677	44.5	8.0	0.5	8.3	12.0	26.7
CC 93-4223	60.6	9.8	0.0	0.0	6.4	23.2
CCSP 89-259	66.2	13.4	4.7	3.6	7.7	4.4
CCSP 89-43	79.1	11.6	2.9	0.0	4.6	1.8

Cuadro 3. Componentes de la materia extraña resultante de la cosecha mecanizada de variedades de caña de azúcar utilizando una máquina Austoft 7700 en el Ingenio Manuelita, Valle del Cauca, Colombia. Promedio de tres cortes.

Variedad	Total muestra (%)	Caña limpia (%)	Materia extraña (%)	Cogollos (%)	Hojas y yaguas (%)	Tallos muertos (%)	Cepas y raíces (%)	Suelo (%)	Chulquín (%)
CC 85-92	100.0	91.5	8.5	3.9	3.4	0.8	0.1	0.2	0.1
CC 87-434	100.0	94.2	5.8	2.6	2.1	0.3	0.5	0.1	0.1
CC 91-1880	100.0	92.1	7.9	4.6	1.3	1.8	0.1	0.1	0.0
CC 91-1945	100.0	86.1	13.9	3.6	1.7	1.9	6.3	0.2	0.3
CC 91-1999	100.0	90.3	9.7	4.3	3.6	1.1	0.4	0.1	0.3
CC 92-2154	100.0	94.0	6.0	3.0	1.6	0.6	0.4	0.4	0.0
CC 92-2198	100.0	88.3	11.7	3.9	4.5	1.5	0.8	0.3	0.7
CC 92-2311	100.0	93.7	6.3	3.6	1.1	1.0	0.4	0.1	0.1
CC 92-2358	100.0	93.2	6.8	3.1	1.5	0.8	0.4	0.5	0.5
CC 92-2393	100.0	92.6	7.4	4.6	2.0	0.2	0.2	0.3	0.1
CC 92-2677	100.0	90.4	9.6	5.3	2.2	0.6	1.0	0.3	0.2
CC 93-4223	100.0	93.6	6.4	3.5	1.4	1.1	0.1	0.1	0.2
CCSP 89-259	100.0	93.0	7.0	3.4	2.1	0.8	0.6	0.1	0.0
CCSP 89-43	100.0	90.9	9.1	3.7	2.1	2.3	0.4	0.0	0.6

fueron bastante bajos. Los principales componentes fueron cogollos, hojas y yaguas. La presencia de tallos secos, cepas, raíces y suelo fue muy baja.

El promedio del desempeño general de la máquina y de las variedades en los tres cortes se puede observar en el Cuadro 4. La variedad CC 85-92 presentó la mayor producción de TCH y la CC 93-4223, la menor. La variedad CC 92-2198 presentó una buena producción de TCH en los dos primeros cortes, siendo similar al testigo CC 85-92, pero en el tercero disminuyó a 118.8 TCH. Debido a la utilización de diferentes tipos de vagones, el resultado del acomodamiento de la caña se expresó en densidad (t/m^3). La variedad CC 91-1999 fue la de mejor acomodamiento y la de peor fue nuevamente la variedad CC 91-1945.

Los giros, la espera de vagones y el mantenimiento de la máquina en un área experimental de 0.18 ha fueron factores que dificultaron las mediciones del tiempo de campo, la eficiencia de campo y la capacidad de campo; por

Cuadro 4. Comportamiento de la cosechadora Austoft 7700 en el corte de diferentes variedades de caña de azúcar en el Ingenio Manuelita, Valle del Cauca, Colombia. Promedio de tres cortes.

Variedad	Caña cosecha (t)	Densid. (kg/m ³)	Tiempo de campo (min)	Tiempo teórico de campo (min)	Efic. campo (%)	Capac. campo (t/h)	Capac. teórica campo (t/h)	Veloc. trabajo (km/h)
CC 85-92	27.2	475.6	82.1	42.0	55.9	22.3	39.7	1.5
CC 87-434	22.0	435.6	56.2	40.3	71.9	23.5	32.8	1.5
CC 91-1880	20.4	440.8	40.9	30.2	73.5	30.1	41.3	2.1
CC 91-1945	22.9	423.3	45.1	29.3	69.7	31.4	47.4	2.1
CC 91-1999	23.0	533.5	42.4	32.4	76.9	32.9	43.0	1.9
CC 92-2154	23.2	466.8	39.5	29.1	73.6	35.7	48.8	2.1
CC 92-2198	24.5	446.8	58.3	39.0	67.9	22.5	33.3	1.4
CC 92-2311	22.7	459.6	41.0	28.3	70.2	34.5	50.0	2.3
CC 92-2358	22.5	454.5	36.0	25.1	70.1	38.9	55.6	2.5
CC 92-2393	21.6	422.2	34.6	25.4	73.6	37.4	51.6	2.4
CC 92-2677	22.9	475.8	71.6	26.9	44.5	22.7	51.2	2.3
CC 93-4323	19.4	430.6	44.3	25.7	60.6	27.4	45.5	2.4
CCSP 89-259	24.4	438.2	51.4	32.4	66.2	31.6	46.2	1.9
CCSP 89-43	22.7	449.8	56.9	44.8	79.1	24.1	30.6	1.4

tanto, el resultado de mayor significado en esta evaluación fue la capacidad teórica de campo. En este parámetro se destacaron las variedades CC 92-2358, CC 92-2393, CC 92-2677 y CC 92-2311, en las cuales la máquina mostró una capacidad teórica superior a 50 t/h. Este resultado se debe, probablemente, al menor tonelaje de caña producido por estas variedades y a la facilidad de desplazamiento de la cosechadora a velocidades entre 2.3 y 2.5 km/h. No obstante, es necesario señalar que las variedades CC 92-2154 y CCSP 89-259 mostraron una capacidad teórica de cosecha cercana a las 50 t/h y una buena producción de caña.

Los resultados de este estudio muestran que existen variedades que resultan en buena capacidad teórica de campo y características agronómicas deseables como bajo volcamiento, buen deshoje, tallos de buen peso y baja producción de residuos, que las hacen aptas para la cosecha en verde mecanizada.

Productividad. La productividad de las diferentes variedades fue medida en el área experimental (0.1785 ha), la caña fue pesada en báscula y las muestras para análisis fueron tomadas en el momento de determinar la materia extraña. Los resultados (Cuadro 5) del análisis del (ARE. % caña) realizado en el laboratorio de química de Cenicaña muestran que la variedad CC 85-92 se destacó por el alto tonelaje producido, mientras que la variedad CC 93-4223 presentó la menor producción de caña. Cuando se combina la producción de caña con el ARE % caña se observa claramente que existen tres grupos de productividad similar, así: un primer grupo conformado por las variedades CC 85-92, CC 92-2154, CC 87-434, CC 92-2311, CCSP 89-259 y CC 92-2677, con un promedio aproximado de 0.94 TAHM; un segundo grupo conformado por las variedades CC 91-1999, CC 91-1945, CCSP 89-43, CC 92-2358 y CC 92-2198, que producen más de 1.2 TAHM; y un tercer grupo conformado por las variedades CC 93-4223 CC 91-1880 y CC 92-2393, con menos de 0.80 TAHM. En la Figura 4 se observa las curvas de isoproductividad teniendo en cuenta los resultados de los grupos de variedades antes mencionados. Es importante mencionar que la isoproductividad de las variedades CC 92-2154 y CC 85-92 fue similar, con la diferencia que la primera la alcanzó vía sacarosa y la segunda, vía tonelaje.

Cuadro 5. Productividad de diferentes variedades de caña de azúcar cosechadas con máquina Austoft 7700 en el Ingenio Manuelita del Valle del Cauca, Colombia. Promedio de tres cortes y 14.3 meses de edad.

Variedad	TCH	ARE	TAH	TAHM
CC 85-92	152.3	9.3	14.2	0.993
CC 87-434	123.3	10.8	13.3	0.927
CC 91-1880	114.7	9.6	11.0	0.768
CC 91-1945	129.0	9.7	12.5	0.877
CC 91-1999	128.1	9.9	12.7	0.891
CC 92-2154	130.0	10.9	14.2	0.992
CC 92-2198	136.8	8.8	12.0	0.840
CC 92-2311	127.2	10.4	13.2	0.924
CC 92-2358	125.8	9.6	12.1	0.846
CC 92-2393	121.0	9.0	10.8	0.758
CC 92-2677	128.3	10.2	13.1	0.914
CC 93-4223	109.1	10.4	11.4	0.796
CCSP 89-259	136.8	9.6	13.1	0.916
CCSP 89-43	127.3	9.8	12.5	0.876

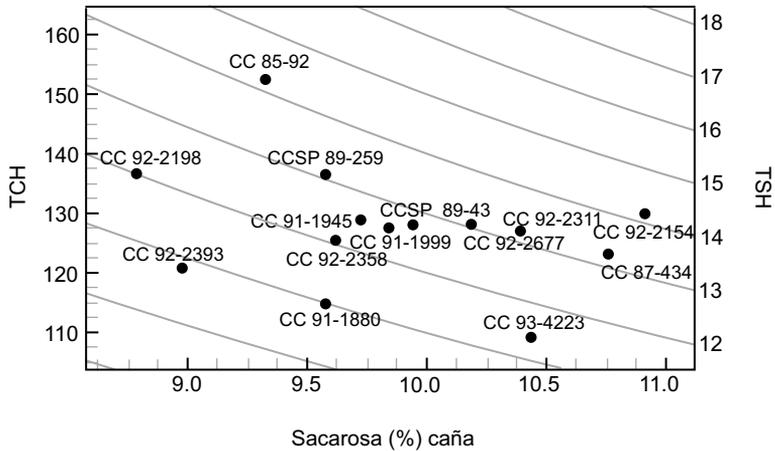


Figura 4. Curvas de isoproductividad de las diferentes variedades de caña de azúcar cosechadas con máquina Austoft 7700. Se observan tres grupos con productividad similar.

Rentabilidad de las variedades. Para el cálculo de esta variable se tuvieron en cuenta todos los costos generados en las labores de cultivo durante el desarrollo del experimento, tomando como base las tarifas del Ingenio Manuelita. Los costos de la preparación del campo y la siembra de caña fueron diferidos en un período de cinco cortes. El análisis de rentabilidad para el caso de tierras propias se presenta en el Cuadro 6. En campo, la variedad de menor costo fue CC 85-92 por su mayor tonelaje y la más costosa fue CC 93-4223 por su baja producción de caña. En cosecha, las variedades de mejor comportamiento económico fueron CC 92-2358, CC 92-2667, CC 92-2393 y CC 92-2154 debido al buen desempeño de la cosechadora como resultado de la mayor velocidad durante el corte y al mejor acomodo de la caña en los vagones. Los costos de fábrica corresponden a los del Ingenio Manuelita y fueron similares para todas las variedades, no obstante, se debe aclarar que la cantidad de caña cosechada no fue suficiente para diferenciar por variedad en la elaboración de azúcar.

De acuerdo con lo anterior, las variedades de menor costo de producción de caña y de azúcar fueron CC 92-2154, CC 92-2311, CC 92-2677, CC92-2358, CCSP 92-259, CC 91-1945, CC 91-1999, CC 93-4223 y CC 87-434 por su mayor contenido de azúcar en comparación con la variedad CC 85-92 (Figura 4). Este menor costo de producción a su vez se reflejó en una mayor rentabilidad de estas variedades frente a las demás en el grupo evaluado. Las variedades CC 92-2198, CCSP 89-43, CC 91-1880 y CC 92-2393 fueron las de menor rentabilidad.

Cuadro 6. Análisis económico de 13 variedades cosechadas con la máquina Austoft 7700 en tierras propias del Ingenio Manuelita, en porcentaje relativo a CC 85-92. No se incluyen costos financieros ni de comercialización (costos de campo, suerte 42A de la hacienda Cascajal en 2001 y 2002; costos de fábrica, azúcar blanco y crudo, acumulado a diciembre de 2002).

Variedades	TCH	ARE (% caña)	Costos					Margen (\$/ta, %)
			Campo (%)	Cosecha (%)	Fábrica (%)	Totales (\$/tc, %)	Totales (\$/ta, %)	
CC 85-92	152	9.3	100	100	100	100	100	100
CC 87-434	123	10.8	124	121	100	114	99	103
CC 91-1880	115	9.6	133	106	100	110	107	83
CC 91-1945	129	9.7	118	93	100	102	97	106
CC 91-1999	128	9.9	119	99	100	104	98	105
CC 92-2154	130	10.9	117	91	100	101	86	134
CC 92-2198	137	8.8	111	117	100	109	116	62
CC 92-2311	127	10.4	120	90	100	101	91	123
CC 92-2358	126	9.6	121	85	100	99	96	110
CC 92-2393	121	9.0	126	90	100	102	106	85
CC 92-2677	128	10.2	119	89	100	100	92	120
CC 93-4223	109	10.4	140	101	100	110	98	104
CCSP 89-259	137	9.6	111	93	100	100	97	107
CCSP 89-43	127	9.8	120	126	100	115	109	78

Caña abandonada en el campo. La cantidad de caña abandonada en el campo y los residuos presentes después de la cosecha se midieron mediante la toma de dos muestras (10 m²) en cada una de las parcelas. El promedio de caña abandonada fue de 6.9 t/ha, valor bastante bajo, que indica un buen desempeño de la cosechadora y las variedades durante el corte (Cuadro 7). Las variedades CC 91-1999, CC 92-2198 y CC 87-434 presentaron los valores más altos, siendo similares a los mostrados por las variedades comerciales sembradas en el Ingenio Manuelita. Los menores valores (< 3.5 t/ha) ocurrieron con las variedades CC 92-2677, CC 92-2393, CC 92-2358 y CC 93-4223. Los residuos producidos y remanentes en el campo fueron más altos con las variedades CC 92-2198, CCSP 89-43, CC 85-92 y CC 93-4223 y menores con las variedades CC 92-2154, CC 92-2393, CCSP 89-259 y 91-1880, siendo estos últimos inferiores a los que se tienen en campos comerciales del ingenio.

Cuadro 7. Cantidad de residuos y caña remanentes en el campo después de la cosecha con máquina Austoft 7700 en el Ingenio Manuelita, Valle del Cauca, Colombia. Promedio de tres cortes.

Variedades	Total caña abandonada (t/ha)	Residuos		Total residuos t/ha
		Cogollos (t/ha)	Material semipicado (t/ha)	
CC 85-92	7.8	0.5	31.4	31.9
CC 87-434	11.9	0.2	25.3	25.5
CC 91-1880	7.7	0.3	23.6	24.0
CC 91-1945	8.5	0.4	27.3	27.7
CC 91-1999	12.3	0.8	23.7	24.5
CC 92-2154	3.0	0.2	21.4	21.6
CC 92-2198	12.1	0.8	40.4	41.3
CC 92-2311	5.8	0.3	24.2	24.5
CC 92-2358	3.5	0.3	26.5	26.8
CC 92-2393	3.3	0.2	21.4	21.6
CC 92-2677	2.1	0.2	29.6	29.8
CC 93-4223	3.2	0.2	31.5	31.7
CCSP 89-259	6.2	0.5	23.0	23.5
CCSP 89-43	9.2	0.4	34.1	34.5

Conclusiones

Los resultados de este trabajo mostraron que existen variedades de caña de azúcar de buen comportamiento cuando se cosechan en forma mecanizada. La cantidad de materia extraña producida por 12 de las variedades fue bastante baja, siendo igual o menor que la cantidad que ocurre en el corte manual de caña verde. El alto volcamiento de la variedad CC 87-434 no fue un impedimento para su buen desempeño en la cosecha mecanizada. Según los resultados del presente estudio, las variedades de mayor tonelaje de caña, entre ellas, CC 85-92, CC 92-2198 y CCSP 89-259, no necesariamente fueron las variedades más rentables en términos económicos. Entre estas últimas se encuentran las variedades CC92-2154 y CC 92-2311, las cuales por su mayor contenido de azúcar resultaron más rentables en el momento de la cosecha y transporte.

De acuerdo con lo anterior, en este momento existe un grupo de variedades conformado por CC 92-2154, CC 92-2311, CC 92-2677 y posiblemente, CC 92-22358, que deben ser tenidas en cuenta para estudios futuros a escala semicomercial en diferentes zonas agroecológicas. Se espera que los resultados de estos estudios permitan a la industria azucarera disponer de nuevas variedades con buen desempeño frente a la cosecha mecanizada.

Estado sanitario de campos cosechados en verde

J. C. Ángel, M. L. Guzmán y J. I. Victoria

La cosecha de caña de azúcar en verde es una práctica de reciente adopción que aún no ha incidido en los niveles de infestación de las enfermedades de este cultivo. La principal razón para esta situación es la alta resistencia de las variedades sembradas a las enfermedades carbón, roya y mosaico, y la alta calidad sanitaria de la semilla utilizada para la siembra de las variedades cultivadas. En el valle geográfico del río Cauca la incidencia de las enfermedades a través del tiempo ha sido baja en lotes semilleros y comerciales. En algunos lotes cosechados en verde se ha observado una baja germinación de la soca debido a la alta humedad en el suelo y al efecto alelopático de los residuos, antes que a la presencia de patógenos. Muchos hongos han sido aislados de las raíces jóvenes y aparentemente sanas de la caña de azúcar; entre los más frecuentes se encuentran *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Phoma*, *Trichoderma*, *Pyrenochaeta*, *Cylindrotrichum*, *Epicoccum*, *Cephalosporium*, *Verticillium*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Rhynocladiella* y *Periconia*. En forma preliminar se observó la presencia del hongo patogénico *Pythium* sp., con aislamientos de cultivos puros de *P. aphanidermatum*, *P. graminicola* y *P. spinosum*, los cuales no han ocasionado efectos negativos en la producción de caña.

Con el aumento de la cosecha en verde, posiblemente ocurrirá un incremento en las fuentes de inóculo entre cortes y es de esperar variaciones en la incidencia de algunas enfermedades. Estas variaciones deben ser determinadas para las distintas modalidades de manejo de los residuos de cosecha con el fin de preparar medidas de control complementarias que eviten el incremento de las afecciones. Estas determinaciones deben ser realizadas en varios ciclos de cultivo y en diferentes variedades para identificar de manera oportuna cualquier cambio drástico y tomar las acciones oportunas.

Actualmente las variedades sembradas son resistentes en 99% a carbón, 95% a roya y 100% a mosaico de la caña de azúcar (ScMV), y aunque no presentan resistencia al raquitismo de la soca (RSD) y a la escaldadura de la hoja (LSD), el manejo de estas enfermedades es posible mediante el uso de semilla tratada térmicamente y semilleros sanos. La diseminación de las bacterias causantes del RSD y LSD ocurre a través del empleo de semilla infectada y por la contaminación de los machetes cuando se cosechan tallos afectados y sanos. Esta diseminación es favorecida por la capacidad de supervivencia de los patógenos en la herramienta de corte, hasta 18 días la bacteria del RSD y 6 días la bacteria del LSD.

La eficiencia de transmisión del RSD por machete depende del nivel de susceptibilidad de las variedades, siendo la incidencia mayor en socas que en plantilla. En Australia, empleando sembradoras mecánicas, se encontró una alta transmisión tanto de RSD como de LSD durante las labores de siembra de semilla de caña, lo cual sugiere la necesidad de implementar sistemas de control de estos agentes durante las labores culturales o de corte. La siembra de semilla vegetativa sana, la prevención de la diseminación mediante la desinfección de los machetes y la siembra de variedades resistentes son los sistemas actualmente utilizados con éxito.

La hoja amarilla (ScYLV) es una enfermedad causada por un virus diseminado principalmente por el uso de semilla infectada; aunque no es transmitida por la herramienta de corte, sí lo es eficientemente por el áfido *Melanaphis sacchari*. Su importancia actual es alta debido a que algunas de las variedades susceptibles se encuentran sembradas en la región, entre ellas CC 84-75 y CC 87-505. La variedad CC 85-92 sembrada en más del 50% del área presenta resistencia a esta enfermedad.

Evolución y diseminación de las enfermedades

Para conocer la incidencia y la evolución de carbón, roya, mosaico, RSD, LSD y otras enfermedades de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca, se hicieron evaluaciones visuales a los cuatro meses de edad en semilleros y lotes comerciales en plantilla y soca. En cultivos de ocho meses de edad se tomaron al azar muestras de 20 hojas —una muestra cada 3 a 5 ha— para evaluar la incidencia del RSD, LSD, ScYLV, ScMV y virus baciliforme (ScBV).

Entre 1998 y 2003 en estos trabajos no se registraron incrementos de las enfermedades evaluadas debido a la alta resistencia de las variedades

comerciales a las principales enfermedades de la zona, (carbón, roya, mosaico, RSD, LSD y ScYLV) (Cuadro 1) y a las medidas sanitarias aplicadas al material de siembra.

Cuadro 1. Resistencia de las variedades comerciales de caña de azúcar a las principales enfermedades registradas en Colombia.

Enfermedad	Porcentaje de variedades	
	Resistentes	Susceptibles
Carbón	99	1
Roya	95	5
Mosaico	100	0
Raquitismo de la soca	40	60
Escaldadura de la hoja	42	58
Hoja amarilla	58	42

Caracterización de hongos que ocasionan pudrición

El cultivo de la caña y la quema previa a la cosecha disminuyen las poblaciones de microorganismos presentes en el suelo, incluyendo entre ellos los causales de enfermedades como roya, carbón, RSD y LSD. Los microorganismos del suelo pueden recuperar parte de su población un mes después de la quema, en especial cuando los residuos entran en proceso de descomposición.

La presencia de residuos de la cosecha en verde favorece el incremento de la humedad en el suelo, ocasionando pérdidas de aireación y, en ocasiones, efectos alelopáticos sobre el cultivo. Estas condiciones son propicias para el incremento poblacional de grupos de microorganismos, principalmente de aquellos que utilizan M.O. como el basidiomiceto *Marasmius* spp., un hongo que se encuentra presente en los cultivos de caña de azúcar y que normalmente no afecta la producción, aunque en ciertas condiciones ambientales puede llegar a constituir un factor limitante.

Con el objeto de determinar los hongos y microorganismos asociados con el sistema radicular de la caña, en suertes de los Ingenios Cauca y La Cabaña, caracterizadas por una alta pluviosidad, se tomaron muestras de cepas aparentemente sanas y de cepas que presentaban pudrición debido a la humedad. Las raíces presentaron 53.9% de campos positivos al microscopio (hongos presentes). En las raíces fue identificada una alta población de hongos del tipo micorrizas y en menor proporción el hongo *Periconia* sp. De las raíces jóvenes y aparentemente sanas de la caña de azúcar fueron aislados varios

hongos, siendo los más frecuentes *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phoma* y *Pyrenochaeta*. En medio cámara húmeda y medio agar-agua se aislaron los hongos *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Phoma*, *Trichoderma*, *Pyrenochaeta*, *Cylindrotrichum*, *Epicoccum*, *Cephalosporium*, *Verticillium*, *Aspergillus*, *Curvularia*, *Rhinochlaidiella* y *Periconia*.

La alta existencia y diversidad de hongos asociados con las raíces de caña de azúcar indican su importancia biológica, ya que podrían, eventualmente, tener efectos deprimentes o benéficos para la planta, influenciando de manera positiva o negativa la acción de otros organismos benéficos como las micorrizas.

En forma preliminar, en cepas de caña de azúcar en el Ingenio Incauca se observó la presencia del hongo patogénico *Pythium* sp. y se aislaron cultivos puros de los hongos *Pythium aphanidermatum*, *P. graminicola* y *P. spinosum*. A pesar de lo anterior, la incidencia de estos hongos se considera baja y hasta el momento no han afectado la producción del cultivo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca.

Flora microbiana en suelos cultivados con caña de azúcar y otros sistemas de explotación

G. M. Manrique, M. L. Guzmán y J. I. Victoria

Existen divergencias en los resultados que sobre la microflora del suelo tienen las quemaduras de desechos agrícolas realizadas como práctica rutinaria desde épocas antiguas. En caña de azúcar hay muy poca información al respecto, aunque esta práctica se ha venido realizando desde hace mucho tiempo. En el estudio que se presenta a continuación se encontró un mayor índice poblacional de hongos y bacterias en diferentes profundidades de muestreo, especialmente hasta 10 cm en los lotes con cultivos no quemados antes de la cosecha, en comparación con lotes donde estos fueron quemados. No obstante, en las evaluaciones realizadas un mes después de la quema se encontró que la microflora del suelo, tanto bacteriana como fúngica, se había restablecido plenamente. En la evaluación de la quema en lotes con encalle de residuos de cosecha se encontró que en los suelos sin quema al momento de la cosecha y con encalle de residuos al 0x1 el índice poblacional de microorganismos era mayor en comparación con el encalle al 2x1. Por otra parte, este índice varió

de mayor a menor población en el orden siguiente: suelos de bosque, cultivo en rotación sorgo-soya, ganadería, sin quema y encalle de residuos al 0x1, sin quema y encalle de residuos al 2x1. Los suelos que presentaron el menor índice poblacional de microorganismos fueron aquellos que siempre estuvieron sometidos a la quema de la caña de azúcar al momento de la cosecha.

En este trabajo se estudió el impacto ecológico que sufren los microorganismos del suelo en diferentes tipos de cultivo y en la cosecha de la caña en verde y quemada.

Metodología

Los muestreos se realizaron en lotes de la hacienda El Hatico y en el lote 9 en la estación experimental de San Antonio de los Caballeros, de Cenicaña. La hacienda El Hatico está ubicada en cercanías del municipio El Cerrito (Valle del Cauca), a 3° 47' norte y 76° 16' oeste, a 1000 m.s.n.m., con temperatura promedio de 24 °C, humedad relativa de 75% y una precipitación promedio anual de 885 mm. El período de lluvias es bimodal, de marzo a mayo y de septiembre a noviembre. La textura del suelo es franco arcillosa y el contenido de materia orgánica es el siguiente: entre 2% y 2.5% en suelos con caña de azúcar, 3% y 3.6% en suelos en pasturas con ganadería, y más de 4% en suelos con bosques. El pH predominante en el suelo es de 6.2 y la cantidad de P disponible varía entre 20 y 30 ppm.

La estación experimental de Cenicaña se encuentra a 3° 23' norte y 76° 19' oeste, a 980 m.s.n.m., con una temperatura de 23.5 °C, una humedad relativa de 76.9%, una precipitación anual de 1178 mm y una evaporación de 1658 mm.

Para el trabajo de campo en la hacienda El Hatico se seleccionaron suelos con diversas características y tipos de vegetación, entre ellos, bosque (suelo virgen), de pasturas dedicados a la ganadería, cultivos en rotación sorgo-soya y cultivos de caña con diferentes sistemas de manejo: quemado al momento de la cosecha por más de 25 años, sin quemar y con encalle de residuos al 0x1, sin quemar y encalle de residuos al 2x1, con quema en las últimas tres cosechas y sin quema durante un número igual de cosechas. Los muestreos de suelos se hicieron en tiempos diferentes después de la quema: 0 h, 12 h, 24 h y 48 h, y 8 y 30 días.

De cada muestra de suelo se tomaron cinco submuestras de 200 g, en diferentes sitios ubicados hacia el centro del lote y a profundidades (cm) de

0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm y más de 40 cm. Las herramientas utilizadas para esta labor fueron desinfectadas con Vanodine 3 ml/l entre cada profundidad de suelo tomada y en cada sitio de muestreo; finalmente, las muestras de cada horizonte se mezclaron para recolectar 1 kg de suelo por profundidad de muestreo.

Las muestras fueron trituradas y homogenizadas en el invernadero de Cenicafña, eliminando materiales distintos a las partículas de suelo, antes de tomar submuestras de 10 g por cada profundidad. En esta cantidad de suelo se agregaron 90 ml de agua destilada estéril y se agitó durante 20 min antes de hacer las respectivas diluciones en serie. Finalmente se sembraron 100 μ l en cajas de petri con los medios de cultivo propios para el crecimiento y desarrollo de hongos y bacterias. La población de bacterias se midió a las 48 h y la población fúngica, a las 96 h después de la siembra, haciendo el recuento del número de unidades formadoras de colonias (UFC) de acuerdo con la dilución, y expresando el resultado en UFC/g de suelo. Para los hongos se sembraron las diluciones 10^{-2} y 10^{-3} y para las bacterias, las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} con dos repeticiones por cada dilución y profundidad de muestreo.

Resultados

Medios de cultivo

Se realizó una serie de ensayos tendientes a definir la metodología de manejo de las muestras. En el caso de los hongos se emplearon como medios de cultivo el extracto de malta y el Czapek-Dox Agar, que presentaron un bajo crecimiento poblacional, por lo cual fueron descartados para otros ensayos. Posteriormente se emplearon los medios de cultivo Agar-ácido-peptona con un pH de 6.3 y Martin's Rose Bengal Agar con un pH de 6.3 que presentaron poblaciones de bacterias contaminantes de los medios de cultivo, no obstante, al disminuir el pH a un valor de 5.8 se obtuvo una menor contaminación y por consiguiente mejores resultados para el crecimiento de los hongos.

La comparación entre los dos medios anteriormente mencionados fue realizada en dos muestras de suelo tomadas antes de la quema de la caña y 16 h después. Los resultados obtenidos muestran que el medio Martin's Rose Bengal Agar presentó cuantitativamente la mayor población fúngica (Figura 1). Además se notó una abundante población de hongos entre 10 cm y 20 cm de profundidad en el suelo. La menor población en las profundidades entre 0 y 5 cm y entre 5 cm y 10 cm se debió, posiblemente, al efecto de la quema sobre la población fúngica del suelo ocurrida 16 h antes.

Para el caso de las bacterias se empleó el medio de cultivo Plate Count Agar a pH 6.3 con Ciclohexamide y sin Ciclohexamide, descartando la primera por presentar una menor población bacteriana. En la Figura 2 se observa que entre 5 cm y 10 cm de profundidad en el suelo se presentó la mayor población bacteriana y después de esta última profundidad ocurrió una disminución significativa.

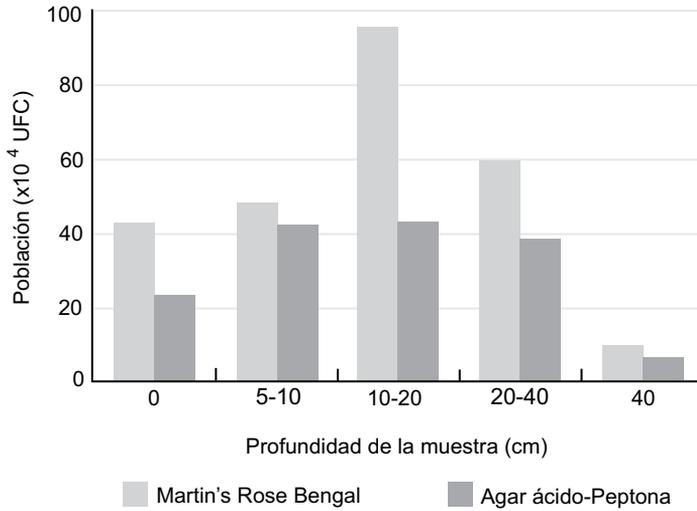


Figura 1. Población fúngica en dos medios de cultivo. 16 horas después de la quema.

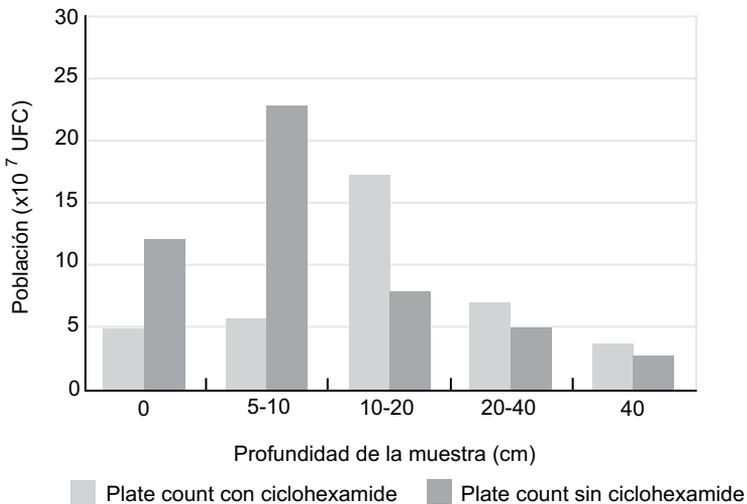


Figura 2. Población bacteriana en dos medios de cultivo. 16 horas después de la quema.

Hongos

El índice poblacional de hongos en los suelos y en todas las profundidades de muestreo presentó los valores variables en el orden siguiente: bosque no intervenido, caña sin quemar y encalle de residuos al 0x1, caña sin quemar y encalle de residuos al 2x1, y caña quemada durante 25 años al momento de la cosecha (Figura 3). En este último sistema de manejo del cultivo se presentó la más baja población fúngica comparado con los demás suelos en la muestra; además, se presentó una disminución de 13.5×10^4 UFC/g en la profundidad entre 0 cm y 5 cm en comparación con la profundidad entre 5 cm y 10 cm. En general se observó que el índice poblacional de hongos decreció a medida que se profundizó en el suelo.

Bacterias

Los valores de UFC/g muestran una población bacteriana variable de mayor a menor en suelos de bosque, caña sin quemar y con encalle 0x1, caña sin quemar y encalle al 2x1, y caña quemada durante 25 años al momento de la cosecha (Figura 4).

Efectos del sistema de cosecha

El efecto de los sistemas de cosecha con quema y sin quema de caña de azúcar en los microorganismos del suelo, durante tres cortes y en los 25 años previos, aparecen en la Figura 5 para el caso de la población de hongos y en

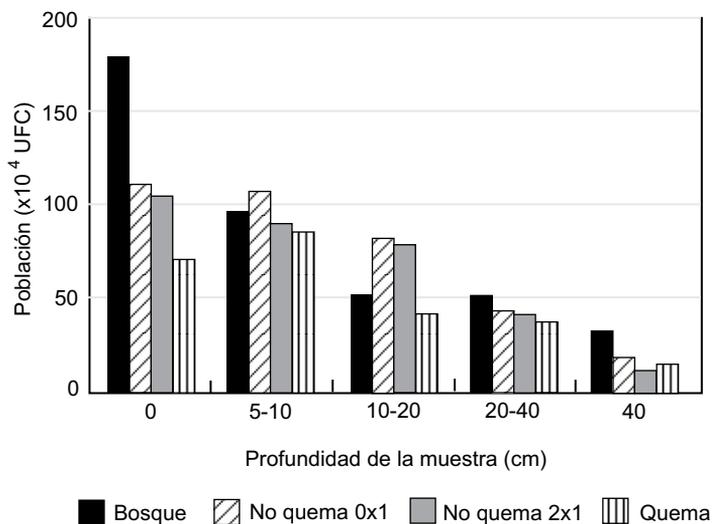


Figura 3. Población fúngica en suelos con diferentes sistemas de uso.

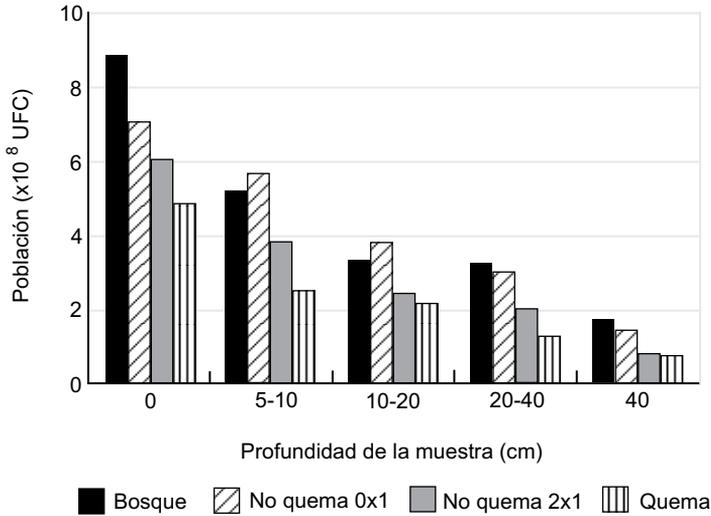


Figura 4. Población bacteriana en suelos con diferentes sistemas de manejo.

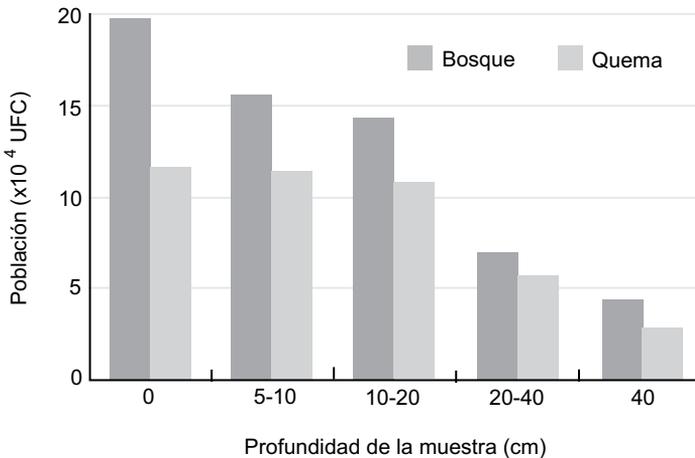


Figura 5. Población fúngica en suelos con diferentes sistemas de manejo.

la Figura 6 para las bacterias. Se aprecia que el suelo sin quema del cultivo en las últimas tres cosechas presentó el mayor índice poblacional tanto de hongos como de bacterias. Igualmente se observa que a medida que la profundidad en el suelo es mayor, decrece el número de UFC/g.

Cambios de la población microbiana en el tiempo

El efecto en el tiempo de la quema durante la cosecha de la caña de azúcar en

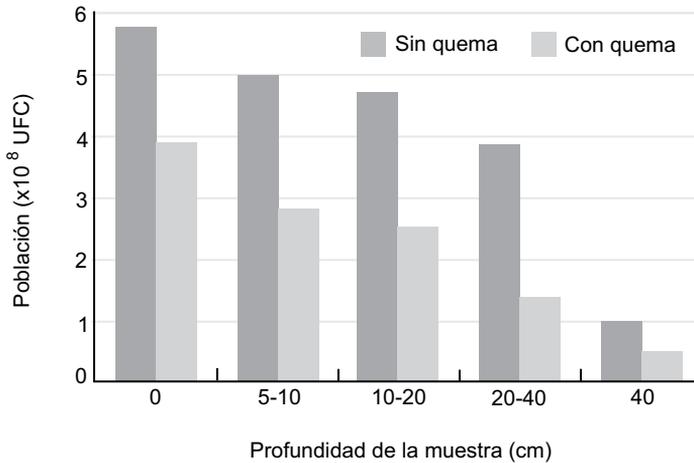


Figura 6. Población bacteriana en suelos con diferentes sistemas de manejo.

la microbiología del suelo muestra claramente que esta práctica afecta significativamente tanto la población de hongos como de bacterias (Figuras 7 y 8), especialmente en la capa superficial del suelo. No obstante, la población de la microflora entre 0 cm y 5 cm de profundidad en el suelo se recupera a medida que transcurre el tiempo, alcanzando valores casi normales 30 días más tarde (Figuras 9 y 10). Un efecto similar se observó en las demás profundidades, aunque el cambio no fue tan evidente como en la superficie.

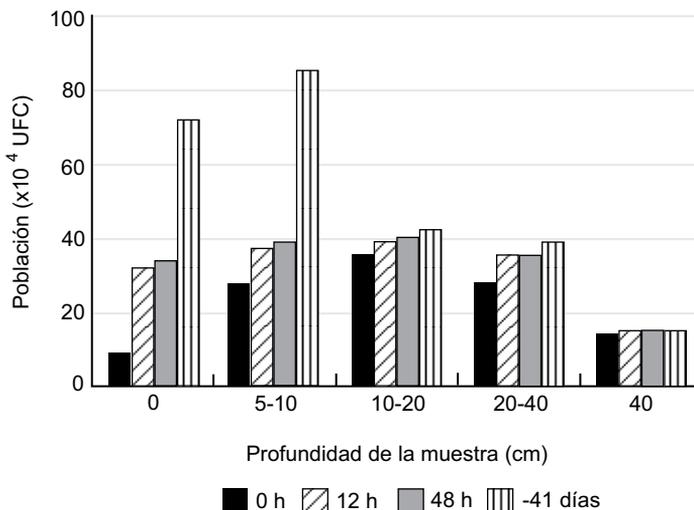


Figura 7. Población fúngica 41 días antes de la quema y 0, 12 y 48 horas después de la quema de la caña.

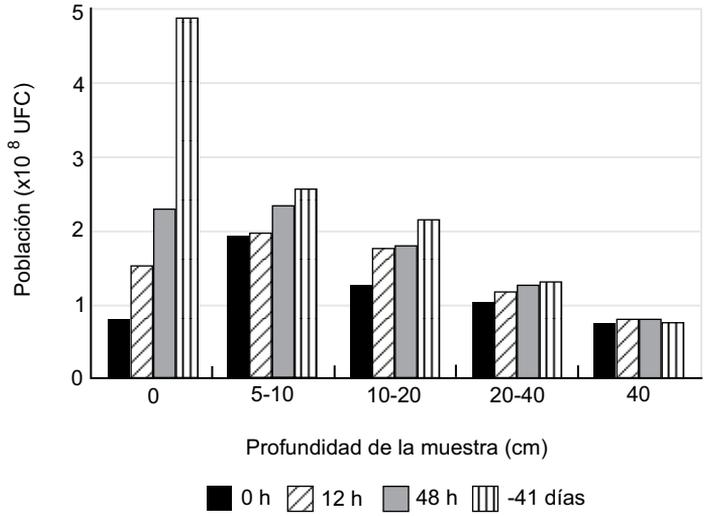


Figura 8. Población bacteriana 41 días antes de la quema y 0, 12 y 48 horas después de la quema de la caña.

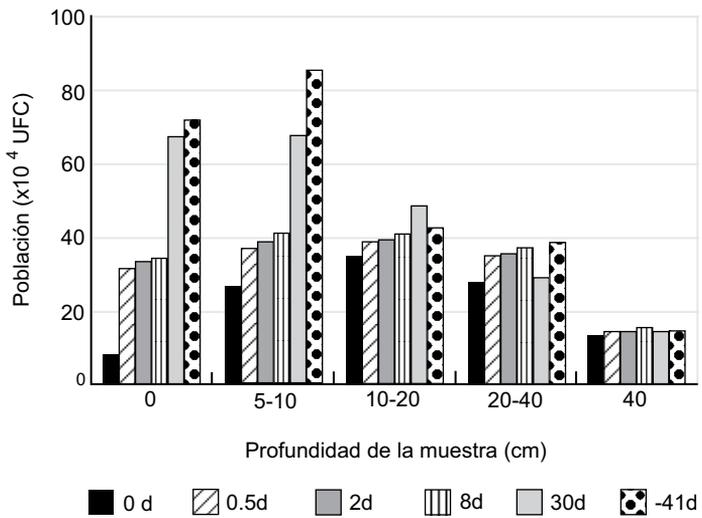


Figura 9. Población fúngica en diferentes días después de la quema de la caña.

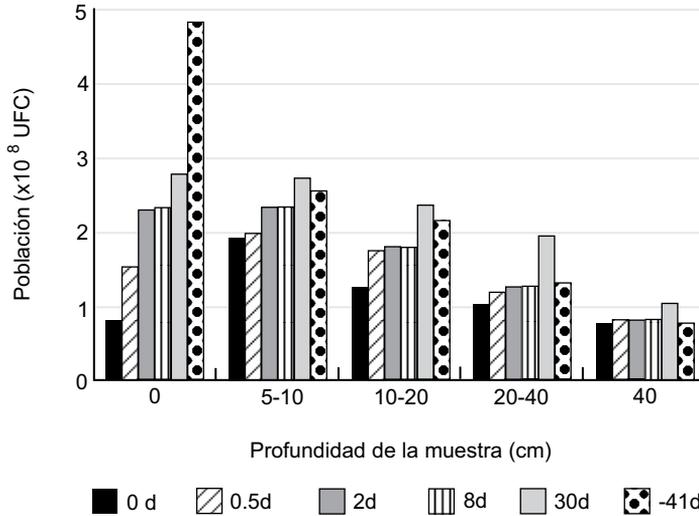


Figura 10. Población bacteriana en diferentes días después de la quema de la caña.

Población microbiana en suelos con diferentes cultivos

La población de hongos y bacterias fue mayor en el suelo de bosque en todas las profundidades de muestreo, en comparación con suelos en explotaciones ganaderas o cultivadas con la rotación sorgo-soya o en caña de azúcar (Figuras 11 y 12). El suelo cultivado en caña de azúcar presentó siempre la

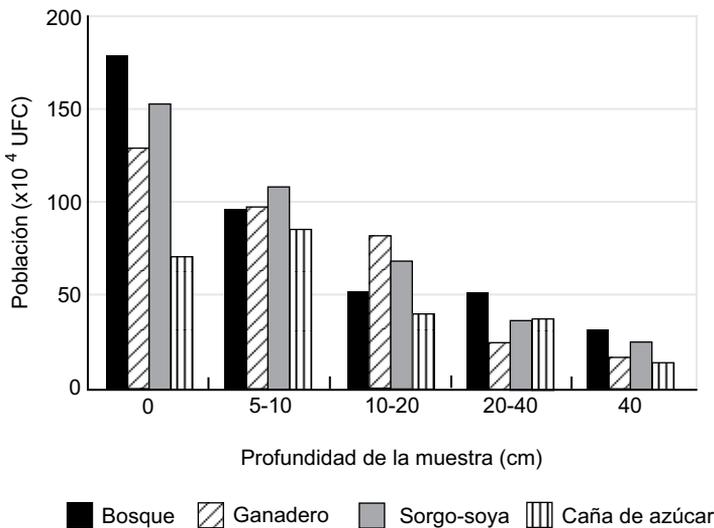


Figura 11. Población fúngica en suelos bajo diferentes sistemas de explotación comercial.

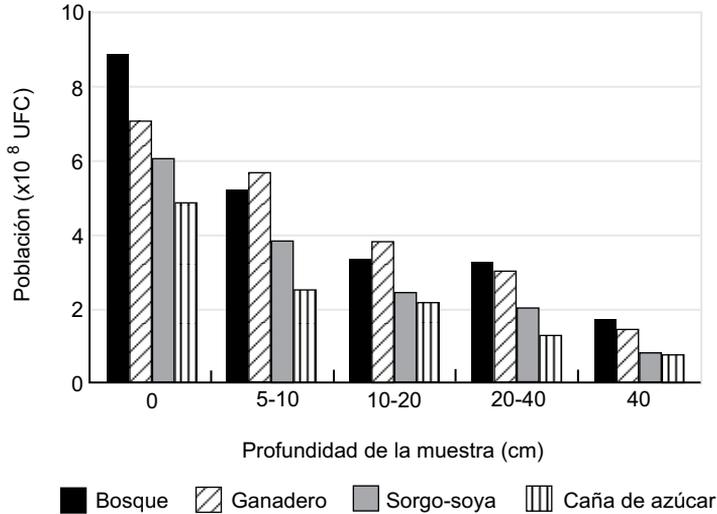


Figura 12. Población bacteriana en suelos bajo diferentes sistemas de explotación comercial.

menor población tanto de hongos como de bacterias. Se observó, igualmente, que a medida que se profundizó en el suelo, el número de microorganismos fue menor.

Los principales géneros de hongos que se desarrollaron en el medio de cultivo Martin's Rose Bengal Agar fueron *Fusarium* spp., 50%; *Aspergillus* spp., 20%; *Penicillium* spp., 20%; *Cephalosporium* spp., 5%; *Mucor* spp., 2.5% ; y *Rhizopus* spp., 2.5%.

Los resultados de este trabajo mostraron que: (1) los suelos en la hacienda El Hatico presentaron diferencias en el índice poblacional de microorganismos, siendo mayor en suelos de bosque, seguido por suelos con cultivo de sorgo-soya, ganadería, caña sin quemar y encalle de residuos al 0x1, y caña sin quemar y encalle al 2x1; (2) los suelos que presentaron el menor índice poblacional de microorganismos fueron aquellos cultivados durante varios años con caña de azúcar quemada al momento de la cosecha; (3) los suelos cultivados con caña cosechada en verde (sin quemar) y con encalle de residuos al 0x1 y al 2x1 presentaron el mayor índice poblacional de microorganismos; (4) la reducción inicial en la superficie del suelo de la población de la microflora en caña de azúcar quemada al momento de la cosecha fue compensada en el tiempo, alcanzado valores normales después de 30 días.

Dinámica poblacional de microorganismos en suelos cultivados con caña

L. F. Jiménez, M. L. Guzmán y J. I. Victoria

En el primer semestre de 1998 en la hacienda El Hatico y en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), localizados en la parte central del Valle del Cauca, se evaluaron los efectos de diferentes tratamientos de residuos de cosecha en las variedades comerciales V 71-51 y MZC 74-275. Los tratamientos evaluados en la hacienda El Hatico consistieron en encalles 2x2 y 2x1, residuos picados y residuos quemados. En el CIAT se evaluaron los tratamientos encalles 2x2, 2x1, 0x0, 0x1, caña quemada, caña verde sin residuos y residuos quemados. En El Hatico se evaluaron siete parcelas y en el CIAT, cuatro. Las muestras de suelo de cada parcela se tomaron con herramientas desinfectadas, una muestra inicial justo antes de la cosecha y una segunda 2 meses después de la cosecha, en cinco rangos de profundidad: superficial, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm y mayor de 40 cm. En los lotes de la hacienda El Hatico se cultivaba la variedad V 71-51 con siete cortes y en el CIAT la variedad MZC 74-275 con cuatro cortes.

Los datos meteorológicos en ambos sitios presentaron incrementos similares de temperatura media y humedad relativa promedio. Se observaron cambios leves en el promedio de la radiación solar diaria en abril (379 cal/cm² en El Hatico y 404 cal/cm² en el CIAT) y bastante notorios en la precipitación total mensual; así, mientras que en el primer sitio se registraron 208.2 mm en marzo, en el CIAT se registraron 52.6 mm, valor que se incrementó en abril a 142.4 mm y en El Hatico a 218.2 mm.

Se realizaron análisis cuantitativos de bacterias aerobias mesófilas y de hongos miceliales mesófilos. Para evaluar el número de unidades formadoras de colonias de bacterias por gramo de muestra (UFC/g) se inocularon diluciones seriadas de suelo en agua destilada estéril en el medio de cultivo Plate Count Agar que se incubaron a 25-30 °C por 48 h. Al finalizar la incubación, se efectuó el recuento del número de las colonias bacterianas. Para evaluar el número (ufc/g) se utilizó el medio Martin's Rose Bengal modificado y se incubaron a 25-30°C durante 48 h a 72 h.

Poblaciones de microorganismos

En ambos sitios, antes y después de la cosecha la presencia de la población

bacteriana y fúngica fue menor a medida que se profundizaba en el suelo (Figuras 1 y 2). Los resultados de la evaluación de los dos campos antes de la cosecha muestran diferencias en las poblaciones, especialmente de bacterias, encontrándose mayores poblaciones en el CIAT en todos las profundidades de suelo, en comparación con los hallazgos en EL Hatico; además, mientras que

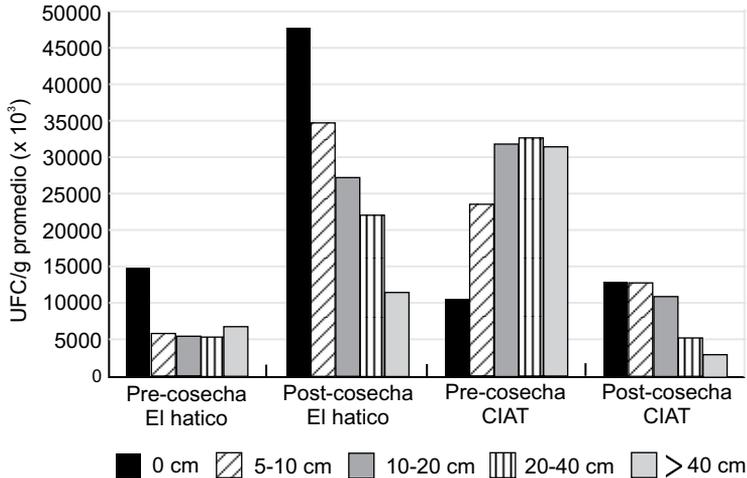


Figura 1. Distribución de la población bacteriana aerobia mesófila en las diferentes muestras de suelo según rango de profundidad y estado del cultivo de caña.

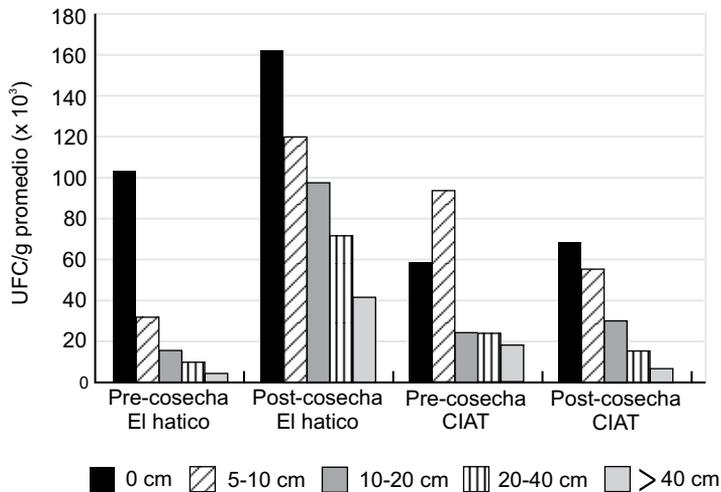


Figura 2. Distribución de la población fúngica mesófila en las diferentes muestras de suelo según rango de profundidad y estado del cultivo de caña.

en este sitio las poblaciones bacterianas aumentaron después de la cosecha, en el CIAT disminuyeron; estas diferencias son debidas, posiblemente, a las distintas prácticas agronómicas que se realizan en ambos sitios, especialmente la aplicación de fertilizantes químicos y herbicidas, por esta razón, los resultados de la evaluación no son comparables y deben ser interpretados individualmente.

En la hacienda El Hatico las poblaciones totales de bacterias aerobias mesófilas y hongos miceliales mesófilos se incrementaron después de la cosecha en todos los rangos de profundidad, especialmente en la superficie y entre 5 cm y 10 cm (Figuras 1 y 2). En los resultados obtenidos de población general en los tratamientos de residuos encallados 2x1, 2x2 y residuos picados y residuos quemados en pre y poscosecha, no se observaron diferencias significativas, aunque en todos se incrementaron las poblaciones en poscosecha (Figuras 3 y 4). La interacción tratamiento por profundidad presentó una reducción de las poblaciones de hongos y bacterias a medida que se profundizó en el suelo en los tratamientos de precosecha; no obstante, después de la cosecha en todos los tratamientos se incrementaron estas poblaciones. Es necesario señalar que estos resultados presentaron una baja probabilidad.

En todos los tratamientos en el CIAT se observó una reducción significativa en la población tanto de bacterias como de hongos después de

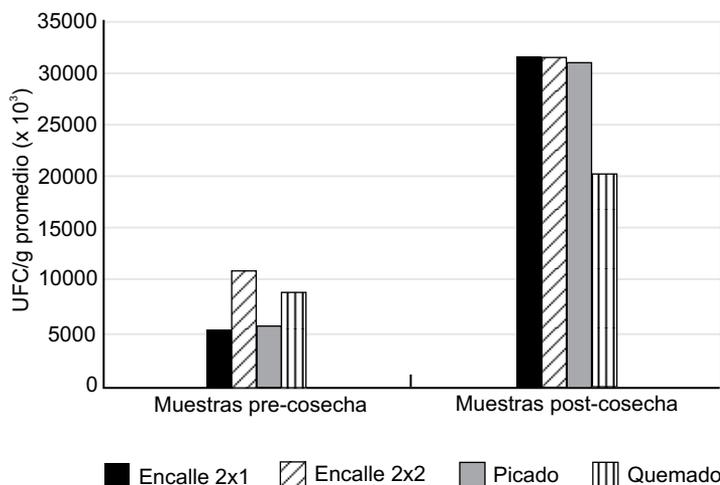


Figura 3: Distribución de la población bacteriana aerobia mesófila en muestras de suelo de la Hacienda el Hatico con diferentes sistemas de manejo del cultivo de caña.

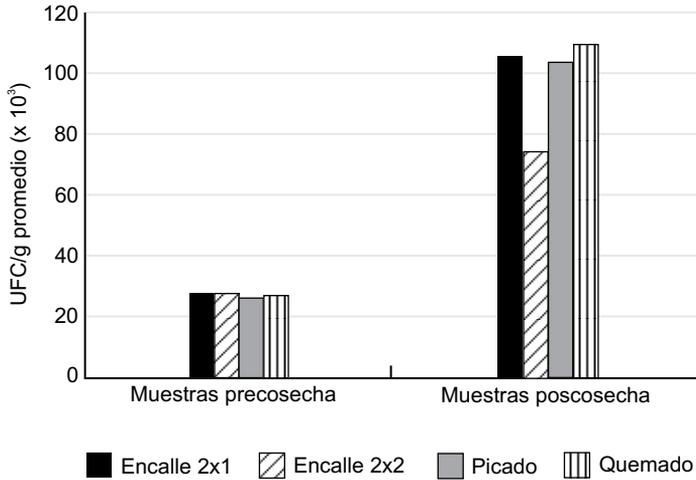


Figura 4. Distribución de la población fúngica mesófila en muestras de suelos de la Hacienda el Hatico con diferentes sistemas de manejo del cultivo de caña.

la cosecha, especialmente en profundidades mayores de 5 cm, y un ligero aumento en la población de hongos en la superficie (ver Figuras 1 y 2). La población bacteriana en este sitio (Figura 5) en precosecha fue mayor que la encontrada en la hacienda El Hatico, con una reducción significativa en poscosecha. La población de hongos presentó una distribución similar a través

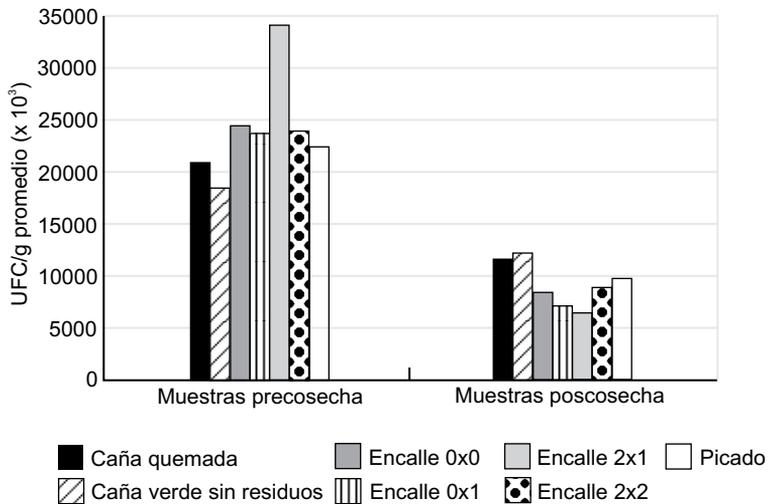


Figura 5. Distribución de la población bacteriana aerobia mesófila en muestras de suelos del lote experimental del CIAT con diferentes sistemas de manejo del cultivo de caña.

de los tratamientos en la precosecha, la que se mantuvo en los promedios obtenidos en poscosecha (Figura 6). Por otra parte, se observó un descenso uniforme de la población después de 5 cm de profundidad en el suelo, mientras que a nivel superficial se mantuvo constante tanto en precosecha como en poscosecha. Nuevamente, en este sitio al igual que en la hacienda El Hatico, la población de hongos fue mayor en la superficie que en las demás profundidades incluidas en el estudio, presentando mayores poblaciones de bacterias entre 5cm y 40 cm. No se encontró un efecto significativo de los tratamientos sobre las poblaciones en pre y poscosecha, ni en la interacción tratamiento x profundidad en ambos estados de cosecha.

La reducción de la población, especialmente de bacterias después de la cosecha se debió a que 4 y 2 días antes de la toma de muestras se había aplicado un fertilizante nitrogenado y el herbicida Tordon 500, que producen reducción en la población de bacterias y no en la de hongos.

Las diferencias en las poblaciones de microorganismos en los suelos de ambos sitios se deben, básicamente, a las prácticas de manejo diferentes. Mientras que en el CIAT es común la aplicación de herbicidas y otros productos agroquímicos, en la hacienda El Hatico se hace un manejo más orgánico del cultivo de la caña.

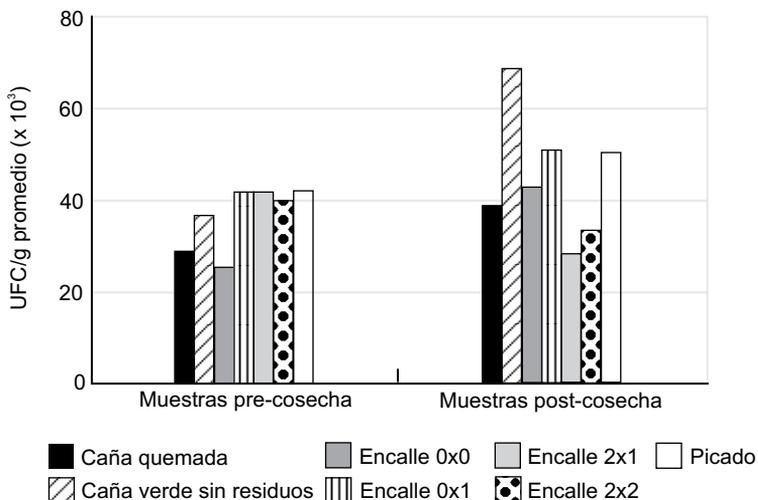


Figura 6. Distribución de la población fúngica mesófila en muestras de suelos del lote experimental del CIAT en diferentes sistemas de manejo del cultivo de caña.

Los resultados de estos trabajos mostraron que: (1) en suelos de la hacienda El Hatico, dos meses después de la cosecha ocurrió un ligero incremento en la población de bacterias y hongos, en relación con la población en precosecha; (2) en suelos del CIAT se observó una disminución, especialmente de bacterias, en poscosecha debido, posiblemente, a una aplicación previa de herbicidas; (3) las poblaciones de bacterias y hongos variaron con la profundidad en el suelo, siendo mayores en la superficie; (4) al aumentar el tiempo de la cosecha, la población microbiana se estabilizó y no se observaron diferencias en los tratamientos en las diferentes profundidades; y (5) la quema de los residuos incrementó la población de hongos a profundidades mayores que 20 cm en los suelos de la hacienda El Hatico.

Efectos de la cosecha en verde sobre los insectos asociados con la caña de azúcar

L. A. Lastra y L. A. Gómez

La cosecha en verde ocasiona cambios ambientales que afectan las poblaciones de los insectos asociados con el cultivo de la caña de azúcar. Siguiendo la dinámica de las plagas en sitios específicos y durante varios ciclos del cultivo se han encontrado poblaciones más altas de picudo rayado (*Metamasius hemipterus*) y hormiga loca (*Paratrechina fulva*) en los campos cosechados en verde, que en aquellos cosechados después de la quema. Por el contrario, las poblaciones de saltahojas (*Perkinsiella saccharicida*) tienden a aumentar en los campos con caña cosechada después de la quema. Para el caso de los barrenadores (*Diatraea* sp. y *Blastobasis graminea*) el nivel de daño ha sido similar en ambos sistemas de cosecha.

Existe la preocupación que al suspender las quemas y establecer el nuevo sistema de cosecha en verde, la alta cantidad de residuos en el suelo puede crear un ambiente propicio para la proliferación de algunos insectos. Una de estas plagas es la hormiga loca, la cual se encuentra en todo el valle geográfico del río Cauca.

En los ingenios Manuelita e Incauca se realizaron evaluaciones sobre la incidencia de varias plagas en campos cosechados en verde y quemados previamente. En una primera etapa, en la hacienda La Cabaña del Ingenio Manuelita se utilizaron 23 ha sembradas con la variedad PR 61-632 en primera

soca con alta presencia de la hormiga. Los muestreos de los insectos se iniciaron a comienzo de 1994 y se continuaron por cuatro socas consecutivas, hasta mediados de 1998. El promedio de precipitación anual durante el desarrollo del trabajo fue de 944 mm.

En lotes de 100 ha de la hacienda Meléndez, proveedora de Incauca, se hicieron evaluaciones similares a las del Ingenio Manuelita. Las primeras observaciones de insectos se realizaron durante 1996 y 1997 en varias suertes sembradas con diferentes variedades y edades entre 3 y 5 meses. A partir de 1998 se escogieron dos suertes manejadas con quema (32 ha) y sin quema (12 ha) sembradas con la variedad CC 85-92. La precipitación durante las evaluaciones fue de 1502 mm. A continuación se presentan los principales resultados de estos trabajos.

En la hacienda La Cabaña del Ingenio Manuelita

Hormiga loca. Para medir la incidencia de este insecto se utilizaron trampas consistentes en cajas plásticas con ocho perforaciones; las cajas contenían salchicha como atrayente. Los muestreos se iniciaron desde los 2 meses de edad de las plantas, utilizando 40 trampas por cada sistema de cosecha (caña quemada y caña verde).

En lotes quemados de esta hacienda se detectó la presencia de la hormiga loca desde el primer muestreo a los dos meses de edad de la primera soca. En el lote cosechado en verde la captura de la hormiga en las trampas se comenzó a registrar a partir del segundo muestreo. La agresividad de esta hormiga fue tal que a los seis meses de edad del cultivo desplazó a otras especies de hormigas capturadas en un principio y su presencia predominó hasta el momento del corte.

En la Figura 1 aparece el número de individuos de la hormiga loca capturados durante el desarrollo del cultivo entre la segunda y cuarta socas; después de la segunda soca no se capturaron especies de hormigas diferentes. El número de individuos capturados/trampa fue similar durante todo el ciclo del cultivo para ambos sistemas de cosecha. En la tercera soca se registró una mayor captura de hormigas en el lote de caña cosechada en verde y después de la cosecha se encontró que el insecto se mantuvo protegido por los residuos, mientras que sus poblaciones disminuyeron drásticamente cuando la caña se quemó antes de la cosecha.

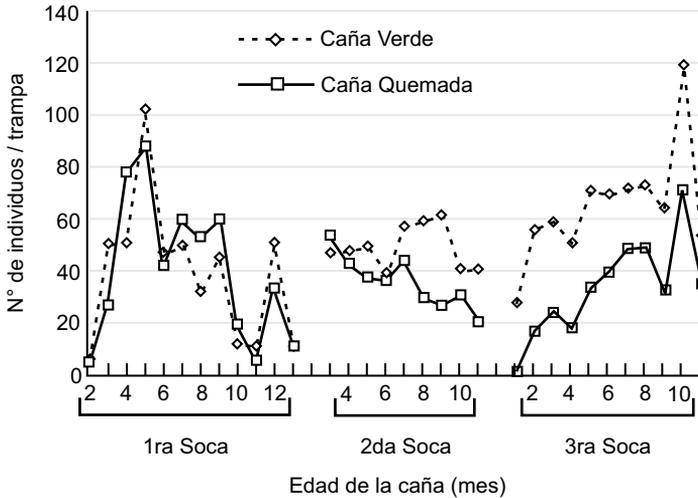


Figura 1. Registro de captura de la hormiga loca *Paratrechina fulva* en lotes de caña cosechados con quema y en verde, por tres socas consecutivas. Variedad PR 61-632. Hacienda La Cabaña. Ingenio Manuelita.

En el último ciclo del cultivo la captura continuó siendo mayor en el lote de caña cosechada en verde, disminuyó la presencia de los otros géneros de hormigas. Por el contrario, en el lote de caña quemada la abundancia a través del tiempo de los géneros *Pheidole*, *Solenopsis*, *Wasmannia*, *Brachymyrmex* y *Conomyrma* fue mayor, lo cual sugiere un debilitamiento de la agresividad de la hormiga loca como consecuencia de la quema.

En conclusión, la acumulación de residuos de la cosecha en verde favoreció tanto el establecimiento como la permanencia de la hormiga loca en estos campos después de la cosecha. Esta hormiga no causa un daño directo a la planta pero su proliferación puede incrementar otros problemas, como son las molestias a los trabajadores y los animales domésticos y la protección y propagación de plagas chupadoras de savia.

Picudos de la caña. Las especies de picudos que atacan la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca son *Metamasius hemipterus* (el picudo rayado) y *Rhynchophorus palmarum* (el picudo negro). Las poblaciones de este insecto se contaron utilizando 20 trampas de guadua durante un período de ocho días en cada campo y sistema de cosecha.

En la hacienda La Cabaña se observó el pico de mayor captura entre 3 y 5 meses de edad de la caña en las cuatro socas (Figura 2). Se destaca

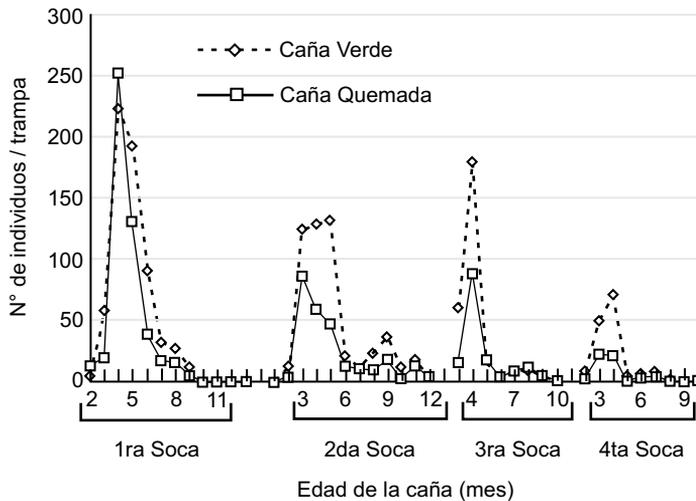


Figura 2. Registro de captura de *Metamasius hemipterus* en lotes de caña cosechados con quema y en verde, por cuatro socas consecutivas. Variedad PR 61-632. Hacienda Cabaña. Ingenio Manuelita.

el hecho que a partir de la segunda soca y hasta el final del cuarto ciclo los residuos de la cosecha en verde favorecieron la presencia de este insecto, en comparación con los campos cosechados con quema, siendo la población en los primeros 63% más alta.

Las poblaciones del picudo negro fueron muy bajas (< 10 individuos/trampa). Aunque las capturas más altas se registraron en la primera y segunda socas con la cosecha en verde, no se observó una tendencia marcada de los residuos en este sistema a favorecer el aumento de la plaga.

Insectos barrenadores. Los barrenadores que atacan la caña de azúcar son *Diatraea* spp. y *Blastobasis gramínea*, anteriormente conocido como *Valentinia* sp. La evaluación del daño se inició a partir de los seis meses de edad del cultivo tomando al azar 120 tallos por cada sistema de cosecha y registrando el número de entrenudos dañados por cada especie de barrenador.

Los niveles de daño por *Diatraea* y *Blastobasis* en esta zona fueron relativamente bajos. No obstante, en la segunda y tercera socas se presentaron los valores más altos de daño por *Diatraea* a partir de los 11 meses de edad de la caña (Figura 3a). Los entrenudos barrenados por *Blastobasis* (Figura 3b) fueron menores de 1% en la mayoría de los muestreos. En las condiciones de esta zona el comportamiento de ambas especies fue similar en ambos sistemas de cosecha.

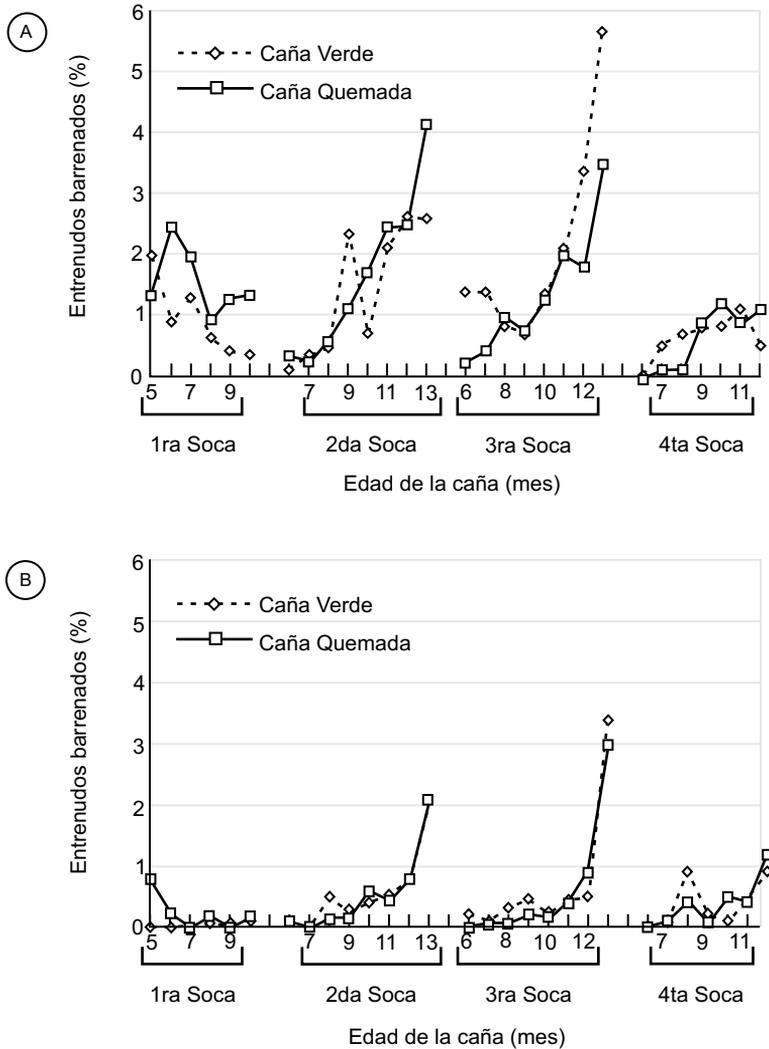


Figura 3. Registro del porcentaje de entrenudos barrenados por *Diatraea* (A) y *Blastobasis* (B) en lotes de caña cosechados en verde y con quema, en cuatro socas consecutivas. Variedad PR 61-632. Hacienda Cabaña - Ingenio Manuelita.

Insectos chupadores. Se consideraron el saltahojas hawaiano (*Perkinsiella saccharicida*), el pulgón amarillo (*Sipha flava*) y la escama blanca (*Duplachionaspis divergens*). Para determinar su presencia se evaluaron 100 tallos en los cuales se observaban las cuatro hojas desarrolladas más jóvenes con cuello visible, registrando la presencia de adultos y sitios de posturas de estos insectos. Se encontró que el saltahojas y el pulgón amarillo presentaron una baja incidencia en esta zona para la época en que se hicieron las observaciones.

En la hacienda Meléndez de Incauca

Hormigas. Los muestreos de hormigas en los diferentes lotes permitieron confirmar que existen varios géneros y que la hormiga loca (*P. fulva*) no está presente aún en esta zona.

Picudos de la caña. Al contrario de lo que ocurrió en la hacienda La Cabaña, durante los dos primeros años de evaluación en este sitio no se observó el efecto de la cosecha en verde sobre estos insectos. La captura de *Metamasius* en los lotes quemados fue 46% mayor que en los lotes cosechados en verde. Sin embargo, al hacer las evaluaciones en lotes sembrados con la variedad CC 85-92, la captura de este picudo fue mayor en los lotes cosechados en verde, especialmente en la primera y segunda socas, después de seis meses de edad de la caña (Figura 4).

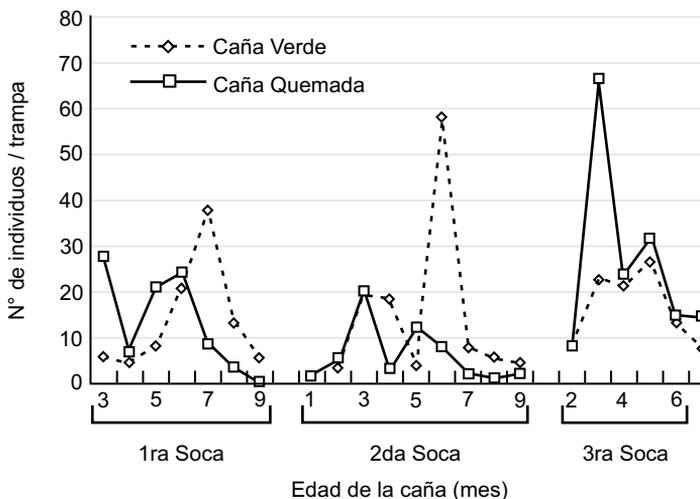


Figura 4. Registro de captura del picudo *Metamasius hemipterus* en la variedad CC 85-92 por tres socas consecutivas. Hacienda Meléndez – Incauca S.A.

Insectos barrenadores. Los valores de daño registrados al momento de la cosecha fueron muy bajos e inferiores a 1% de los entrenudos barrenados, tanto por *Diatraea* como por *Blastobasis*. Se encontró un porcentaje de entrenudos barrenados por este último ligeramente mayor en los lotes de caña cosechada con quema. Sin embargo, en las evaluaciones realizadas a partir de 1998 en el lote sembrado con la variedad CC 85-92 el daño por los barrenadores fue más marcado durante la segunda soca.

Insectos chupadores. Las observaciones realizadas en los diferentes lotes permitieron identificar la presencia del pulgón amarillo y de la escama blanca (*Diplachionaspis divergens*) en bajas densidades. Para el caso del saltahoja (*Perkinsiella*), aunque las poblaciones en esa época fueron relativamente bajas (< 2 individuos/tallo) se observó que la quema de la caña antes de la cosecha favoreció la presencia tanto de adultos como de huevos en los diferentes lotes evaluados. Igual comportamiento se encontró con las poblaciones de *Perkinsiella* en la variedad CC 85-92 por tres socas consecutivas, registrándose en la primera soca una mayor población de adultos (5 individuos/tallo) y, por consiguiente, una mayor población de huevos/tallo. Para la segunda y tercera socas las poblaciones disminuyeron considerablemente (< de 1 individuo/tallo).

Es posible que la quema tenga un efecto sobre las poblaciones de insectos benéficos que actúan en todos los estados de *Perkinsiella*, principalmente sobre huevos y ninfas. El riesgo potencial de este insecto radica en que es vector de la enfermedad de Fiji, aún sin registros en América; no obstante, puede causar daño en la caña como resultado de su oviposición sobre la nervadura central de la hoja, y de su alimentación de ella. Altas poblaciones de este insecto están asociadas con la presencia de fumagina, resultante de las excreciones azucaradas de adultos y ninfas.

En terminos generales, debido básicamente a la alta movilidad que tienen los insectos asociados con la caña de azúcar, el efecto sobre ellos no es marcadamente contrastante cuando se utiliza cualquiera de los dos tipos de cosecha.

De los resultados en estos trabajos es posible concluir que: (1) la acumulación de residuos vegetales resultantes de la cosecha en verde tiende a favorecer la permanencia de la hormiga loca en campos de caña de azúcar donde este insecto se encuentra establecido; por el contrario, la quema de la caña antes de la cosecha reduce drásticamente las poblaciones del insecto; (2) el picudo rayado (*M. hemipterus*) fue más abundante en campos donde la caña se cosecha en verde que las del picudo negro (*R. palmarum*), especialmente en campos entre 3 y 6 meses de edad del cultivo; (3) la quema de la caña antes de la cosecha favoreció la abundancia tanto de adultos como de huevos de saltahoja (*P. Saccharicida*).

Observaciones sobre el cucarrón de invierno

El cucarrón de invierno (*Podischnus agenor*) (coleoptera:melolonthidae: dynastinae) es un escarabajo que se encuentra distribuido en México, Centroamérica y varios países de Suramérica, entre ellos Colombia. En el Valle del Cauca la aparición de los adultos de este insecto coincide con el inicio del periodo lluvioso, principalmente en el segundo semestre del año. Entre 1984 y 1990 Cenicafña realizó una serie de observaciones tendientes a conocer los factores varietales y de cultivo que inciden en los niveles de daño que causa esta plaga en la caña de azúcar.

El daño normalmente ocurre en los bordes de las hojas, pero cuando se presenta antes de que la caña haya formado entrenudos, la planta responde mediante la formación de lalas, que son más numerosos a medida que aumenta la edad de la planta. En 1984 en el Ingenio Mayagüez se estimó que este insecto afectó 13,000 tallos/ha, de los cuales el 20% murieron y el 60% mostraron desarrollo de lalas. En 1986, en este mismo ingenio se encontró que las poblaciones de adultos no fueron abundantes; no obstante, la población fue mayor en la variedad MZC 74-275 (53%) que en la variedad (32%), lo cual indica que puede existir un efecto varietal sobre el nivel de daño.

Las larvas del cucarrón de invierno fueron detectadas por primera vez en 1987 a 30 cm de profundidad en suelos en campos del Ingenio Mayagüez. En el hábitat en que se encontraron las larvas se hallaron puparios de avispas pertenecientes a la familia Scoliidae, que se caracterizan por ser parasitoides externos de larvas de la familia Scarabaeidae.

En 1997 se observó un aumento en la población del cucarrón en el Ingenio Manuelita, particularmente en campos donde se cosecha la caña en verde, lo que hacer pensar que este tipo de cosecha favorece la aparición de esta nueva plaga.

Los resultados de observaciones recientes en el Ingenio Manuelita muestran claramente que el insecto prefiere las cañas con edades comprendidas entre 2 y 4 meses, y esta preferencia disminuye a medida que aumenta la edad. En 1999 la mayor población de adultos se encontró en la variedad CC 85-68 entre 2 y 4 meses (31,398 adultos/ha). En el 2000, nuevamente la mayor frecuencia de ataque se presentó en esta misma variedad, pero el mayor número de adultos capturados/ha se presentó en un lote pequeño con mezcla de variedades y en la MZC 74-275, seguidas de la variedad CC 85-92.

Aun cuando estos datos sugieren que la variedad CC 85-68 es altamente preferida por los adultos de esta plaga, en algunos casos una alta captura puede deberse a que el comportamiento de los adultos en un momento dado puede mostrar una marcada preferencia por un lote, concentrándose en él un alto número de individuos.

Los residuos de caña como sustrato. El desarrollo larval de los cucarrones de invierno tarda entre 7 y 8 meses, pasando luego al estado de pupa donde pueden permanecer entre 4 y 6 semanas. Los residuos de cosecha de la caña en verde pueden albergar no solo larvas de *Podischnus* sino también de otras especies de escarabajos.

La presencia de larvas en residuos de cosecha reduce la pérdida de humedad y la relación C/N, lo cual indica que el mecanismo de alimentación de estos insectos induce una mayor actividad microbiana y un aumento en la descomposición de los residuos.

Bibliografía consultada

Fertilidad de suelos

- Deville, J. y Kee Kwong, R. N. G. 1981. Fertilization of sugarcane. Mauritius Sugar Industry Research Institute. Advisory Bulletin no. 1. 15 p.
- Fenn, L. B. 1986. Potash helps reduce ammonia loss in the field with surface-applied urea. Better crops with plant food 70(14):5-17.
- Quintero, D. R. 1995. Fertilización y nutrición. En: Cassalet, D.; Torres, A., J. e Isaacs, E. C. (eds.). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Cenicafé. 1995. p. 153-177.
- Prammanee, P.; Wood, A. W.; y Safigna, P. G. 1988. Nitrogen loss from urea applied to sugarcane crop residues. En: Conference of Australian Society of Sugar Cane Technologists (ASSCT), Australia, 1988. Proceedings, ASSCT. p. 119-124.
- Sidhu, A. S. y Sur, H. S. 1993. Effect of incorporation of legume straw on soil properties and crop yield in a maize-wheat sequence. Tropical Agriculture 70(3):226-229.
- Wood, A. W. 1986. Green cane trash management in the Hebert Valley. Preliminary results and research priorities. Conference of Australian Society of Sugar Cane Technologists (ASSCT). Townsville, Australia, 1986. Proceedings. Townsville, ASSCT. p. 85-94.

Manejo del cultivo

- Churchward, E. H. y Poulsen, N. J. 1988. A review of harvesting developments. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. p. 1-6.

- Eiland, B.R. y Clayton, J. E. 1983. Unburned and burned sugarcane harvesting in Florida. Trans. ASAE. 26(5):1332-1336, 1339.
- Gosnell, J. M. 1970. Optimum irrigation levels for cane under burnt and trashed conditions. South African Sugar Technologist Association. June. p. 1-9.
- Hoult, J. 1990. Control measures help to minimise trash blanket fires. April. BSES Bulletin. 30:22.
- Hudson, J. C.; Boicot, C. A.; y Scott, D. A. 1975. A new method of sugarcane harvesting. July/August. World Crops. p. 164-169.
- McMahon, G. 1990. Potential benefits for Burdekin growers with green cane harvesting. April, BSES Bulletin 30:15.
- Orsenigo, J. R. 1978. A harvest comparison of green and burned sugarcane. Univ. of Florida. Agric. Exp. Station. Technical Bulletin 794:30.
- Ridge, R. 1990. Green cane harvesting on the increase. Some machinery options. January, BSES Bulletin 29: 8-9.
- Rozeff, N. y Crawford, H. R. Jr. 1980. Green cane vs. burned cane harvest comparisons, 1978-79. roceedings XVII Congress ISSCT. Manila, Filipinas. Vol. 1, p. 916-931.
- Wiedenfeld, R. P.; Hipp, B. W.; y Reeves, S. A. 1985. Effect of residues from unburned sugarcane harvest. ASSCT. p. 55-60.
- Wood, A. W. 1986. Green cane trash management in the Hebert Valley. Preliminary results and research priorities. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. p. 85-94.

Estado sanitario del cultivo

- Angel, J. C.; Avellaneda C.; Victoria J. I. y Guzmán M. L. 2003. Síndrome de la hoja amarilla de la caña de azúcar en variedades sembradas en Colombia. En: VI Congreso Tecnicaña, Cali, septiembre 24-26, 2003. p. 181-189.
- Comstock, J. C.; Shine, J. M.; Davis, M. J. y Dean, J. L. 1996. Relationship between resistance to *Clavibacter xyli* subsp. *xyli* colonization in sugarcane and spread of ratoon stunting disease in the field. En: Plant Disease 80(6):704-708.
- Gálvez, G. E. y Thurston H. D. 1961. Ratoon Stunting Disease in Colombia. Plant disease Reporter 45:954-956
- Guzmán, M. L.; Angel, J. C.; Victoria, J. I.; y Alvarez, A. 1996. Diagnóstico de la escaldadura de la hoja *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en caña de azúcar. Fitopatología Colombiana 21(1):10.
- Guzmán, M. L. y Victoria, J. I. 2001. Evaluación de cinco enfermedades de la caña de azúcar mediante las técnicas de Dot-Blot y Tissue Blot a partir de la misma muestra de tejido. Fitopatología Colombiana 25(2): 103-110.

- Koike, H. 1980. Ratoon stunting and mosaic diseases: factors contributing to declining sugarcane yields in Louisiana. *The Sugar Bull.* 13(58):12-14.
- Martin, J. P.; Abbott, E. V; y Hughes, C. G. 1961. Sugarcane disease of the world. V. 1. Elsevier Publishing Co., Nueva York. 542 p.
- Ochoa, O., Guzmán, M. L., Victoria, J. I., Moreno, C. A; y Angel, J. C. 1990. Eficiencia de la herramienta de corte en la transmisión del raquitismo de la soca (*Clavibacter xyli* subsp. *xyli*) en caña de azúcar. *Fitopatología Colombiana* 14(1):32-38.
- Ricaud, C., y Ryan, C. C. 1989. Leaf scald. En: C. Ricaud, B.T. Egan, A.G. Gillaspie Jr. y C.G. Hughes (eds.). *Disease of sugarcane*. Elsevier, Amsterdam. p. 39-58
- Saumtally, S.; Médan, H.; y Autrey, L. J. C. 1995. Detection, transmission and control of leaf scald of sugarcane caused by *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson. En: *International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings XXII congress September, Cartagena, Colombia*. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 477- 483.
- Victoria, J. I. y Guzmán M. L. 1985. Chemical used to disinfect tools in order to limit the spread of ratoon stunting disease of sugarcane. En: *Proceeding. XIX Congress International Society of Sugar Cane Technologies (ISSCT)*. Indonesia, August, 1985. 19:332-335.
- Victoria., J. I.; Ochoa, O. y Cassalet, C. 1987. Control del raquitismo de la soca (RSD) en caña de azúcar con agua caliente. En: *ASIAVA (Asociación de Ingenieros Agrónomos del Valle)*. Edición no. 23. Palmira, octubre-diciembre. p. 19 - 23.
- Victoria, J. I.; Guzmán M. L.; y Ochoa, O. 1987b. Control físico y químico del raquitismo de la caña de azúcar. En: *Memorias Primer Congreso de Tecnicaña*. Agosto 26-28 1987. Cali, Colombia. p. 231-244.
- Victoria, J. I.; Guzmán, M. L; y Angel, J. C. 1995. Enfermedades de la caña de azúcar en Colombia. En: C. Cassalet, J. Torres, y C. Isaacs (eds.). *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Editorial Feriva. Cali. p. 265-293.
- Victoria, J. I.; Garcés, F; Guzmán, M. L.; y Angel F. 1998. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia ScYLV (Sugarcane Yellow Leaf Virus). *Cenicaña, Carta Trimestral* 20(2 y 3):3-7.
- Victoria, J. I., Guzmán, M. L., y Cuervo E. 1999. Síndrome de la hoja amarilla en Colombia. *Cenicaña, Serie Divulgativa no. 7*. Junio de 1999. 4 p.

Población de microorganismos en el suelo

- Del Cañizo Gómez, J. 1983. La quema del rastrojo. Madrid, España. *Rev. EL Campo*. p. 23-28
- Hayashi, H. 1982. Effects of burning and grazing on native savanna in the Colombia Eastern plain (Carimagua). En: *seminarios internos. Serie 13-82*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. p. 3.

- Fogliata, F. A.; Leiderman, J.; y Matiussi, R. E. 1968. Effects of trash burning on the temperature and microbial population on the soil. Congress of the International Society of Sugarcane Technologists, 13, Taiwan, 2-16 March, 1968. Proceedings. Amsterdam, Elsevier, 1969. p. 720-732.
- Garassini, L. 1962. El suelo y su microflora. Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Alcance No. 4. Marzo 1962. Maracay, Venezuela.
- Yengle, P. T.; González, A.; y Pinna C. J. 1978. Estudio in situ de la influencia de los herbicidas sobre la flora microbiana en un suelo cañero de la costa peruana. *Saccharum* 6(1):50-70.
- Johnson, L. F.; Curl, E. A. 1972. Methods for research on the ecology of Soil-borne plant pathogens. Burgess Publ. Co.
- Van Doorn, J. et al. 1986. Técnicas agroforestales, como alternativa al uso de la quema para el cultivo del maíz en Urabá, Colombia. Bogotá, Convenio CONIF-Holanda, (Serie Técnica No. 20). Corpouraba. 51 p.
- Umaña, A. y Owen, E. 1980. Efecto de la quema sobre las propiedades físicas y microbiológicas de tres ecosistemas en el piedemonte llanero. Informe de Progreso Programa Nacional de Suelos, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Bogotá. p. 43-44.
- Wood, A. W. 1991. Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in North Queensland. *Soil and Tillage Research*. 20:69-85.

Insectos

- Adamski, D. 1999. *Blastobasis graminea*, new species (Lepidoptera:Gelechioidea: Coleophoridae:Blastobasinae), a stem borer of sugar cane in Colombia and Venezuela. Proceedings of the Entomological Society of Washington. 101(1):164-174.
- Gómez, L. A. y Lastra, L. A. 1997. Avances en el manejo de la hormiga loca *Paratrechina fulva* (Hymenoptera: Formicidae) en el cultivo de la caña de azúcar. En : Cuarto Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña). Cali. Memorias. Tomo 1. p. 121-131.
- Gómez, L. A. y Lastra, L. A. 1998a. Manejo Integrado de Plagas: *Perkinsiella saccharicida*: el saltahojas hawaiano. Carta Trimestral de Cenicaña. 20(2 - 3):15-17.
- Gómez, L. A. y Lastra L. A. 1998b. Insectos y caña verde. Carta Trimestral de Cenicaña 20(4):8-10.
- López, C. y Gómez, L. A. 1993. Manejo integrado de la hormiga loca (*Paratrechina fulva*) en la caña azucarera del Valle del Cauca. En: Foro sobre avances técnicos en el sector azucarero colombiano. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), Cali, Colombia.
- Morton, C. 1998. Weevils may be boring holes in far north's CCS Australian Canegrower. 20(16):14-15.

- Murombo, M.; Takavarasha, E.; y Wiseman, J. 1997. Green cane harvesting at Mkwasi-ne Estate, Zimbabwe. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. 71:30-32.
- Pope, G. M. 1997. Mulgrave CCS declines to record low levels in 1993 and 1995. Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists. p. 30-37.
- Questel, D.D. y Bregger, T. 1960. Internal temperatures in preharvest burned cane and mortality of the sugar cane borer. Proceedings of the tenth Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. p. 921-924.
- Salazar, V. J. y Medina, D. 1995. El coco rinoceronte de la caña de azúcar *Podischnus agenor* (Coleoptera: Scarabaeidae) y su importancia económica en el valle del río Tumbo, Venezuela. Boletín no. 17. Fundazúcar. p. 6-11.
- Webster, D. 1997. Sugarcane weevil borers breeding for resistance. BSES Bulletin. no. 58, p.19.

Parte 3

Manejo y aprovechamiento de residuos de la cosecha en verde

Contenido	Pág.
Sistemas de manejo de residuos y efectos en la producción	82
Manejo de la caña en verde con alta producción de residuos	93
Manejo y valor energético de los residuos de la cosecha en verde	97
Alelopatía de los residuos de la cosecha de caña en verde	106
Producción de hongos comestibles en residuos de caña de azúcar	109
Bibliografía consultada	114

Sistemas de manejo de residuos y efectos en la producción

J. S. Torres. y F. Villegas

En la zona azucarera de Colombia, después de la cosecha en verde de la caña quedan en el campo entre 50 y 150 t/ha de residuos, lo que hace necesario encontrar alternativas para su manejo en el corto plazo. Se ha observado que durante las épocas secas la presencia de residuos no afecta la producción de caña, y aunque pueden retardar la germinación, los efectos desaparecen en los seis meses siguientes a la cosecha. En las épocas húmedas, por el contrario, el exceso de humedad y la presencia de residuos ocasionan pudrición de las cepas y reducen la germinación; no obstante, se ha encontrado que el aporte combinado con el picado de los residuos puede contrarrestar estos efectos depresivos en el cultivo.

Durante el corte manual se organizan chorras con la caña proveniente de 5 ó 6 surcos; posteriormente la caña es cargada en los vagones por medio de máquinas alzadoras. Después de transportar la caña a la fábrica, los residuos verdes quedan concentrados sobre el campo con un ancho similar al de las chorras de la caña, lo que puede duplicar la carga por unidad de área de las franjas con residuos.

La cantidad de residuos vegetales presentes en el campo después de la cosecha de la caña en verde depende de la variedad y fertilidad del suelo. La variedad V 71-51 es de maduración intermedia, de alta producción de biomasa y sobresale por presentar una relación residuos/caña de 0.8. La variedad MZC 74-275 fue hasta hace poco tiempo la más sembrada en el Valle del Cauca, tiene una relación residuos/caña de 0.5, considerada como alta desde el punto de vista de la cosecha mecanizada. La variedad PR 61-632 es semierecta, de maduración tardía y con un contenido mediano de sacarosa, pero con una baja relación residuos/caña (0.3), lo que la hace atractiva para la cosecha mecanizada.

Con el objeto de evaluar los efectos de varios sistemas de manejo (encalle) en la descomposición de residuos y el desarrollo de la caña, se hicieron algunos ensayos en un Mollisol de los Ingenios Manuelita e Incauca con la variedad MZC 74-275; con la variedad V 51-71 en un suelo del mismo orden de la hacienda El Hatico (Ingenio Providencia) y en un Vertisol del CIAT. Los experimentos fueron superpuestos en campos comerciales después de la cosecha de la plantilla. Estos trabajos fueron establecidos en parcelas semicomerciales de 10 surcos espaciados 1.75 m y entre 120 m y 150 m de longitud, y una parcela útil de cinco surcos. Los tratamientos de manejo de residuos evaluados fueron los siguientes:

- T1 Encalle (0x0), residuos esparcidos sobre el campo.
- T2 Encalle (1x0), residuos colocados sobre los entresurcos o calles, dejando la cepa libre.
- T3 Encalle (1x1), residuos colocados en calles alternas.
- T4 Encalle (2x2), dos calles con residuos seguidas por dos calles limpias.
- T5 Residuos picados y esparcidos sobre el campo.

Se estableció una parcela adicional con el tratamiento de referencia de caña quemada con encalle 4x1 (cuatro calles limpias seguida por una calle con residuos). Este tratamiento fue incorporado posteriormente al diseño experimental, teniendo precauciones para quemar solamente las parcelas respectivas y evitar así la pérdida del experimento.

Al comienzo se determinaron las producciones de caña y azúcar de la plantilla, para lo cual se tomó el registro de los vagones y el peso de los mismos en la báscula del ingenio. Así mismo, se recolectaron muestras de

los residuos de la cosecha en verde para determinar el peso y la proporción de tallos, hojas y cogollos. Posteriormente, cada cuatro meses se continuaron los muestreos de los residuos en el campo para determinar el peso y el contenido de nutrimentos y establecer de esta forma el grado de descomposición alcanzado en función del tiempo.

Al comienzo y a los 6 y 12 meses de edad del cultivo se tomaron muestras de suelo para análisis de fertilidad en una parcela de cada tratamiento, a profundidades entre 0-20 cm y 20-40 cm. Periódicamente se realizaron evaluaciones de la población, altura y diámetro de los tallos y a los 3 y 6 meses de edad se recolectaron muestras del tejido foliar (hojas TVD) para analizar el contenido de elementos mayores y menores.

Cada mes, a partir de 10 meses de edad del cultivo, se tomaron muestras de 10 tallos/parcela para determinar la calidad de la caña. La cosecha de la primera soca se realizó a los 13 meses, se registró la producción de caña por parcela y nuevamente se recolectaron muestras de los residuos para determinar el peso y proporción de tallos, hojas y cogollos.

El encalle de los residuos se hizo en forma manual e inmediatamente después del corte, de acuerdo con los tratamientos evaluados. Para picar los residuos (T5) se utilizó una máquina forrajera. Veinte días después del corte, en el área de referencia con caña quemada se realizó una escarificación en los cuatro entresurcos libres de residuos, labor que también se hizo en el área libre de residuos del tratamiento T4 de encalle 2x2 y en el área del tratamiento con residuos picados. Inmediatamente después de la escarificación se hizo una fertilización (kg/ha) mecanizada e incorporada en el suelo de N (70), P_2O_5 (56) y K_2O (60). En los tratamientos restantes no se hicieron labores mecanizadas debido a la presencia de residuos y la fertilización se hizo en forma manual a voleo, aplicando una dosis similar a la mencionada anteriormente. A los 90 días después del corte todos los tratamientos de caña verde recibieron una segunda fertilización con 70 kg/ha de N aplicada manualmente a voleo.

Descomposición de residuos

El alto volumen de residuos verdes que quedan en el campo después de la cosecha está constituido por cogollos y porciones del tallo adheridos, hojas verdes y secas. El promedio de humedad de los residuos después del corte varía entre 50% y 75%. Las hojas secas se desprenden por efecto del corte o el alce y presentan un contenido de humedad de 15%. En el Ingenio Manuelita

en la cosecha de caña verde de la variedad MZC 74-275 se encontraron 81 t/ha de residuos verdes en la plantilla y de 71 t/ha en la primera soca (Cuadro 1).

La eficiencia de la quema para reducir la biomasa, que no contiene sacarosa, depende de las condiciones climáticas al momento de la quema, como también de la variedad. La cantidad de residuos provenientes de la caña quemada fue de 35 t/ha, lo cual corresponde aproximadamente a la mitad de los residuos obtenidos con la cosecha de caña verde. La diferencia en el peso de los residuos corresponde no sólo al material que se quema, en este caso a las hojas secas, sino también a la deshidratación del material restante (cogollos y porciones de tallo) que pasan de 75% de humedad antes de la quema a 60% después de la misma.

Las cantidades de residuos encontradas en los tratamientos de caña verde fueron similares, y en algunos casos, inferiores a las encontradas en caña quemada. Este hecho es explicable si se considera que el material residual, principalmente los trozos de caña, son resistentes a la combustión y de difícil descomposición por el alto contenido de lignina. En la caña cosechada en verde queda material del mismo tipo, incluyendo también hojas y cogollos que poseen un alto contenido de humedad, siendo un medio más adecuado para la descomposición biológica.

La descomposición de los residuos en el trópico ocurre rápidamente debido a las altas temperaturas y la actividad de los microorganismos. La cantidad de residuos remanente a la edad de 13 meses, cuando se cosecharon la primera y segunda socas, fue inferior a 2 t/ha (Cuadro 1). Lo anterior indica

Cuadro1. Cantidad de residuos remanentes en el campo después de la cosecha en verde de la variedad MZC 74-275 en el Ingenio Manuelita, Valle del Cauca, Colombia.

Cultivo	TCH	Residuos (t/ha)	
		Verdes	Secos ^a
Caña verde			
plantilla	144	—	—
primera soca	138	81	1.5
segunda soca	124	71	2.1
Caña quemada			
primera soca	138	35	1.9
segunda soca	167	42	0.7

a. Valor estimado.

que el riesgo de acumulación de residuos por la cosecha continuada en verde es mínima; por otra parte, el picado de los residuos es muy promisorio porque estos se deshidratan rápidamente y es posible incorporarlos en el suelo con las prácticas normales de cultivo.

Los nutrimentos en los residuos fueron analizados periódicamente (Cuadro 2), observándose que los contenidos de N, P, Ca y Mg en los tratamientos de caña verde aumentaron a través del tiempo. Los valores ligeramente superiores en los residuos de la caña verde con respecto a los de caña quemada, indican que la descomposición es más rápida en la condición de cosecha en verde, debido a un ambiente más húmedo y favorable para la acción de los microorganismos del suelo. El K mostró un comportamiento contrario,

Cuadro 2. Cambios en el contenido de nutrimentos de los residuos de la cosecha de caña de azúcar en verde, con diferentes tratamientos de encalle y manejo.

Edad	Tratamientos	Porcentaje				
		N	P	K	Ca	Mg
		Primera soca				
0.3 meses	Promedio	0.50	0.04	1.04	0.38	0.12
12 meses	Promedio	0.94	0.06	0.51	0.77	0.50
	Encalle:					
	0x0	1.00	0.06	0.35	0.79	0.36
	0x1	0.87	0.06	0.38	0.63	0.58
	1x1	0.97	0.04	0.74	1.08	0.40
	2x2	1.39 ^a	0.15 ^a	2.03 ^a	0.66	0.55
	Picada	0.90	0.07	0.56	0.67	0.60
	Quemada	0.85	0.04	0.43	1.34	0.53
		Segunda soca				
1 mes	Promedio	0.41	0.04	0.62	0.48	0.26
14 meses	Promedio	0.65	0.06	0.45	0.91	0.52
	Encalle					
	0x0	0.70	0.06	0.39	0.79	0.42
	0x1	0.67	0.06	0.41	0.92	0.46
	1x1	0.71	0.05	0.40	0.93	0.42
	2x2	0.63	0.06	0.56	0.93	0.59
	Picada	0.56	0.07	0.51	0.96	0.72
	Quemada	0.72	0.07	0.60	1.01	0.64

a. Valores no incluidos en el promedio

es decir, disminuyó a medida que avanzaba el proceso de descomposición de los residuos debido, posiblemente, a la lixiviación después de la lluvia.

Efecto de los residuos en el suelo

La relación C:N de los residuos frescos es muy alta y existe el riesgo de provocar una deficiencia de N cuando este elemento no se aplica en las dosis adecuadas después de la cobertura con residuos.

Los resultados del análisis (Cuadro 3) no muestran cambios significativos en la fertilidad del suelo ni en la conductividad eléctrica como respuesta a los residuos descompuestos de los diferentes sistemas de manejo. Los cambios químicos y físicos que se presentan como resultado de la incorporación de los residuos de la cosecha en verde posiblemente sólo sean perceptibles después de varios años de cosecha.

Cuadro 3. Cambios en la composición química del suelo (0-20 cm) en campos con caña de azúcar después de dos cultivos en verde y con caña quemada.

Manejo de residuos	CE	pH	M.O. (%)	P	K	Ca	Mg	Na
	(dS/m)			(mg/kg)				
Plantilla								
caña verde	0.31	6.3	4.97	39.79	0.34	16.26	5.83	0.12
segunda soca	0.19	6.7	4.04	37.84	0.33	17.30	5.81	0.14
Caña quemada								
segunda soca	0.23	6.8	4.66	50.73	0.44	15.51	5.79	0.11

Agua en el suelo

La presencia de una cobertura de residuos afecta el balance de energía en la superficie del suelo, induciendo una menor temperatura y menores pérdidas de agua por evaporación.

La primera soca de este experimento en el Ingenio Manuelita se desarrolló en un período seco con una precipitación total de 992 mm en 13 meses. Se aplicaron siete riegos por gravedad entre 2 y 11 meses de edad del cultivo. Periódicamente se realizaron determinaciones gravimétricas de la humedad del suelo en las calles limpias y en aquellas con residuos, encontrándose algunas diferencias apreciables en los días precedidos por períodos secos. Se espera que la cobertura de residuos tenga un efecto directo sobre las pérdidas de agua por evaporación antes del cierre del cultivo, y que posteriormente esta no sea apreciable en el suelo. La segunda soca en este

mismo ingenio recibió suficiente precipitación durante los primeros estados del cultivo, aunque no fue excesiva. Hasta el momento en este trabajo no se han observado diferencias en los contenidos de humedad entre los tratamientos de caña verde y caña quemada.

Desarrollo del cultivo y producción

Los residuos que quedaron sobre las cepas afectaron inicialmente el rebrote de la caña, efecto que fue más pronunciado en el tratamiento 0x0 y de residuos picados, en el cual estos quedaron esparcidos sobre toda la superficie del suelo. En los demás tratamientos con encalle, aunque se trató de dejar la cepa libre, el volumen de residuos fue muy alto y en la mayoría de los casos las cubrieron, afectando inicialmente el rebrote. En los tratamientos con encalle 1x1 y 2x2 el rebrote fue ligeramente inferior al obtenido con el sistema 0x1. El espesor del manto de residuos en el tratamiento 0x1 fue menor como resultado de su distribución sobre todas las calles.

En los períodos iniciales del proceso de descomposición de residuos es posible esperar una deficiencia de N, ya que debido a la alta relación C:N los microorganismos toman este nutrimento del suelo como fuente de energía. Sin embargo, las muestras del tejido foliar recolectadas a 3 y 6 meses de edad del cultivo presentaron niveles altos de nutrimentos, lo cual indica que el proceso de descomposición no había afectado aún su absorción.

En el Ingenio Manuelita. Al momento de la cosecha de la primera y segunda socas no se encontraron diferencias en la población ni en la altura de tallos (Cuadro 4). Cuando se evaluaron las producciones de caña y de azúcar no se encontraron diferencias entre los sistemas de manejo de los residuos de caña verde, tampoco con respecto al sistema convencional de caña quemada. Es necesario aclarar que esta evaluación se realizó en condiciones de baja precipitación y es posible que en condiciones de precipitación abundante algunos de los sistemas de manejo de residuos estudiados puedan afectar seriamente el desarrollo del cultivo con repercusión en la producción final, debido básicamente a los excesos de humedad provocados por la gran cantidad de residuos, que causan pudrición y afectan el rebrote de las cepas.

Entre las producciones de la caña verde y la caña quemada de la segunda soca se registró una diferencia promedio de 44 t/ha a favor de esta última. Esta diferencia en producción se explica por la diferencia de 28 cm en la longitud de los tallos en la caña cosechada por tanto, es necesario incluir en las próximas evaluaciones las mediciones del tamaño y la longitud de los cogollos remanentes en el

Cuadro 4. Resultados de la cosecha de la variedad MZC 74-275 bajo diferentes sistemas de manejo de residuos. Ingenio Manuelita.

Parámetros	Tratamiento de manejo de residuos					— X	C.V.	Nivel de Signif.	Caña quemada
	0x0	0x1	1x1	2x2	Picado				
Primera soca									
Población (x10 ³ /ha)	70b*	74a	72ab	71ab	71ab	72	3	10	67
Long. de tallo (cm)	249	254	246	247	262	252	5	ns	278
Caña (t)	141	129	142	133	138	139	4	ns	133
ARE (%)	12.89	12.74	12.98	12.89	12.93	12.89	4	ns	12.93
Azúcar (t)	18.20	17.70	18.40	171	17.8	17.80	6	ns	17.10
Segunda soca									
Población (x10 ³ /ha)	67b	73b	68b	71b	79a	72	5	1.0	73
Long. de tallo (cm)	223	239	236	241	250	238	7	ns	266
Caña (t)	109d	124bc	120bc	129ab	133a	123	4	1	167
ARE (%)	13.00	13.51	13.69	12.83	12.72	13.17	7	ns	12.70
Azúcar (t)	14.20	16.80	16.50	16.60	17.0	16.20	8	ns	21.30

* Valores en una misma hilera seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa ($P > 0.05$) según la prueba de Duncan.

campo después de la cosecha manual. En los tratamientos con cobertura total o parcial de residuos, el área del campo que no es cultivada puede sufrir los efectos de la compactación acumulada, que se manifiestan en la producción.

A partir de 10 meses de edad del cultivo se tomaron muestras de tallos para análisis de calidad y seguimiento de la maduración. En general, la caña presentó buena maduración y a partir de esa edad se presentaron contenidos altos de sacarosa, que no fueron afectados por los tratamientos de manejo de residuos evaluados.

En el Ingenio Providencia. En este sitio se encontró un efecto drástico de los diferentes sistemas de manejo de los residuos de la caña verde sobre el desarrollo de la primera soca de la variedad V 71-51. Durante el período de germinación y macollamiento la precipitación fue abundante prevaleciendo condiciones de exceso de humedad que resultaron en pudrición de las cepas. La germinación de la soca no fue uniforme, y algunas veces el surco de plantas desapareció; igualmente, se observó la germinación de las yemas del cogollo de los residuos de cosecha presentes en las calles.

La medición de los efectos de los residuos sobre el desarrollo y producción de la caña no fue consistente debido a problemas logísticos para

el encalle y picado de los residuos. En este ensayo se observó que cuando el período de poscosecha es húmedo los residuos se deben encallar o picar inmediatamente después de la cosecha. Cualquier demora en estos tratamientos de encalle y picado puede afectar la germinación y posterior desarrollo de la caña. Todo parece indicar que el período crítico negativo de los residuos se presenta entre 15 y 20 días de edad de la soca.

En el CIAT. El estudio se inició con la siembra de la plantilla de la variedad V 71-51, con el objeto de asegurar un buen aporque antes de la cosecha en verde de la primera soca, lo cual no fue posible en los demás sitios experimentales.

En este sitio la producción de caña de la plantilla fue de 198 t/ha de caña con un rendimiento en azúcar ARE de 14.27% (Cuadro 5). Una vez co-

Cuadro 5. Producción de la variedad V 71-51 bajo diferentes sistemas de manejo de residuos de la cosecha de caña en verde en el CIAT.

Tratamiento	Plantilla ^a			Primera Soca			ΔTCH	ΔTAH
	TCH	ARE	TAH	TCH	ARE	TAH		
1. Sin residuos	207.2	14.27	29.58	147.7 b*	11.51	16.98 bc	-59.5	-12.60 a
2. Encalle 0x0	191.7	14.27	27.35	161.8 ab	11.90	19.36 ab	-29.9	-7.99 b
3. Encalle 0x0 (carga doble)	201.4	14.27	28.75	163.1 ab	11.63	18.97 ab	-38.3	-9.78 ab
4. Encalle 0x1	183.5	14.27	26.19	157.2 ab	11.91	18.73 ab	-26.3	-7.46 b
5. Encalle 2x1	199.8	14.27	28.51	159.9 ab	11.95	19.13 ab	-39.9	-9.38 ab
6. Encalle 2x2	202.9	14.27	28.96	162.4 ab	11.42	18.59 ab	-40.5	-10.37 ab
7. Residuos picados	202.8	14.27	28.95	164.9 a	11.94	19.67 a	-37.9	-9.28 ab
8. Caña quemada encalle 4x1	200.8	14.27	28.66	148.2 b	10.87	16.11 c	-52.6	-12.55 a
Promedio	198.0	—	28.25	158.5	11.65	18.51	-39.5	-9.74
C.V.	7.9	—	7.9	5.5	5.4	7.4	38.7	22.3
Significancia	ns	—	ns	10%	ns	5%	Ns	5%

a. La producción de la plantilla no está afectada por los tratamientos. La información se incluye como referencia.

* Valores promedios en una misma columna, seguidos por letras iguales no difieren en forma significativa ($P > 0.05$) según la prueba de Duncan.

sechada la plantilla se establecieron los tratamientos de residuos, incluyendo dentro del área experimental el tratamiento de caña quemada. La cantidad de residuos frescos en el campo fue de 39 t/ha, la cual es baja en comparación con la encontrada en otros sitios, donde la caña ha presentado valores superiores a 120 t/ha.

La precipitación durante el primer mes de desarrollo de la primera soca fue 113 mm; no obstante, como resultado del buen aporque realizado en la plantilla no se observaron efectos negativos de los residuos sobre el desarrollo inicial de la caña

El tratamiento de residuos picados presentó la mayor producción de caña (165 t/ha), superando, inclusive, en 17 t/ha al tratamiento de caña quemada. A pesar de que las condiciones iniciales del cultivo fueron húmedas, se notó un efecto positivo de los residuos en la producción de caña. La producción promedio de caña en la primera soca fue de 159 t/ha, considerada como buena; sin embargo, es preocupante la caída en producción entre plantilla y primera soca, que estuvo cercana a 40 t/ha. Las lluvias ocurridas durante los dos últimos meses afectaron la maduración de la caña y como resultado el ARE bajó a 11.65%.

Las evaluaciones en el CIAT con las segunda soca de la variedad V 71-51 sirven para resaltar que aunque en los dos primeros meses de desarrollo de la caña las lluvias fueron frecuentes, la germinación fue muy buena, lo que confirma las bondades de un aporque oportuno y bien hecho; además, el picado de los residuos sigue presentando ventajas y es promisorio.

Impacto económico de la cosecha en verde

El manejo de los residuos de la cosecha en verde tiene un alto costo debido a la demanda adicional de mano de obra para su distribución sobre la superficie del campo (6 jornales/ha) y el despeje de las cepas (2 jornales/ha). Los encalles 1x1 o 2x2 requieren de 10 jornales/ha y el picado de los residuos demanda 2 horas/ha de una máquina cosechadora de forrajes. En los estudios aquí presentados la máquina usada para simular esta labor no era adecuada para el trabajo, siendo necesario organizar los residuos en hileras, lo cual demanda 4 jornales/ha adicionales (Cuadro 6).

El sistema de picado de residuos es una práctica novedosa, aún no utilizada en otros países productores de caña, que permite realizar las

Cuadro 6. Jornales y tiempo de maquinaria requeridos para manipular los residuos de la cosecha de caña cosechada en verde y quemada.

Tratamientos	Jornales/ha	Maquinaria (h/ha)
Caña verde (encalle)		
0x0	6	—
0x1	8	—
1x1	10	—
2x2	10	—
Residuos picados	4	3
Caña quemada	—	0.8

labores culturales convencionales comunes en la cosecha de caña quemada. Actualmente no existen máquinas diseñadas especialmente para esta labor; por tanto, su ejecución depende de la adaptación de cosechadoras de forraje. Con máquinas adecuadas el picado de residuos se podría realizar en un tiempo similar al que toma la labor de encalle en el sistema de caña quemada. Las ventajas que en el largo plazo representa la incorporación de residuos compensarían el posible sobre costo que demanda la labor del picado, y evitarían el efecto que sobre el ambiente tiene la quema de la caña.

Conclusiones y recomendaciones

- En condiciones de tiempo seco, varios de los sistemas de manejo de residuos de la cosecha de caña verde afectaron solamente el desarrollo inicial del cultivo, y las diferencias en relación con la cosecha de caña quemada desaparecieron posteriormente. Al momento de la cosecha no se encontraron diferencias en producción de caña y azúcar entre los tratamientos de caña verde y el testigo comercial con caña quemada antes de la cosecha.
- La presencia de una cobertura de residuos vegetales permite conservar la humedad en el suelo y disminuye los requerimientos de riego.
- El aporte continuo de materia orgánica al suelo permitirá a largo plazo mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Aunque la cantidad de residuos resultantes de la cosecha en verde es elevada, su rápida descomposición evita que se acumulen a través de los cortes y se conviertan en un problema para el desarrollo y producción del cultivo.

- Los mayores costos de producción por el manejo de los residuos es un problema fundamental de la cosecha en verde. Sin embargo, la presencia de estos en el campo conduce al esquema de labranza mínima que permite reducir los costos totales de producción sin afectar las producciones de caña y azúcar.
- El cambio hacia la cosecha de caña verde debe ser gradual y demanda el replanteamiento general de las prácticas de cultivo para sostener los niveles de rentabilidad.
- El primer mes de desarrollo del cultivo es un período crítico de competencia de los residuos con la caña, especialmente en condiciones húmedas. En este caso, el aporque evita que el agua lixiviada por los residuos entre en contacto con la cepa.
- El picado combinado con el aporque apropiado de los campos constituye la mejor alternativa para el manejo de los residuos de la cosecha mecanizada y manual en verde, para período tanto secos como húmedos.
- El desarrollo de nuevas tecnologías de cultivo con el sistema de caña verde es un trabajo multidisciplinario que debe ser adoptado por los investigadores y técnicos en producción del sector azucarero.

Manejo de la caña en verde con alta producción de residuos

J. H. Cock, J. S. Torres y F. Villegas

El promedio de producción de caña de azúcar en Colombia es superior a 130 t/ha, con algunos campos que a menudo producen hasta 200 t/ha. No existe una época específica para la maduración de la caña y por consiguiente las cantidades de cogollos y hojas secas que se producen son muy altas, variando entre 50 y 100 t/ha. Esta gran cantidad de residuos de caña queda en el campo después de la cosecha en verde y reduce la germinación en períodos húmedos, y adicionalmente dificulta la ejecución de las prácticas de cultivo que son normales en el sistema de caña quemada.

Los problemas asociados con la cosecha de caña y el manejo de los residuos del cultivo son a menudo superados con las quemas pre y poscosecha. No obstante, en cumplimiento de normas ambientales en el futuro la caña deberá ser cosechada en verde.

Cenicafía, conjuntamente con la industria azucarera, está desarrollando una metodología integral para la producción de la caña cosechada en verde. En este paquete tecnológico se incluye la evaluación de variedades erectas de alto deshoje, con menos cogollos y alto contenido de sacarosa para facilitar la cosecha. Para superar el problema de la baja germinación en condiciones húmedas, los residuos deben ser picados y la caña aporcada de forma que estos se concentren en el fondo del entresurco.

El manejo de la caña para cosecha en verde en plantaciones de alta producción se dificulta debido al volcamiento del cultivo y a la alta cantidad de residuos que quedan en el campo después de la cosecha, que complican el manejo de las socas y las siembras de nuevas plantaciones.

Cosecha

En la actualidad la mayor parte de la caña se cosecha de forma manual con un rendimiento promedio de corte de caña quemada entre 6 y 8 t/hombre por día. Cuando el corte se hace en verde, este rendimiento se reduce drásticamente hasta 2.5 t/hombre por día; no obstante, cuando los corteros remueven la totalidad de las hojas de la caña cortada esta cifra es menor. Con este nivel de eficiencia y el costo actual de pago de la labor (US\$9/t) no es económicamente viable cosechar manualmente la caña verde, razón por la cual la industria azucarera se está moviendo hacia la cosecha mecanizada.

En Colombia la caña se cosecha durante todo el año con pequeñas fluctuaciones en el azúcar recuperable estimado (ARE, %caña). De esta manera, la industria maximiza el uso de la inversión de capital en los ingenios, con cosechas en períodos tanto húmedos como secos. En el patrón promedio de precipitación de la Figura 1 se observa que con frecuencia en el período húmedo la tasa de molienda se reduce debido a las difíciles condiciones del campo para la cosecha. Durante estos períodos los ingenios mantienen la producción de azúcar almacenando caña en los patios y en el campo para el suministro estable a los molinos. En el caso de caña verde, como resultado de este manejo el tiempo entre quema o corte y la molienda excede 72 h.

Las únicas cosechadoras comerciales que han funcionado satisfactoriamente en Colombia son las combinadas trozadoras de surco sencillo, que cosechan entre 20 y 25 t/h de caña en campos de alta producción de biomasa. Aunque estas máquinas trabajan bien en condiciones húmedas, los problemas de manejo de los equipos de transporte dentro del campo dificultan el sumi-

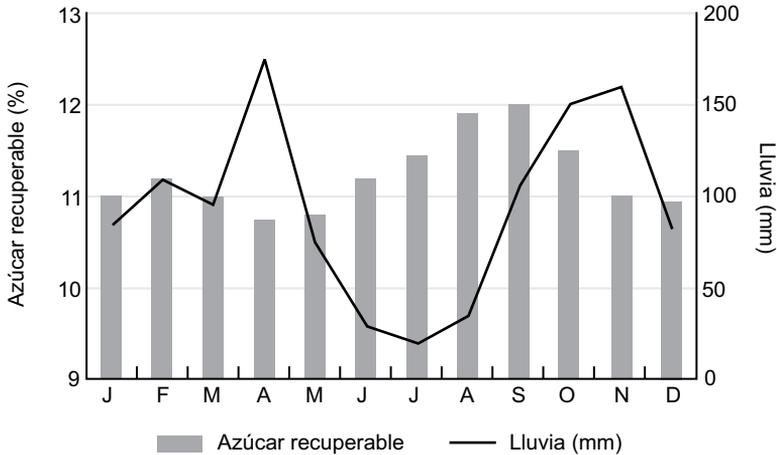


Figura 1. Promedio mensual de azúcar recuperable (%) durante el año en 11 ingenios colombianos y cantidad de lluvia registrada en Cenicafía.

nistro continuo de caña a los ingenios. Aunque existe la posibilidad de usar vehículos de transporte montados sobre orugas, en condiciones extremas de humedad es probable que este sistema resulte poco efectivo debido al daño que ocasionan en las cepas de caña.

La industria azucarera colombiana produce, en promedio, 12 t de azúcar/ha por año y compite con la industria australiana por el primer lugar en productividad de azúcar/ha. La industria australiana logra este nivel de producción por medio del alto contenido de sacarosa en la caña, mientras que la colombiana alcanza un contenido moderado de sacarosa en los tallos y una alta producción de caña. Esto resulta en un costo de corte, alce y transporte por unidad de azúcar mayor en Colombia que en Australia; además, en los campos de alta producción con frecuencia ocurre volcamiento de la caña, lo que complica la limpieza en la cosecha mecanizada. El cambio a la cosecha en verde agravará esta situación incrementando el costo y la dificultad para la limpieza de la caña.

Residuos

En Colombia la cosecha de caña verde deja en el campo entre 50 y 100 t/ha. En campos comerciales las socas con residuos de la cosecha en verde presentan una buena germinación en los períodos secos, pero en condiciones húmedas la germinación y el desarrollo se retardan seriamente. Se ha observado que

el riego con agua proveniente de lixiviados de residuos de la cosecha de caña verde afecta negativamente la germinación de las yemas de caña sembradas en materas (Cuadro 1). Estos resultados indican que el efecto negativo de la cobertura de residuos en condiciones húmedas es debido al impedimento físico que ella representa lo que se suma a los efectos fitotóxicos de las sustancias liberadas por los residuos.

Cuadro 1. Germinación (%) de la variedad MZC 74-275 por el efecto alelopático de residuos de la cosecha de caña verde.

Tratamiento (tipo de riego)	Días después de la siembra				
	10	15	20	30	45
Con agua potable	13	33	53 ab*	77 a	87 a
Con agua lixiviada de residuos descompuestos	10	40	67 ab	83 a	83 a
Con agua lixiviada de residuos frescos	10	20	23 b	23 b	23 b
Promedio	11	31	48	61	64
C.V. (%)	205	92	74	48	43
Signif.	ns	ns	0.05	0.01	0.01

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren de manera significativa ($P > 0.01$), según la prueba de Duncan.

Cuando la caña es aporcada a una altura entre 20 cm y 25 cm y los residuos picados con una cosechadora de forrajes inmediatamente después de la cosecha caen en el fondo de los entresurcos, las cepas presentan buena germinación aun en condiciones muy húmedas y las producciones de caña y azúcar son similares a las obtenidas en socas de caña quemada (Cuadro 2). Además, en condiciones húmedas y de alta temperatura los residuos picados se deshidratan y descomponen rápidamente, siendo posible realizar todas las prácticas culturales que son comunes en el sistema de caña quemada.

Las cosechadoras de forraje disponibles comercialmente no manejan efectivamente la alta carga de residuos, el rendimiento de picado es menor que 0.3 ha/h y los costos son muy elevados. La industria azucarera colombiana estuvo desarrollando una máquina picadora que fue diseñada específicamente para manejar grandes cantidades de residuos de caña.

Cuadro 2. Producción de caña y azúcar en socas de la variedad MZC 74-275 cultivada en un Inceptisol con diferentes formas de manejo y desarrollo inicial en períodos seco y húmedo.

Formas de manejo	Período seco (primera soca)			Período húmedo (segunda soca)		
	Caña	Sacarosa	Azúcar	Caña	Sacarosa	Azúcar
	(t/ha)	(% caña)	(t/ha)	(t/ha)	(% caña)	(t/ha)
Caña quemada	168	11.6	19.5	104	14.7	15.3
Cobertura con residuos	152	11.9	18.1	95	14.5	13.8
Residuos picados	171	11.9	20.4	121	14.2	17.2

Con este trabajo se buscaba recolectar parte de los residuos y usarlos luego como fuente de energía ya sea para combustión en las calderas o para gasificarlos y cogenerar electricidad empleando turbinas de vapor o de gas. Por cada tonelada de residuo seco consumido se estimó que era posible producir 1 MWh de electricidad. Con una producción de 20 t/ha de residuos secos y con un área sembrada de 180,000 ha de caña de azúcar, el potencial sería de 400 MW de suministro continuo de electricidad.

Manejo y valor energético de los residuos de la cosecha en verde

J.S. Torres, C. O. Briceño, D. Astaiza y M. Rosillo

Las variedades de caña sembradas actualmente tienen alta capacidad de producción de residuos y su aprovechamiento constituye una opción para diversificar los ingresos de la industria azucarera; entre estas opciones se encuentra la cogeneración de energía.

Las variedades de caña de azúcar cultivadas en Colombia son de alta producción de biomasa, y cuando son cosechadas en verde dejan en el campo un alto volumen de residuos que pueden ser aprovechados, total o parcialmente, para generar energía eléctrica. Los residuos de la cosecha en verde están integrados por cogollos con porciones de tallo, hojas verdes y secas, y tallos muertos con un contenido promedio de humedad entre 50% y 75 %.

Estos residuos pueden ser quemados en calderas bagaceras para generar vapor o gasificarlos para ser utilizados en turbinas y de esta manera generar energía eléctrica. Independiente del uso posterior de los residuos, es necesario contar con sistemas de recolección y transporte adecuados, que sean viables y atractivos económicamente. Las experiencias en Florida (E.U.) con la cosecha de residuos de caña indican que la densidad de transporte depende del contenido de humedad y del sistema de recolección. El contenido de humedad inicial de los residuos fue de 70% y después de una semana sin lluvias se redujo hasta 30%. La recolección de los residuos usando una cosechadora de forrajes New Holland 2100 resultó en una longitud de picado entre 3 cm y 6 cm y la densidad aparente de la carga húmeda en los vagones varió entre 110 y 170 kg/m³ de residuos con una humedad entre 50% y 60%. Por otra parte, la recolección de los residuos usando máquinas enfardadoras de pacas redondas permitió aumentar la densidad aparente a 190 kg/m³ con residuos de 33% de humedad. La densidad aparente en base seca de las pacas fue el doble de la obtenida con la cosechadora de forrajes New Holland 2100.

Copersucar, en Brasil, está estudiando la posibilidad de generar energía eléctrica a partir de los residuos de la caña. Dentro de los sistemas de recolección se han evaluado las pacas o fardos redondos y rectangulares, obteniendo densidades aparentes entre 95 y 130 kg/m³. Se considera que operativamente es más conveniente manejar y transportar fardos rectangulares que redondos. Copersucar estima que el costo total del enfardado más el alce y transporte es de US\$30/t de residuos con una humedad del 50%.

En el valle geográfico del río Cauca es posible manipular los residuos de la cosecha en verde para formar pacas redondas, fardos rectangulares pequeños o paquetes rectangulares que faciliten el transporte. La opción más viable en este momento consiste en picar los residuos para formar paquetes comprimidos.

Tradicionalmente el bagazo de la caña es usado en los ingenios para producir vapor por combustión directa en calderas. De igual manera se podrían usar los residuos de la cosecha en verde teniendo en cuenta el poder calórico, la humedad y el contenido de cenizas e impurezas. Los análisis fraccionales muestran que los residuos de caña, por lo general, tienen un contenido de humedad de 66%, siendo superior al del bagazo (59%), y su valor calórico en base seca es equivalente (19,274 kJ/kg). Sin embargo, el valor calórico útil de los residuos (6285 kJ/kg) es inferior, debido al mayor contenido de humedad.

Los residuos también contienen más azufre y cenizas que el bagazo, siendo su potencial energético muy alto. Se estima que con una producción de caña de 72 t/ha y 22 t/ha de residuos, se podría obtener la energía equivalente a 29 barriles de petróleo o de 10,000 lt de alcohol, con los consecuentes beneficios ambientales.

El uso de residuos de la caña con fines de cogeneración de energía en forma de gas o combustión directa abre oportunidades económicas a la industria y es una alternativa para reducir los efectos negativos que tienen sobre el rebrote de la caña, especialmente en las zonas más húmedas del valle geográfico del río Cauca. El uso de los residuos como combustible sólido para las calderas en los ingenios libera grandes cantidades de carbón y de bagazo que puede ser usado para la producción de papel, lo cual tiene efectos ambientales directos al reducir la presión sobre la tala de bosques.

Curvas de secado

En el Ingenio Mayagüez se hizo un trabajo de seguimiento a la deshidratación de los residuos provenientes de la cosecha tanto manual como mecanizada en campos comerciales sembrados con las variedades MZC 74-275 y V 71-51. El campo fue dividido en parcelas de 15 surcos para la cosecha manual seguidos, de manera alterna, por parcelas de 50 surcos que fueron cosechadas en forma mecanizada. De esta manera las parcelas de cosecha manual sirvieron para abrir el campo y facilitar la entrada posterior de la cosechadora. En 20 m de la parte superior de las parcelas de cosecha manual los residuos se esparcieron al 0x0 y el resto de la longitud del tablón fue encallado al 2x1. En las parcelas cosechadas en forma mecanizada fueron encallados 25 surcos al 0x0 y los restantes 25 surcos al 2x1, tal como se hace en los campos comerciales. Para el seguimiento de la pérdida de peso de los residuos en las canastas y la determinación posterior de las curvas de secado, dentro de cada subparcela con tratamiento de encalle se colocaron canastas de 0.4 m x 0.4 m x 0.4 m de alambre galvanizado que fueron llenadas con residuos y colocadas dentro de la misma chorra de residuos.

Con el propósito de medir el impacto del picado en la velocidad de deshidratación, se esparcieron uniformemente 200 kg de residuos de 2.5 cm, 5 cm y 10 cm de longitud en parcelas de 2 m x 2 m, colocando en el centro de cada una de ellas una caja de malla con residuos para registrar la pérdida de peso durante 26 días.

Compactación de residuos

Los residuos fueron compactados utilizando una prensa de prueba en la cual se acopló un émbolo de 25 cm de diámetro. La muestra de residuos fue colocada dentro del cilindro con presiones hasta 1000 kPa (140 psi). Con los registros de la presión ejercida y el volumen de la muestra se obtuvieron los valores de densidad con carga y densidad de recuperación después de liberar la presión.

Cantidad y calidad de los residuos

La cantidad de material vegetal remanente en el campo después de la cosecha en verde depende principalmente de la variedad de caña y de la fertilidad del suelo (Figura 1). La variedad V71-51 se caracteriza por presentar frecuentemente altas producciones de biomasa con una relación residuos/caña superior a 0.5; en el extremo opuesto se encuentran las nuevas variedades producidas por Cenicaña y el Ingenio Mayaguez. Algunas de las variedades sembradas actualmente en el valle geográfico del río Cauca presentan una relación residuos/caña superior a 0.5, lo cual dificulta la cosecha en verde. El valor deseable de esta relación en las nuevas variedades ha sido fijado tentativamente en 0.3; no obstante, existen dudas sobre las ventajas de este valor si la cogeneración de energía a partir de los residuos se convierte en una práctica atractiva en el futuro, aunque sería relativamente fácil seleccionar variedades con alta relación residuos/caña.

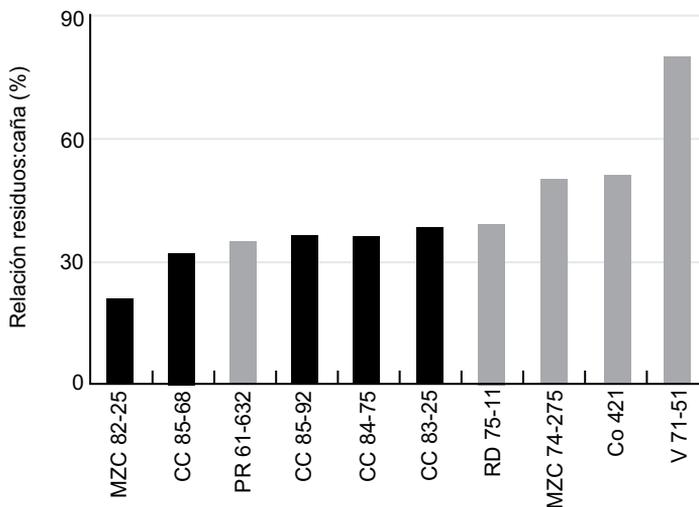


Figura 1. Relación de la cantidad de residuos:caña de las variedades comerciales más importantes cultivadas en Colombia.

El contenido de humedad de los residuos inmediatamente después de la cosecha en verde varía entre 65% y 75%. La composición de la biomasa en el campo es la siguiente: entre 75% y 82 % de tallos, 7% y 12% de hojas secas, 2% y 3% hojas verdes y 7% de cogollos. Los resultados de los análisis de poder calórico de la variedad MZC 74-275 son similares a los obtenidos en Brasil y la Florida (E.U.) (Cuadro 1). Todo parece indicar que los residuos de caña varían muy poco en su composición y que no se justifica entrar a caracterizar en detalle las diferentes variedades comerciales. Por otra parte, existe una gran diferencia en el potencial de producción de biomasa entre países, debido a diferencias entre variedades, fertilidad del suelo y clima.

Cuadro 1. Resultados del análisis proximal de los residuos de caña de la variedad MZC 74-275^a.

Componentes de residuos	W% inicial	W% residual	Volátiles (%)	Cenizas (%)	Carbón fijado (%)	Azufre (%)	Poder calórico (kJ/kg)
Cogollos	78.6	6.0	71.2	7.1	15.6	0.20	17820
Hojas verdes	65.7	6.2	66.7	9.8	17.2	0.26	16848
Hojas secas	11.9	5.9	68.6	11.6	13.9	0.22	16730

a. Análisis realizados en los laboratorios de la Universidad del Valle, Colombia.

Deshidratación natural de residuos

En el Ingenio Mayagüez se estudio la deshidratación en condiciones naturales de los residuos resultantes de las cosechas manual y mecanizada de las variedades MZC 74-275 y V 71-51. Inmediatamente después de la cosecha fueron esparcidos sobre el campo por el sistema de cobertura total (0x0), o encallados manualmente al 2x1, dejando una calle con residuos seguida por dos calles sin residuos.

Los residuos resultantes de la cosecha mecanizada se deshidratan más rápido que los de la cosecha manual (Figura 2). Sin embargo, este hecho es aparente debido a las diferencias en la composición porcentual de cogollos que conduce a diferencias en el contenido de la humedad inicial en las muestras recolectadas, o sea, que si la porción de cogollo predomina en la muestra es de esperar un mayor contenido de humedad inicial. Para evitar incrementos no esperados en la humedad de los residuos se tomó una muestra de composición constante que fue colocada en una caja de malla y su peso fue registrado en el campo diariamente y a la misma hora.

La tasa de secado natural de los residuos cosechados en forma manual o mecanizada varia entre 3% y 4% por día. Una semana

después de la cosecha, si no han ocurrido lluvias, el contenido de humedad puede reducirse desde 60%-65% hasta niveles de 35%-40% (Figura 3). Cuando ocurren lluvias, retienen humedad hasta alcanzar niveles similares

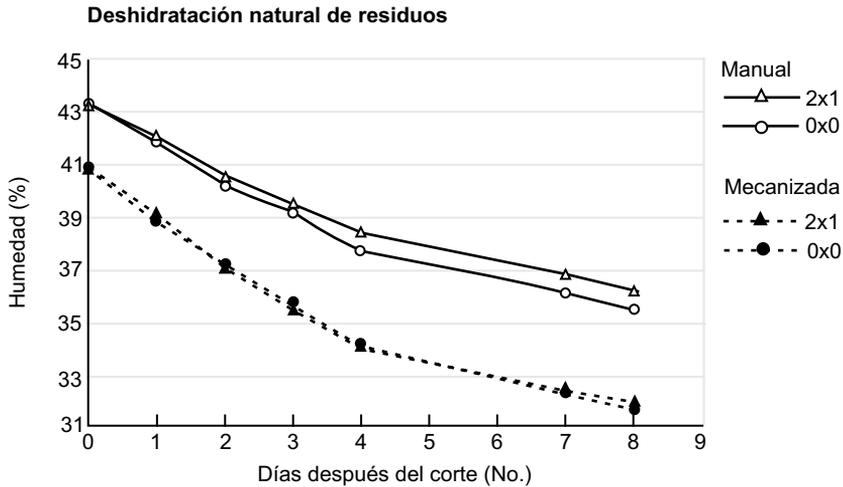


Figura 2. Deshidratación natural de los residuos de la variedad MZC 74-275, encallados al 0x0 y 2x1, provenientes de cosechas manual y mecanizada.

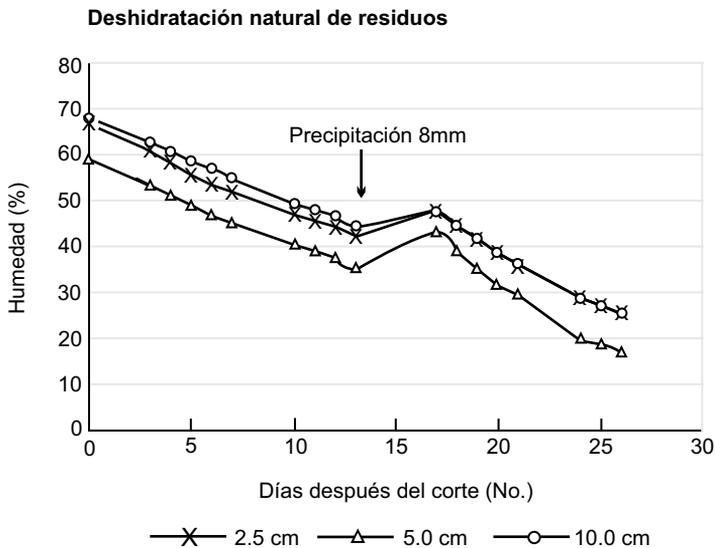


Figura 3. Deshidratación natural de los residuos de la variedad MZC 74-275 en función del tamaño de picado.

a los iniciales; en este caso el agua está asociada con la superficie expuesta de los residuos y la tasa diaria posterior de secado es mayor de 5%. No existe una diferencia apreciable entre las curvas de secado de las cosechas manual y mecanizada, excepto en los contenidos iniciales de humedad.

En este trabajo no se observaron diferencias entre la tasa de deshidratación de los residuos esparcidos (0x0) y los encallados(2x1); por consiguiente, la práctica de encalle no parece atractiva con propósitos de acelerar su tasa de secado en el campo. En la zona tropical pueden ocurrir eventos no esperados de lluvia, aun en los periodos secos, de tal manera que los residuos deben ser manejados durante la semana siguiente a la cosecha.

La tasa de deshidratación de los residuos frescos de la cosecha manual, picados a 2.5 cm, 5 cm y 10 cm, presentó valores similares y los resultados obtenidos no fueron consistentes, lo que indica que el picado no es una práctica atractiva para acelerar el secado.

Propiedades de los residuos

Densidad aparente. La posibilidad de un mayor valor agregado a los residuos de la cosecha en verde está limitada por su baja densidad cuando son enfardados o picados, lo que repercute directamente sobre los costos de transporte. Los residuos de caña de azúcar y forrajes enfardados en paquetes rectangulares y en fardos redondos generalmente presentan densidades entre 110 y 200 kg/m³ y una humedad entre 50% y 60%.

Cuando los residuos frescos de la cosecha en verde con una humedad superior a 52% fueron picados en longitudes de 2.5 cm, 5 cm y 10 cm y posteriormente comprimidos en una prensa hidráulica a 250 kPa (Figura 4), la densidad en estado húmedo varió entre 0.5 y 0.7 Mg/m³. Los residuos de caña son elásticos y se expanden tan pronto se libera la presión, lo que resulta en valores bajos de densidad. Para compensar este cambio sería necesario desarrollar un mecanismo que mantenga la presión mientras se transportan al sitio de acopio. Una simulación de la densidad que alcanzan los residuos picados y sin comprimir cuando se transportan en vagones abiertos, mostró valores cercanos a 0.07 Mg/m³. Por otra parte, es posible obtener fácilmente valores de densidad cercanos a 0.2 Mg/m³ con fardos redondos y rectangulares. En Copersucar, Brasil, se encontró que los fardos rectangulares grandes son la mejor opción debido a la facilidad para su manipulación y la mayor capacidad de transporte.

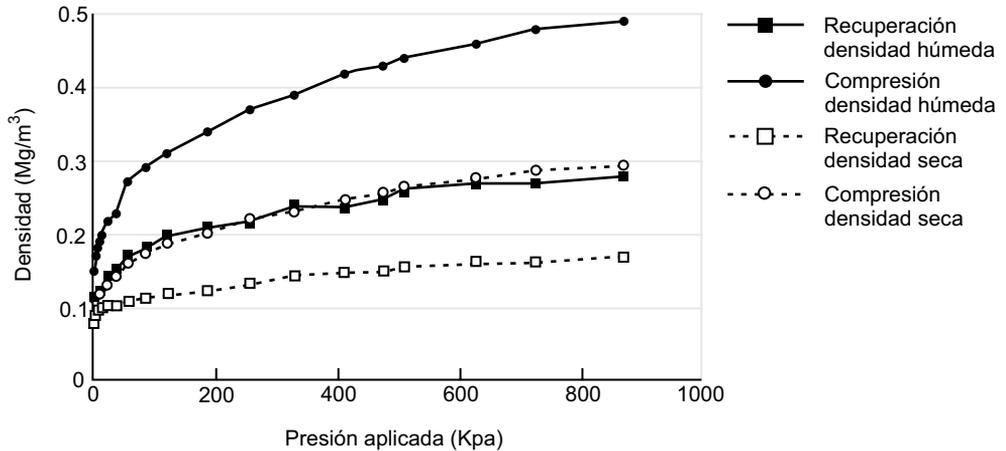


Figura 4. Densidad de compresión de los residuos picados (10 cm) de la variedad V71-51 (contenido de humedad = 39%).

Los residuos presentes en el campo después de la cosecha mecanizada aparecen sempicados y en porciones de tamaño relativamente grande. En muestras de la variedad MZC 74-275 con contenidos de humedad entre 10% y 52% recolectadas en el campo y luego comprimidas, se encontró que la densidad aumentó con el contenido de humedad. En densidad base seca no se encontraron cambios por efecto de la compresión debido a que la cantidad de biomasa seca por unidad de volumen permanece constante (Figura 5). A medida que la humedad de los residuos es menor también se reduce su

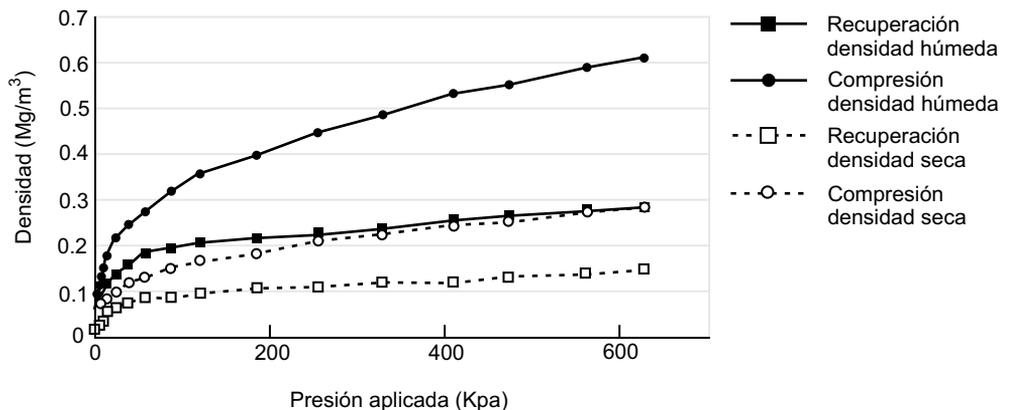


Figura 5. Densidad de compresión de los residuos de la cosecha mecanizada de la variedad MZVC 74-275 (contenido de humedad = 52%).

capacidad para aumentar el volumen. De acuerdo con estos resultados no es necesario esperar a que los residuos estén secos para aumentar su densidad de compresión.

Máquina picadora de residuos

Actualmente se están realizando esfuerzos para recoger los residuos del campo y transportarlos al sitio de aprovechamiento. Cenicaña constituyó un consorcio con la compañía Claas de Alemania para desarrollar y evaluar una máquina forrajera que recoja, pique y cargue los residuos en vagones cerrados. Para este efecto se desarrolló un nuevo cabezal de 6 m que fue probado en el picado y la recolección de residuos de la cosecha en verde. Las primeras pruebas fueron bastante promisorias. Las experiencias obtenidas hasta el momento ratifican que el picado de los residuos es una opción para su aprovechamiento y que las máquinas enfardadoras tienen limitaciones para la recolección y manejo de los residuos en campos aporcados.

Conclusiones

- El contenido de humedad inicial de los residuos frescos varía entre 50% y 75% y constituyen entre 16% y 22 % de la biomasa en el campo.
- El valor calórico de los cogollos, hojas verdes y secas varía entre 16,730 y 17,820 kJ/kg.
- EL valor calórico de los residuos resultantes de la cosecha en verde en los campos de la zona azucarera de Colombia es similar al obtenido en Brasil y Estados Unidos. La principal diferencia entre países radica en la capacidad de producción potencial de residuos por hectárea.
- La tasa diaria normal de deshidratación natural de los residuos en períodos sin lluvias es del orden de 3% a 5% de humedad. La tasa de secado natural de los residuos de las cosechas manual y mecanizada es muy similar y no se justifica picar los residuos para aumentar la tasa de secado.
- La densidad en húmedo de los residuos varía entre 500 y 700 kg/m³ cuando se comprimen a de 250 kPa. La densidad de compresión aumenta con la humedad.

- Los residuos de la caña cuando son comprimidos presentan propiedades elásticas y aumentan de volumen al liberar la fuerza de compresión.
- El aprovechamiento de los residuos de la cosecha en verde tiene un alto potencial para aumentar los ingresos de la industria azucarera.

Alelopatía de los residuos de la cosecha de caña en verde

F. Villegas y J.S. Torres

Los residuos de la cosecha en verde cuando entran en contacto con el agua liberan sustancias con efectos herbicidas que reducen la germinación de la caña, situación que exige el desarrollo de estrategias de manejo para evitar daños al cultivo. En trabajos realizados en la estación experimental de Cenicafña con la variedad MZC 74-275 cultivada en bandejas con capacidad para 8 L de suelo y regadas con agua potable, agua lixiviada de residuos frescos y agua lixiviada de residuos descompuestos, se encontró que después de 45 días de la siembra solamente germinó el 23% de las yemas sembradas en agua lixiviada de residuos frescos, mientras que la germinación en el tratamiento de riego con agua potable fue de 87%, y de 83% cuando se regó con agua lixiviada de los residuos descompuestos (Cuadro 1).

El macollamiento y el crecimiento de los tallos no fueron afectados por los tratamientos y la población final de estos dependió directamente de la germinación (Cuadro 2). Los tallos que lograron emerger en el tratamiento de

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de la variedad MZC 74-275 afectada por alelopatía de residuos de caña en invernadero.

Tratamiento de riego	Días después de la siembra				
	10	15	20	30	45
Con agua potable	13	33	53 ab*	77 a	87 a
Con agua lixiviada de residuos descompuestos	10	40	67 ab	83 a	83 a
Con agua lixiviada de residuos frescos	10	20	23 b	23 b	23 b
Promedio	11	31	48	61	64
Coefficiente de variación (%)	205	92	74	48	43
Significancia (%)	ns	ns	5	0.01	0.01

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan.

Cuadro 2. Población y macollamiento de la variedad MZC 74-275 a diferentes edades (días después de la siembra) por efecto de la aleopatía de residuos de caña en invernadero.

Tratamiento de riego	Población (tallos/maceta) (por edad)			Macollos/tallo (por edad)		
	68	82	122	68	82	122
Con agua potable	3.5 a*	5.5 a	6.6 a	0.28	1.12	1.67
Con agua lixiviada de residuos descompuestos	3.4 a	5.1 a	6.6 a	0.60	1.25	1.84
Con agua lixiviada de residuos frescos	1.1 b	1.8 b	2.1 b	0.5	1.06	2.43
Promedio	2.7	4.1	5.1	0.45	1.16	1.87
C.V. (%)	49	58	53	157	96	67
Significancia (%)	0.10	1.0	0.10	ns	ns	ns

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa, ($P > 0.5$) según la prueba de Duncan

riego con el lixiviado de residuos frescos presentaron, incluso, un crecimiento ligeramente mayor que el de los tallos en otros tratamientos, debido a una menor competencia como consecuencia de la menor población (Cuadro 3).

Estos lixiviados además redujeron la proliferación de malezas, especialmente de gramíneas. Cuarenta y ocho días después de la siembra (d.d.s.) se encontró 56% menos de malezas (Cuadro 4); no obstante, a partir de esta época y hasta 122 d.d.s. en este mismo tratamiento ocurrió la mayor proliferación de malezas, lo cual indica que posiblemente para esta última época el efecto alelopático de los residuos había desaparecido y, adicionalmente, una menor población de plantas de caña permitió también una mayor proliferación de malezas. El peso de la caña en el tratamiento que presentó efecto alelopático fue inferior en 60% en comparación con los demás tratamientos sin efectos alelopáticos (Cuadro 4).

Estos resultados muestran claramente el efecto alelopático de los residuos frescos de la caña sobre la germinación de las socas. Para reducir este efecto se recomienda realizar un aporque adecuado de los campos, especialmente en zonas con alta precipitación.

Cuadro 3. Altura de plantas y de macollas de la variedad MZC 74-275 a diferentes edades (días después de la siembra) por efecto de la alelopatía de residuos de caña en invernadero.

Tratamiento	Altura de tallos (cm) (por edad)			Altura de las macollas (cm) (por edad)		
	68	82	122	68	82	122
Riego con agua potable	16.8 b*	24.9	32.5	5.3	0.4	10.1
Riego con agua lixiviada de residuos descompuestos	18.1 ab	25.7	34.1	4.8	7.7	10.8
Riego con agua lixiviada de de residuos frescos	21.5 a	22.8	37.3	2.5	7.5	11.0
Promedio	18.1	24.8	34.0	4.5	7.9	10.5
C.V.(%)	17	21	13	41	57	40.0
Significancia	5%	ns	ns	ns	ns	ns

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa, según la prueba de Duncan.

Cuadro 4. Peso de la caña y de malezas en la variedad MZC 74-275 a diferentes edades (días después de la siembra –d.d.s.) por efecto de la alelopatía de residuos de caña en invernadero.

Tratamiento	Malezas (g/maceta)				Peso de la caña (g/maceta)	
	48 d.d.s.		122 d.d.s.		122 d.d.s	
	Peso húmedo	Peso seco	Peso húmedo	Peso seco	Peso húmedo	Peso seco
Riego con agua potable	27.2 a*	3.12 a	1.5 b	0.44 b	111.8 a	40.01 a
Riego con agua lixiviada de residuos descompuestos	30.2 a	4.03 a	1.9 b	0.60 b	109.7 a	38.77 a
Riego con un lixiviada de residuos frescos	12.5 b	1.59 b	16.3 a	4.12 a	45.3 b	15.28 a
Promedio	23.3	2.91	6.6	1.72	88.9	31.35
C.V. (%)	38	42	168	166	43	47
Significancia	0.10%	0.10%	1%	1%	0.10%	0.10%

* Valores en una misma columna seguidos de letras iguales no difieren en forma significativa, ($P > 0.5$) según la prueba de Duncan.

Producción de hongos comestibles en residuos de la caña de azúcar

M.L. Guzmán, J.C. Ángel, A.C. Rivas, L.F. Arévalo y L. Suárez,

Los residuos vegetales están constituidos principalmente por lignina y celulosa y sólo pueden ser transformados en abono orgánico mediante la acción biológica de microorganismos, especialmente bacterias, levaduras y hongos, que tienen la propiedad de sintetizar enzimas, permitiendo la descomposición rápida de los tejidos vegetales. Los residuos de la caña de azúcar presentes en el campo después de la cosecha en verde están conformados principalmente por hojas y cogollos, los cuales contienen 13% de celulosa y 11% de lignina.

Existe un grupo de hongos conocidos como basidiomicetos que utilizan la celulosa o la lignina como fuentes de carbono y energía y presentan su basidiocarpo en forma de sombrilla u oreja. A este grupo pertenecen especies medicinales y comestibles que han sido apreciadas y consideradas desde la antigüedad como un plato selecto por su valor nutritivo.

En el ámbito mundial se han domesticado aproximadamente 22 especies de hongos, pero sólo 10 de ellas se cultivan a escala industrial. Actualmente, además del champiñón, los más cultivados son: *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes*, *Flammulina velutipes*, *Pleurotus sajor caju*, *Pleurotus djamur* y *Volvariella volvacea*.

Producción de blanco o semilla

Cenicaña adquirió la cepa de *P. ostreatus*, una especie de interés comercial por su valor nutritivo y medicinal, que es mantenida en medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar). A partir de la cepa pura del hongo se evaluaron diferentes sustratos y recipientes para producir el blanco o semilla. Los sustratos evaluados, arroz, trigo y sorgo, fueron esterilizados directamente en frascos y bolsas de polipropileno calibre 2 pequeñas (15.5 cm x 23 cm) y grandes (30 cm x 50 cm) en autoclave a 120 °C durante 20 - 25 min y luego inoculados con micelio del hongo. Los recipientes se incubaron a temperatura ambiente en el laboratorio para permitir la invasión del hongo. Una vez invadido el sustrato con el micelio del hongo, éste quedó listo para ser utilizado como semilla.

Se encontró que *P. ostreatus* colonizó en forma más eficiente el arroz entre 8 y 15 días, por lo cual se siguió utilizando este sustrato en los siguientes

ensayos. En las bolsas de polipropileno pequeñas, con 50 g de arroz, ocurrió una baja contaminación, mientras que en las bolsas grandes, con 100 g de arroz, no hubo contaminación (Cuadro 1). En los frascos inoculados igualmente se presentó una baja contaminación, el micelio no colonizó uniformemente el arroz, se presentó dificultad para extraer la semilla y resultó más costoso el sistema que el de las bolsas de polipropileno; por estas razones se siguieron utilizando las bolsas con 100 g de arroz.

Cuadro 1. Evaluación de diferentes métodos para la multiplicación de micelio de *Pleurotus ostreatus*.

Característica	Bolsas plásticas (15 x 23 cm)	Bolsas plásticas (30 x 50 cm)	Frascos (500 ml)
Colonización de micelio (día)	8	15	10
Contaminación (%)	6	0	10

Preparación del sustrato

Se evaluaron residuos enteros, picados con machete en trozos de 4 cm y 10 cm y con picadora de tamaño aproximado de 1 cm. Los residuos, una vez picados, se colocaron en sacos de fibra que se sumergieron en agua hirviendo en recipientes de lámina galvanizada durante 2 h. Al final del tratamiento los sacos fueron colocados en suspensión con el fin de eliminar el exceso de agua.

Los residuos de caña deben ser de tamaño pequeño y es preciso picarlos para facilitar la invasión por el micelio. En los residuos picados con máquina o con machete en trozos de 4 cm y 10 cm se observó mejor invasión que en los trozos enteros. En los tres sistemas la colonización se presentó a los 19 días después de la inoculación. La producción de setas fue mejor en los residuos picados con máquina y más temprana en los picados con máquina y con machete a 4 cm (Cuadro 2). Los trozos sin picar se contaminaron y su manejo fue bastante difícil. Los residuos picados y tratados con agua hirviendo no presentaron invasión de microorganismos contaminantes; no obstante, es necesario escurrirlos completamente antes de inocularlos, debido a que el exceso de humedad no permite el desarrollo del hongo.

Cuadro 2. Comparación de los diferentes tamaños de residuos para la producción de *Pleurotus ostreatus*.

Tipo de picado	Cosecha (día)	Peso del hongo (g)
Máquina (1 cm)	21	170
Machete (4 cm)	23	89
Machete (10 cm)	26	106

Unidades de producción

Como unidades de producción fueron evaluadas: (1) bolsas plásticas transparentes de 40.5 cm x 28.5 cm, selladas completamente con piola o fibra plástica; (2) bolsas plásticas iguales a las anteriores, pero abiertas, con un anillo de PVC de 2 pulgadas de diámetro en la boca y cubiertas con una malla de tela fina sostenida por una banda de caucho; (3) camas de guadua y (4) camas de malla de alambre.

Inoculación o siembra del hongo

Este procedimiento se realizó utilizando medidas extremas de asepsia, en un sitio cerrado y desinfectado previamente. Para inocular el sustrato se tomaron porciones pequeñas de semilla que se adicionaron a los residuos previamente tratados con agua hirviendo. Se utilizaron concentraciones de inóculo de 1%, 1.6% y 2% en relación con el peso húmedo de los residuos.

La inoculación con trozos de semilla del hongo resultó eficiente, debido a que se incorporaron simultáneamente el inóculo y el sustrato a medida que se llenaron las bolsas plásticas o las camas de guadua o malla, lográndose un crecimiento de micelio uniforme y poca contaminación. En la medida en que la tasa de inoculación fue mayor, la invasión fue más rápida. Los mejores resultados se encontraron con una concentración de inóculo de 2%. (Cuadro 3).

Las unidades de producción que mejor funcionaron fueron las bolsas plásticas con 1600 g (peso húmedo) de residuo. En las bolsas cerradas herméticamente, cuando el residuo quedó muy húmedo se presentó muy poca invasión del hongo en comparación con aquellas cerradas con anillo de PVC

Cuadro 3. Producción de *Pleurotus ostreatus* en residuos de caña de azúcar en diferentes unidades de producción y concentración de inóculo.

Detalle	Unidad de producción (concentración de inóculo)		
	Bolsas ^a (1.6 kg)	Cama de guadua (2 kg)	Cama de malla (2 kg)
Incubación (día)	19 – 22	17 – 19	17 – 19
Producción (día)	22 – 25	20 – 23	20 – 23
Peso de setas (g)	170	332	428
Peso residuo húmedo (kg)	1.6	4.0	4.0
Eficiencia biológica (%) ^b	53.1	41.5	53.5

a. Bolsas plásticas con anillo de PVC.

b. (Peso fresco setas/peso seco sustrato) x 100.

y tela, que permitieron el drenaje de los exudados y la aireación en las bolsas. Las camas de guadua permitieron una buena invasión, pero en la etapa de producción las setas en la parte inferior no emergieron fácilmente y se deformaron. Las camas con malla tipo gallinero permitieron una buena invasión y fructificación.

Incubación

El local utilizado para la incubación consistió en una construcción en guadua, techo de teja de cartón, piso de grava, paredes de malla forradas en parte con plástico transparente y con anejo para evitar la entrada de insectos. El local se dividió en un área de incubación y otra de producción, donde fueron colocadas las mesas de guadua y malla.

Etapas de invasión

Para permitir el desarrollo del hongo y su invasión en los residuos de caña, las unidades de producción fueron incubadas en condiciones de escasa luminosidad, baja aireación y alto contenido de CO₂. Esto se logró introduciendo las bolsas plásticas inoculadas en una bolsa negra de mayor tamaño, cubriendo las camas con plástico negro y acondicionando la zona de incubación con un plástico verde para dar un ambiente de penumbra.

Aunque en las bolsas plásticas selladas completamente y colocadas para incubación dentro de bolsas negras se logró invasión, en ocasiones ocurrió un proceso de anaerobiosis con producción de malos olores y demasiada humedad, que no permitió el desarrollo del hongo. En las bolsas con apertura (anillo de PVC) y colgadas en el área de penumbra se observaron mejores resultados, no se presentó acumulación de exudados ni malos olores y la invasión ocurrió a los 19 días; en las camas de guadua y malla tipo gallinero ocurrió también buena invasión del micelio a los 17 - 19 días (Cuadro 3).

Etapas de producción

Se acondicionó un área cerrada con anejo con el fin de proporcionar al cultivo las condiciones necesarias de luz, aireación y humedad para inducir la fructificación. Las unidades de producción se mantuvieron en este sitio desde el momento en que presentaron botones de germinación hasta que dejaron de producir setas.

En bolsas plásticas la presencia de botones de fructificación ocurrió entre 19 y 22 días después de la incubación y en las camas de guadua y malla entre 17 y 19 días (Cuadro 3). Las bolsas plásticas se perforaron y se

colgaron para permitir la fructificación del hongo, y las camas de guadua y malla se descubrieron completamente. En esta etapa fue necesario mantener una humedad relativa alta (entre 80% y 90%), lo que se consiguió regando el techo y el piso con suficiente agua varias veces al día e igualmente regando con aspersores las diferentes unidades de producción.

Cosecha

La cosecha se realizó en forma manual cuando las setas estaban totalmente desarrolladas, procediendo a continuación a su medición y pesaje por cada unidad de producción. El porcentaje de eficiencia biológica de cada unidad de producción se midió utilizando la relación $[\text{peso fresco de setas}/\text{peso seco del sustrato}] \times 100$; el peso fresco del sustrato se obtuvo multiplicando el peso húmedo del sustrato $\times 0.2$, debido a que la humedad inicial de los residuos fue de 80%.

La cosecha en las bolsas plásticas se realizó entre 22 y 25 días y en las camas de guadua y malla entre 18 y 23 días (Cuadro 3). La producción de setas se presentó entre 3 y 4 días después de la apertura de las unidades de producción. Al principio las setas fueron pequeñas y redondas pero luego se abrieron y ensancharon en forma de orejas u ostras (Figura 1). El momento indicado para cosecha ocurre cuando la seta toma forma plana, antes de que



Figura 1. Fructificación de *Pleurotus ostreatus* en residuos de caña.

los bordes giren hacia arriba por efecto de la deshidratación. En las diferentes unidades de producción se produjeron hasta tres cosechas, espaciadas más o menos una semana.

En general la eficiencia biológica en bolsas plásticas y cama de malla fue muy semejante y superó la obtenida en la cama de guadua. La producción total en las bolsas de 1600 g de peso húmedo fue de 170 g; para las camas de guadua y las camas de malla fue de 332 g y 428 g con eficiencias biológicas de 41% y 57%, respectivamente.

En el interior de la casa de producción se presentaron temperaturas que oscilaron entre 19° y 35 °C y una humedad relativa entre 40% y 98%. La alta temperatura y baja humedad registradas en ciertos momentos del ciclo de producción son condiciones desfavorables para la producción de hongos comestibles y afectan especialmente la producción de setas.

Los resultados de este trabajo indican que los residuos de la cosecha de la caña de azúcar son un buen sustrato para la producción del hongo comestible *P. ostreatus*, y una alternativa para acelerar su descomposición y producir un alimento de alta calidad nutritiva. Es necesario, sin embargo, hacer algunas modificaciones en el local de incubación para mantener aisladas las condiciones ambientales, especialmente en épocas de altas temperaturas y baja humedad y, de esta forma, mejorar la eficiencia de la producción. El sustrato para la multiplicación de la cepa del hongo que ofreció los mejores resultados fue el arroz, y la producción de semilla se realizó en mejores condiciones en bolsas de polipropileno. Los residuos de cosecha deben ser picados para utilizarlos como sustrato en la producción del hongo, de esta forma se logra una mejor invasión del micelio; además, deben ser desinfectados por medio de agua hirviendo para eliminar contaminantes.

Bibliografía consultada

Manejo de residuos

- Churchward, E. H. y N.J. Poulsen, N. J. 1988. A review of harvesting developments. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. p. 1-6.
- Eiland, B. R. y Clayton, J. E. 1983. Unburned and burned sugarcane harvesting in Florida. Trans. ASAE. 26(5): 1332-1336.
- Gosnell, J. M. 1970. Optimum irrigation levels for cane under burnt and trashed conditions. South African Sugar Technologist Association. June. p. 1-9.

- Hoult, J. 1990. Control measures help to minimise trash blanket fires. BSES Bulletin. April. 30:22.
- Hudson, J. C.; Boicot, C. A.; y Scott, D. A. 1975. A new method of sugarcane harvesting. World Crops. July-August. p. 164-169.
- McMahon, G. 1990. Potential benefits for burdekin growers with green cane harvesting. BSES Bulletin. April. 30:15.
- Orsenigo, J. R. 1978. A harvest comparison of green and burned sugarcane. Univ. Florida. Agric. Exp. Station. Tech. Bull. 794. 30 p
- Ridge, R. 1990. Green cane harvesting on the increase. Some machinery options. BSES Bulletin. January. 29:8-9.
- Rozeff, N. y Crawford, H. R. Jr. 1980. Green cane vs. burned cane harvest comparisons, 1978-79. roceedings XVII Congress ISSCT. Manila, Philippines. Vol.1. p. 916-931.
- SASA. 1977. Burning and trashing. sugarcane production in South Africa. April. Bulletin No. 1. The Experimenting Station of the South African Sugar Association. Mount Edge Combe. South Africa.
- Wiedenfeld, R. P.; Hipp, B. W.; y Reeves, S. A. 1985. Effect of residues from unburned sugarcane harvest. ASSCT. p. 55-60.
- Wood, A. W. 1986. Green cane trash management in the Hebert Valley. Preliminary results and research priorities. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. p. 85-94.

Manejo y valor energético de residuos

- Clayton, J. E. y Eiland, B. R. 1984. Harvesting and transporting high tonnage crops for biomass. Paper no. 84-3065. ASAE Winter Meeting, Knoxville, TN. June 24-27.
- Doat, J. 1977. Le pouvoir calorifique des tropicaux. Bois et forêts des tropiques. Mars-Avril. No. 172: 33-48.
- Eiland, B. R. y Clayton, J. E. 1982. Collection of sugarcane crop residue for energy. Paper no. 82-3586. ASAE Winter Meeting, Chicago, IL. December 14-17.
- Richey, C. B.; Liljedahl, J. B.; y Lechtenberg, V. L. 1982. Corn stover harvest for energy production. Trans. ASAE 25(4): 834-839,844.
- Ripoli, T. C.; Molina Jr., W. F.; Stupiello, J. P.; Nogueira, M. C.; y Saccomano, J. B. 1991. Potencial energético de los residuos de cosecha de la caña verde. STAB. Setembro-Outubro. p 22-26.
- Torres, J. S. y Villegas, F. 1996. Green cane management under heavy trash conditions. Proc. ISSCT 22(2):142-149.

Alelopatía de residuos

- Abdul-Wahab y Rice, E. L. 1967. Plant inhibition by Jonhson-grass and its possible significance in old-field succession. Bull. Torrey Bot. Club. 94:486-497.
- Miller, D. A. 1986. Allelopathy in forrage crop systems. Agr. J. 88:854-859.
- Lorenzi, H. J. 1983. Plantas daninhas e seu controle na cultura da cana-de-açúcar. Copersucar. Reuniao Técnica Agronomica. Setembro. p 59-73.
- Putnam, A. R. 1986. Weed allelopathy. En: S.O. Duke(ed.). Weed physiology. CRC press. Boca Ratón, FL. p. 131-155.
- Swain, J. 1997. Secondary compounds as protective agents. Annu. Rev. Plant Physiol. 28:479-501.
- Wittaker, R. H. y Feeny, P. P. 1971. Allelochemics: chemichal interactions between species. Science 171:757-750.

Producción de hongos comestibles

- Chang, S. T. 1991. Recent trends in world production of cultivated edible mushrooms. Mushrooms J. 503:15-18.
- García, M. 1998. Cultivo de setas y trufas. Ed. Mundi-Prensa, Madrid.
- Gómez, L. 2000. Utilización de hongos para la descomposición de los residuos post-cosecha de la caña de azúcar. Trabajo de Grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 68 p.
- Gómez, L. y Victoria, J. I. 2001. Uso de hongos para la descomposición de residuos de la cosecha de la caña verde y producción de champiñones. Resúmenes, XXII Congreso de Ascolfi. Medellín. p. 11.
- Ginterova, L. 1989. Cultivation of edible oyster mushroom *Pleurotus* on Cuban sugar ligno-cellulosic residues. En: Congress of the International Society of Sugar-cane Technologies, Sao Paulo, Brasil, 12 – 21, October 1989. Proceedings Sao Paulo, ISSCT, 1989 (1): 333 –339.
- ICIDCA (Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar). 1986. La industria de los derivados de caña de azúcar, La Habana. p. 19-20, 131-146.

Parte 4

Equipos y mano de obra para la cosecha en verde

Contenido	Pág.
Requerimientos de equipos y mano de obra	117
Impacto de la cosecha mecanizada en períodos húmedos	130
Reducción de los daños ocasionados por la maquinaria durante la cosecha	136
Bibliografía consultada	147

Requerimientos de equipos y mano de obra

J. S. Torres y C. A. Madriñan

El cambio a la cosecha en verde implica la adopción de nuevas tecnologías para el manejo del campo y la cosecha y el procesamiento de la caña, lo que significa costos adicionales en el proceso de producción. Con el propósito de conocer mejor el impacto económico del cambio a la cosecha de la caña en verde se establecieron diferentes niveles de mecanización de las labores de campo y cosecha. Dependiendo del nivel de mecanización, se presentan algunos escenarios para años de condiciones promedio y húmedos, donde el valor de la inversión inicial en equipos varía entre 30 y 150 millones de dólares. El estudio del impacto económico y social de la cosecha en verde se debe complementar incluyendo para los diferentes escenarios los costos anuales equivalentes por posesión y mantenimiento de los equipos más los salarios y prestaciones sociales. La información generada es de gran utilidad para que la industria la utilice como una herramienta en las decisiones o negociación ante el gobierno nacional.

Durante las últimas dos décadas la industria azucarera colombiana se ha expandido rápidamente hasta ocupar un área superior a 200,000 ha. El cultivo de la caña es bastante visible porque domina el paisaje rural y se

ha convertido en el más importante de la región. En estas circunstancias, al comienzo de la década de 1990 las comunidades reclamaron a la industria por las molestias causadas por las pavesas originadas en las quemadas de la caña antes del corte.

La adopción del manejo de la caña en verde involucra mucho más que el cambio del sistema de cosecha. La presencia de una gran cantidad de residuos en la superficie del suelo dificulta inicialmente la cosecha y posteriormente el manejo agronómico de los campos debido a la presencia de los residuos, las plagas y las enfermedades que pueden proliferar y las complicaciones que pueden ocurrir en las operaciones en fábrica debido a los mayores niveles de materia extraña.

La preocupación inicial de la industria se centró en el manejo de las operaciones de cosecha y sus efectos sobre el desempeño de la fábrica. Sin embargo, cuando los primeros campos fueron cosechados en verde se puso en evidencia que el manejo después de la cosecha se complicaba por la presencia de los residuos. Los altos tonelajes de caña obtenidos en Colombia y la gran cantidad de residuos dejados en el campo por la cosecha en verde reducen la germinación de las socas en períodos húmedos, restringen las labores de cultivo y fertilización y dificultan la renovación rápida de los campos.

La industria azucarera colombiana desarrolló un sistema integrado para el control de plagas y enfermedades basado en variedades resistentes, siembra de semilla limpia, prácticas sanitarias adecuadas y control biológico, que de manera efectiva han mantenido la sanidad del cultivo en niveles aceptables con el esquema de cosecha de caña quemada.

Hace ya más de 20 años que los ingenios colombianos cosechaban la caña en verde y en esa época el corte, la limpieza y la alzada eran labores manuales. Últimamente, como resultado de la readopción del corte manual en verde, el contenido de materia extraña de la caña cosechada aumentó a niveles preocupantes y los corteros se han mostrado renuentes a limpiarla a menos que se les compense con un mayor pago. Todo lo anterior resulta en menores valores de extracción de sacarosa y bajas tasas de molienda. Además los corteros, a quienes se les paga por el peso de la caña que corten, rechazaron la cosecha en verde porque sus rendimientos disminuyeron considerablemente y ahora exigen una remuneración más alta por tonelada cosechada con este sistema.

Los ingenios más afectados por las restricciones para la cosecha de caña quemada, por estar ubicados cerca de zonas urbanas, carreteras y aeropuertos, optaron por explorar la cosecha mecanizada en verde. Inicialmente, la industria visualizó este tipo de cosecha como una alternativa promisoriosa e identificó el corte verde limpio como una opción social para generar empleo con beneficios por el menor contenido de materia extraña en la caña cosechada, lo que se traduce en una mayor recuperación de azúcar y compensa los costos adicionales de esta labor.

Para este trabajo y con el propósito de generar criterios técnicos que ayuden a la industria a la administración y manejo de los campos, se recopiló la información de precipitación diaria de 49 estaciones distribuidas a lo largo del valle geográfico de río Cauca con series de datos que varían entre 20 y 50 años. Para cada estación se determinó la cantidad de precipitación diaria y su nivel de probabilidad de ocurrencia; adicionalmente se establecieron los valores de precipitación esperada con probabilidades de 75%, que se asimila a la condición de un año seco (Niño); 50% de probabilidad, que se asemeja a condiciones de un año promedio, y la probabilidad de 25%, que corresponde a un año húmedo (Niña).

Definición de las áreas potenciales para mecanizar la cosecha

La cosecha manual en verde es un proceso arduo que lleva a rendimientos bajos en el corte, transporte, molienda y fabricación del azúcar. En la medida en que se desarrolle el país, la población buscará empleos que demanden menor esfuerzo físico y en ese momento la industria deberá estar preparada para mecanizar los procesos agrícolas y en especial la cosecha de la caña en verde. La mecanización del campo, a pesar de ser un proceso costoso, traerá beneficios a la industria, entre ellos mayor flexibilidad en el tiempo para la cosecha y en la ejecución de las labores por el mayor rendimiento obtenido.

El proceso de mecanización de la cosecha debe ser realizado de manera racional, tomando en consideración los factores que pueden afectar el desempeño de las máquinas cosechadoras y/o picadoras de residuos, entre estos el tiempo disponible para las operaciones de cosecha cuando la lluvia no interfiere su desempeño, con el fin de evitar daños en los campos (traticabilidad). El desempeño de las máquinas puede también estar limitado por la pendiente de los campos, por la presencia de gravas o piedras en la superficie del terreno y por la posibilidad de encharcamiento cuando ocurran lluvias ligeras. Teniendo en cuenta los factores mencionados y la información

tomada del estudio semidetallado de suelos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi se determinaron las áreas con restricciones para el uso de máquinas cosechadoras y se establecieron los mapas correspondientes que muestran su distribución espacial.

Limitación por pendiente. El área cultivada con caña de azúcar en el valle del río Cauca es de pendiente relativamente plana; la mayor parte de los campos cultivados presentan pendientes menores de 3%, donde no existen restricciones para la maniobra de las máquinas y los equipos. En el piedemonte de la cordillera Central y en algunos sitios de la cordillera Occidental existen zonas cultivadas con caña en campos con pendientes entre 3% y 7%, siendo peligroso en ellas tratar de cosechar la caña con máquinas grandes y pesadas (Figura 1).

Limitación por gravas superficiales. Las gravas o piedras en la superficie del terreno son perjudiciales para el desempeño de las máquinas cosechadoras, ya que provocan daños constantes a los discos y cuchillas de la base cortadora, a los sistemas de transporte interno de caña, a los machetes trozadores, y adicionalmente sueltas causan daños a los molinos en la fábrica. En la Figura 1 se presenta la distribución de los suelos con gravas o piedras en la superficie, que coincide en gran parte con el área del piedemonte de la cordillera Central.

Limitación por drenaje del suelo. Los suelos de la parte plana del valle geográfico de río Cauca son en general de textura fina y por consiguiente pueden presentar limitaciones en su capacidad para transmitir el agua de las lluvias hacia los horizontes más profundos, lo que provoca encharcamientos y excesos de humedad superficial que dificultan la movilidad de las máquinas. En la Figura 1 también se incluye la distribución espacial de la permeabilidad y se nota la predominancia de los suelos con drenaje imperfecto y pobre en casi toda la zona azucarera.

Otras limitaciones. El país está atravesando por un momento de inseguridad social que es necesario tener en cuenta para la proyección de los sistemas de cosecha que puedan incrementar el desempleo y ser una amenaza para el uso de los equipos. Un estudio económico y social del impacto de la cosecha en verde es fundamental en el momento en que la industria asuma completamente los compromisos de la producción limpia.

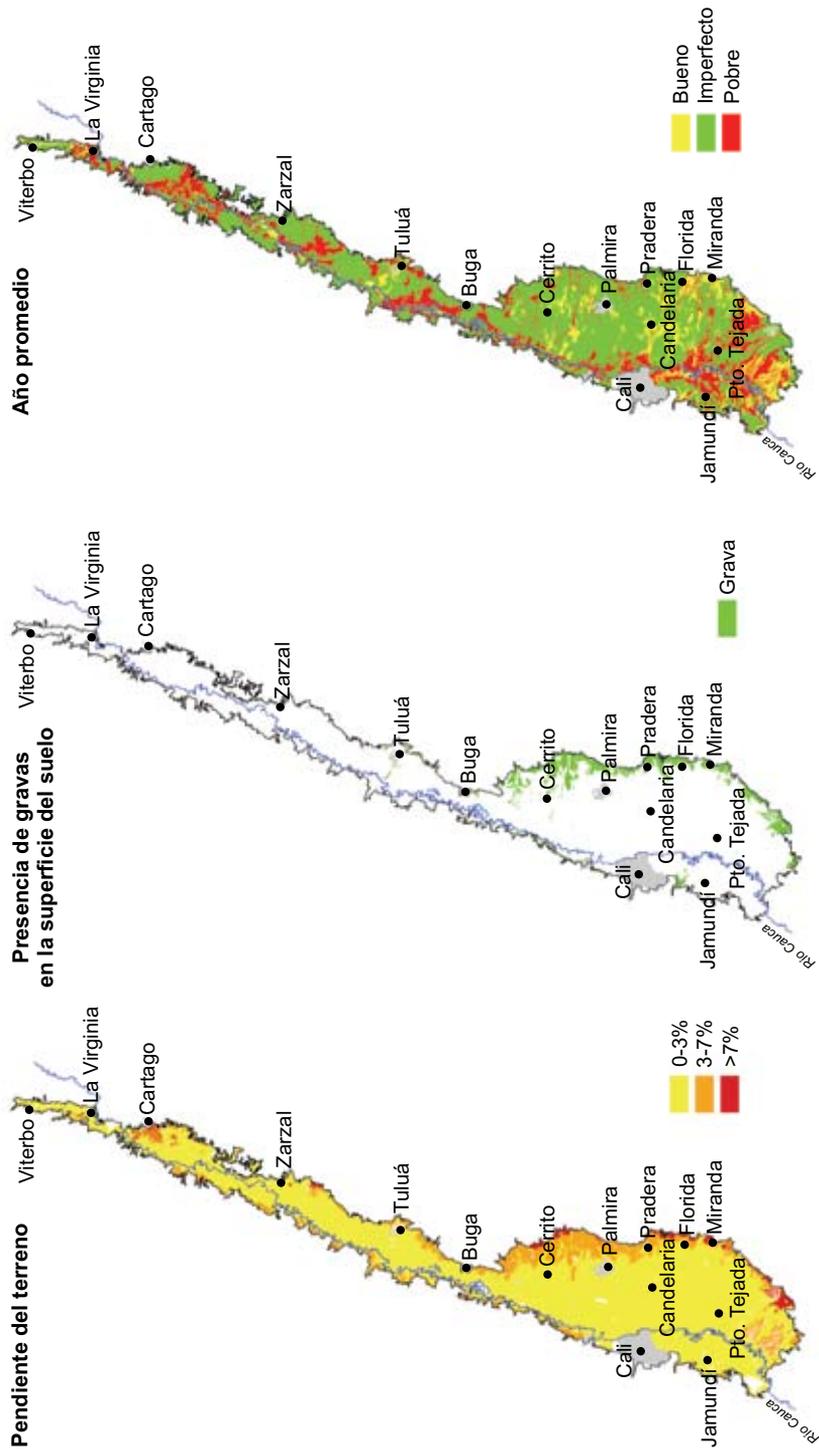


Figura 1. Distribución especial de las limitaciones para la mecanización por pendiente del terreno, presencia de gravas y por drenaje natural en suelos del valle geográfico del río Cauca, Colombia.

Para determinar las áreas potenciales donde se podrían usar las máquinas cosechadoras de caña y picadoras de residuos, se procedió a la generación de mapas utilizando el Sistema de Información Geográfico (SIG) en planos con las coberturas de los factores limitantes. Se determinaron las áreas potenciales con los escenarios de precipitación que ocurren en los años promedio (50% probabilidad) y en los años húmedos con presencia del fenómeno de la Niña (25% probabilidad).

Para los cálculos se presumió la existencia de zonas donde la cosecha puede ser completamente mecanizada, mientras existen zonas 'mixtas' donde las condiciones específicas (locales) de las suertes determinan la viabilidad de uso de los sistemas de cosecha mecanizada o manual. Así mismo, se definieron áreas obligadas donde la cosecha necesariamente debe ser manual. El área potencial del valle geográfico del río Cauca es de aproximadamente 400,000 ha, pero es necesario descontar las áreas sembradas en otros cultivos y el área ocupada por las poblaciones y vías. Con este fin, las áreas iniciales fueron ajustadas para obtener un área efectiva de 200,000 ha sembradas actualmente con caña de azúcar.

Para estimar los requerimientos de maquinaria, equipos y mano de obra para la cosecha en verde, transportar la caña y encallar los residuos en el campo se tomaron valores de desempeño actual de la industria (Cuadro 1), y se consideraron diferentes escenarios de operación en condiciones de años promedio y húmedos que difieren en el grado de mecanización de la cosecha. El rendimiento de corte de las cosechadoras de un surco (Cameco, AusToft) fue tomado como equivalente a 25 t/h, con un uso promedio por año de 3000 h efectivas para un rendimiento de 75,000 t de caña por año. El rendimiento de un trabajador bien entrenado que cosecha en verde limpio puede llegar a 3 t/día, para un total de caña cortada por año de 750 t/hombre. Para encallar al 2x1 en campos cosechados en verde y en forma mecanizada se realizó un primer pase con un tractor de 135 HP encallando 4 ha/día a un costo de \$col.35,000/ha; posteriormente, se realizan dos rectificadas manuales del encalle con un rendimiento de un obrero de 0.3 ha/día. En los campos cosechados manualmente en verde limpio se deben realizar entre dos y tres pases de encalle manual con un costo de \$col.25,000/ha y un rendimiento de 0.3 ha/día. Para estimar el número de picadoras se calculo un rendimiento anual de 2000 ha (8 ha/día), trabajando 250 días hábiles por año.

Cuadro 1. Promedios de los estándares operativos para la cosecha y transporte de caña de azúcar verde en el valle geográfico del río Cauca, Colombia; con producción estimada de 120t/ha.

Rendimientos:			Valor US\$	—
Cosechadora (t/día)	300	—	270.000	—
Cortero (t/día)	3	—	—	—
Alzadora (t/día)	1800	—	150.000	—
Picadora (ha/día)	8	—	250.000	—
Encalladora (ha/día)	4	—	3.500	—
Encalle manual (ha/día)	0.30	—	—	—
Reencalle manual (ha/día)	0.30	—	—	—
Vagón HD8000 (t)	9	—	16.000	—
Vagón Milenio (t)	12	—	19.500	—
Canasta (t)	21	—	19.500	—
Vagón volteo (t)	7	—	22.000	—
Tiro directo (no.)	5	—	—	—
Tren mula (no.)	2	—	—	—
Operación (días)	250	—	—	—
Tiro directo (%)	60	—	—	—
Transbordo (%)	40	—	—	—
Cosechadora:			Tractor:	—
No. ciclos tiro directo	4	—	Cosecha	125.000
No. ciclos tractomula	4	—	Encalle	67.500
Alzadora:				
No. ciclos tiro directo	10	—	Tractomula	65.000
No. ciclos tractomula	10	—	—	—
Area potencial cosecha:	Mecanizada	Mixta	Manual	Total
Año promedio	115.000	80.000	5000	200.000
Año húmedo	55.000	102.000	43.000	200.000

Para estimar los requerimientos de maquinaria, equipos y hombres en cada condición de clima se establecieron cuatro escenarios que se diferencian por el porcentaje del área mixta asignada, ya sea en la cosecha mecanizada o en la manual. Para los requerimientos de tractores, vagones, tractomulas y canastas se presumió que el 60% de la caña se transporta en tiro directo y el 40% restante en tractomulas. Los estándares operacionales del sistema de transporte de caña se presentan en el Cuadro 1, al igual que los costos de las diferentes máquinas y equipos involucrados en la cosecha de la caña.

Requerimientos de maquinaria, equipos y mano de obra en años promedios

En un año de condiciones de clima promedio en el valle geográfico del río Cauca, el área potencial para la cosecha mecanizada asciende a 115,000 ha; el área disponible para la cosecha manual es de 5000 ha; existe un área mixta (80,000 ha) que puede ser cosechada manual o mecánicamente, dependiendo de las condiciones locales de cada suerte (Figura 2).

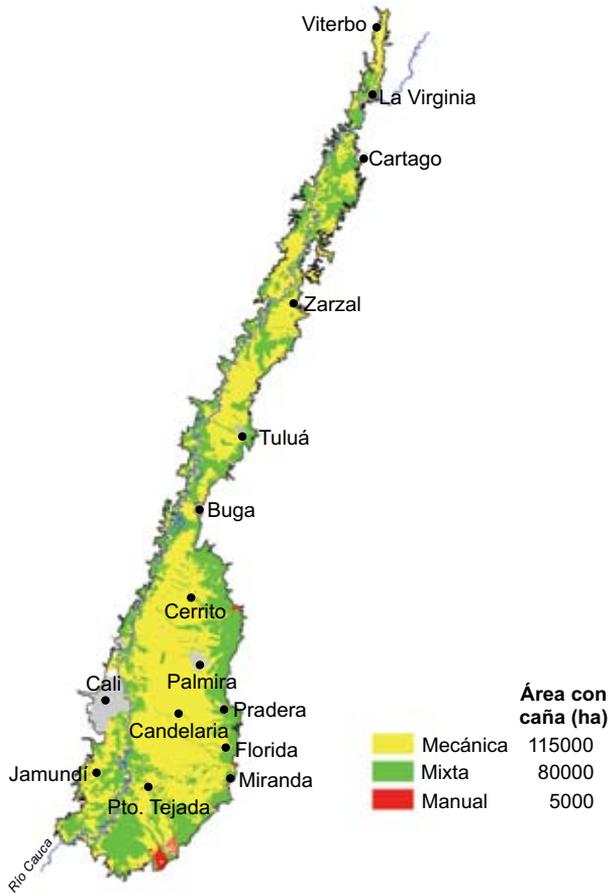


Figura 2. Proyección de las áreas potenciales aptas para los diferentes sistemas de cosecha en el valle geográfico del río Cauca en un año de condiciones promedio.

Escenario 1: 100% del área mixta en cosecha mecanizada. Si se plantea que el 100% del área mixta (80,000 ha) puede ser apta para la cosecha mecanizada se dispondría de un área total de 200,000 ha, de las cuales se cosecha el 80%

anualmente(160,000 ha). Para la cosecha mecanizada en verde de 156,000 ha se requieren 250 cosechadoras de un surco (Cuadro 2). El área dedicada a la cosecha manual en verde es de 4000 ha con un requerimiento aproximado de 640 corteros que cosechan en verde un promedio de 750 t/año. Este escenario es el más intensivo en el uso de máquinas cosechadoras y de hecho lo refleja el bajo número de corteros que se requiere. La cosecha mecanizada exige un buen suministro de maquinaria en el campo: 252 tractores para tiro directo, 1261 vagones de 9 t de capacidad para distancias inferiores a 15 km de la fábrica y 361 canastas para 180 tractomulas. El número de hombres para encallar es bastante alto y asciende a 4320. Si se utilizan 78 máquinas picadoras de residuos, el número de hombres para encallar se reduce a 160. En este escenario se requieren entre 800 y 4960 hombres para ejecutar todas las labores de cosecha y manejo de los residuos. El costo inicial de las máquinas y equipos para este escenario asciende a \$148 millones de dólares.

Escenario 2: 50% del área mixta en cosecha mecanizada. Si se considera que el 50% del área mixta (40,000 ha) puede ser apta para la cosecha mecanizada en verde, anualmente se dispondría de un área total de 124,000 ha para este tipo de cosecha, con un requerimiento de 198 cosechadoras de un surco (Cuadro 2). El área anual dedicada a la cosecha manual en verde, incluyendo el 50% del área mixta, es de 36,000 ha, donde se pueden requerir 5760 corteros para la cosecha en verde. En tiro directo se necesitan 1007 vagones y 221 tractores. Para el transporte de la caña a distancias mayores de 15 km se necesitan 158 tractomulas y 316 canastas de 21 t de capacidad. El número de hombres para encallar asciende a 4747. Como se utilizan 62 máquinas picadoras de residuos, el número de hombres para encallar se reduce a 1440. En este escenario se requieren entre 7200 y 10,507 hombres para ejecutar todas las labores de cosecha y manejo de los residuos. La inversión inicial en maquinaria y equipos para este escenario asciende a \$124 millones de dólares.

Escenario 3: 100% del área mixta en cosecha manual. Al presumir que toda el área mixta (40,000 ha) se va a cosechar por este sistema, anualmente se dispondría de un área total de 92,000 ha para la cosecha mecanizada en verde, con una demanda de 147 cosechadoras de un surco (Cuadro 2). El área anual dedicada a la cosecha manual en verde, incluyendo toda el área mixta, es de 68,000 ha, donde se pueden requerir 10,880 corteros para la cosecha en verde. En tiro directo se necesitan 954 vagones y 191 tractores.

Cuadro 2. Requerimientos de equipos y mano de obra y costos según los escenarios propuestos para la cosecha en verde en 2005. Valle del Cauca.

Escenario y tipo de cosecha	Cosecha (hax10 ³)		Caña/año (x10 ⁶ t)		Manual (corteros)	Vagones (no.)	Canastas (no.)	Cosecha		Encalle (tractor)	Encalle (hombre)	Pic. (no.)	Hombres (total)	Costo (USx10 ³)
	Mec.	Man.	Mec.	Man.				Tractor	Mulas					
Año promedio														
Esc. 1. mixta	156	4	18.72	0.48	250	1261	360	252	180	156	4320	4960	148,347	
Esc. 1.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	160	78	800	—
Mec. 100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Esc. 2. mixta	124	36	14.88	4.32	198	1107	316	221	158	124	4747	10,507	123,783	
Esc. 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1440	62	7200	—
Mec. 50%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Esc. 3. mixta	92	68	11.04	8.16	147	954	272	191	136	92	5173	16,053	99,219	
Esc. 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2720	46	13,600	—
Man. 100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Esc. 4. manual	—	160	—	19.2	—	512	146	102	73	—	6400	32,000	28,599	
Año húmedo														
Esc. 1. mixta	125.6	34.4	15.07	4.13	201	1115	319	223	159	126	4725	10,229	125,011	
Esc. 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1376	1376	6880	—
Mec. 100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Esc. 2. mixta	84.8	75.2	10.18	9.02	136	919	263	184	131	85	5269	17,301	93,693	
Esc. 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3008	42	15,040	—
Mec. 50%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Esc. 3. mixta	44	116	5.28	13.9	70	723	207	145	103	44	5813	24,373	62,374	
Esc. 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4640	22	23,200	—
Man. 100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Esc. 4. manual	—	160	—	19.2	—	512	146	102	73	0	6400	32,000	28,599	

Mec. = Cosecha mecanizada. Man. = Cosecha manual. Pic. = Picadoras requeridas. Esc.= Escenario propuesto.

Para el transporte de la caña a distancias mayores de 15 km se necesitan 136 tractomulas y 272 canastas de 21 t de capacidad. El número de hombres para encallar asciende a 5173. Con el uso de 46 máquinas picadoras de residuo el número de hombres para encallar se reduce a 2720. En este escenario se requieren entre 13,600 y 16,053 hombres para ejecutar todas las labores de cosecha y manejo de los residuos. La inversión inicial en maquinaria y equipos para este escenario asciende a \$99 millones de dólares.

Escenario 4: La totalidad del área en cosecha manual. En esta situación se deberán cosechar 160,000 ha de caña en forma manual, con un requerimiento de 25,600 corteros (Cuadro 2). En tiro directo se requieren 512 vagones y 102 tractores. Para el transporte de caña a largas distancias se necesitan 73 tractomulas y 146 canastas. El encalle manual de los residuos requiere de 6400 hombres/año. En el caso de picar los residuos en el área apta para la picadora (156,000 ha) se necesitan 62 picadoras y en el área restante (36,000 ha) se necesitan 1440 hombres/año para realizar el encalle manual. Este escenario es el de mayor uso de mano de obra y requiere de un total de 32,000 obreros para todas las operaciones de corte y encalle de los residuos de la cosecha en verde. La inversión inicial en maquinaria y equipos para este escenario asciende a \$29 millones de dólares.

Requerimientos de maquinaria, equipos y mano de obra en años húmedos

En un año con condiciones de clima húmedo, en el valle geográfico del río Cauca el área potencial para la cosecha mecanizada se reduce a 55,000 ha; el área disponible para la cosecha manual es de 43,000 ha y el área mixta se incrementa a 102,000 ha (Figura 3). Esta última puede ser cosechada en forma manual o mecanizada, dependiendo de las condiciones locales de cada suerte.

Escenario 1: 100% del área mixta en cosecha mecanizada. Si se considera que el 100% del área mixta (102,000 ha) es apta para la cosecha mecanizada se dispondría de un área total de 157,000 ha, de las cuales se cosechan 125,600 ha anualmente (80%). Para la cosecha mecanizada en verde se requieren 201 cosechadoras de un surco (Cuadro 2). El área dedicada a la cosecha manual en verde es de 34,400 ha y se requieren aproximadamente 5504 corteros. La cosecha mecanizada exige 223 tractores para tiro directo y 1015 vagones para distancias inferiores a 15 km de la fábrica, y 318 canastas para 223 tractomulas. El número de hombres necesarios para el encalle asciende

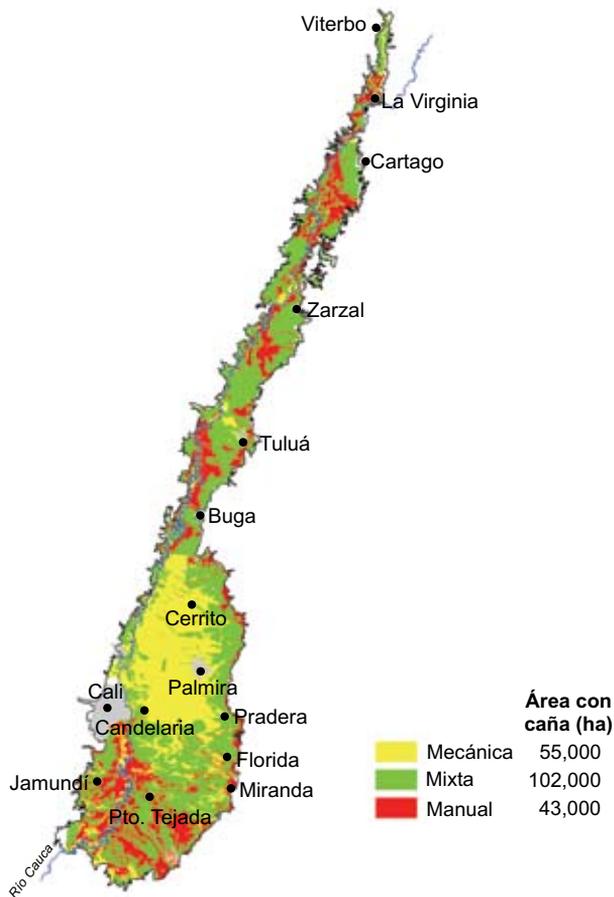


Figura 3. Proyección de las áreas potenciales aptas para los diferentes sistemas de cosecha en el valle geográfico del río Cauca en un año de condiciones húmedas (probabilidad 25%)

a 4725. Como se utilizan 63 picadoras de residuos, el número de hombres para encallar se reduce a 1376. En este escenario se requieren entre 6880 y 10,229 hombres para ejecutar todas las labores de cosecha y manejo de los residuos. El costo inicial de la maquinaria y los equipos para este escenario asciende a \$125 millones de dólares.

Escenario 2: 50% del área mixta en cosecha mecanizada. En este escenario se plantea que el 50% del área mixta puede ser apta para la cosecha mecanizada y que al cosechar anualmente el 80% del área se dispondría de un área total de 84,800 ha para la cosecha mecanizada en verde, con un

requerimiento de 136 cosechadoras de un surco (Cuadro 2). El área anual dedicada a la cosecha manual en verde, incluyendo el 50% del área mixta, es de 75,200 ha, donde se pueden requerir 12,032 corteros para la cosecha en verde. En tiro directo se necesitan 919 vagones y 184 tractores. Para el transporte de la caña a distancias mayores de 15 km se necesitan 131 tractomulas y 263 canastas. El número de hombres para el encalle es de 5269. Como se utilizan 42 máquinas picadoras de residuos, el número de hombres para labores de encalle se reduce a 3008. En este escenario se requieren entre 15,040 y 17,301 hombres para ejecutar todas las labores de cosecha y manejo de los residuos. La inversión inicial en máquinas y equipos asciende a \$93 millones de dólares.

Escenario 3: 100% del área mixta en cosecha manual. Si se considera que toda el área mixta (102,000 ha) se va a cosechar por este sistema, anualmente se dispondría de un área total de 44,000 ha para la cosecha mecanizada en verde con un requerimiento de 70 cosechadoras de un surco (Cuadro 2). El área anual dedicada a la cosecha manual en verde, incluyendo toda el área mixta, es de 116,000 ha, donde se pueden requerir 18,560 corteros para la cosecha en verde. En tiro directo se necesitan 723 vagones y 145 tractores. Para el transporte de la caña a distancias mayores de 15 km se necesitan 103 tractomulas y 207 canastas. El número de hombres para el encalle es de 5813. Como se utilizan 22 máquinas picadoras de residuos, el número de hombres para el encalle se reduce a 4640. En este escenario se requieren entre 23,200 y 24,373 hombres para ejecutar todas las labores de cosecha y manejo de los residuos. La inversión inicial en maquinaria y equipos para este escenario asciende a \$62 millones de dólares.

Escenario 4: La totalidad del área en cosecha manual. Se puede suponer que este escenario es similar al caso del año promedio, excepto las diferencias relacionadas con los efectos de la cosecha en un año húmedo sobre las producciones de caña y de azúcar (Cuadro 2).

Conclusiones

Los requerimientos de maquinaria y equipos necesarios para que la industria azucarera colombiana pueda enfrentar el compromiso de la cosecha en verde fueron estimados a partir de la definición de las áreas potenciales para las cosechas mecanizada y manual en años de condiciones promedio y húmedas. La inversión inicial en el escenario con el uso más intensivo de maquinaria puede representarle a la industria un costo aproximado de

US\$150 millones; en este caso los requerimientos de mano de obra son bajos y no superan 5000 obreros. En el escenario con uso intensivo de mano de obra se pueden requerir 32,000 hombres para ejecutar todas las labores, incluyendo el encalle. La inversión inicial en equipos puede ser baja o nula debido a que la industria posee la logística para este sistema. No obstante, vale la pena proyectar la disponibilidad de mano de obra en los próximos años. Estas cifras preliminares de los requerimientos estimados de inversión en equipos pueden ser usadas por la industria como una herramienta de negociación. El manejo del cultivo con el esquema de la cosecha continua en verde constituye un reto para la industria, y todas las acciones de investigación y desarrollo deben incluir el compromiso de la producción limpia.

Impacto de la cosecha mecanizada en períodos húmedos

J.E. Pantoja y J.S. Torres

El doble tráfico de los equipos en el sistema de cosecha mecanizada sobre los surcos está afectando negativamente las propiedades físicas del suelo y la producción de caña y azúcar en el valle geográfico del río Cauca, especialmente durante los períodos lluviosos.

En un Mollisol de textura franco arcillosa, serie Manuelita, del Ingenio Mayagüez sembrado con la variedad MZC-74275 a 1.75 m entre surcos, se determinaron los posibles efectos negativos de la cosecha mecanizada con el fin de buscar alternativas y reducir su impacto. En el estudio se midió el efecto sobre las propiedades físicas del suelo y en la producción después de la cosecha en períodos húmedos utilizando el conjunto de equipos que son necesarios para las cosechas mecanizada y semimecanizada.

Antes de la cosecha se presentaron lluvias superiores a 50 mm. Los tratamientos de tráfico de equipos se establecieron durante la cosecha de la caña plantilla y el impacto sobre las propiedades físicas del suelo y en la producción se evaluaron en la primera soca.

La cosecha mecanizada se efectuó con la combinada Cameco CHT-2500 y para el transporte de la caña se utilizaron vagones de autovolteo (HD 5000) halados por un tractor Case Internacional IH 8920. Para la evaluación de la

cosecha semimecanizada se utilizó una máquina alzadora Cameco SP 3000 y dos vagones de autovolteo (HD 5000) halados por un tractor Case Internacional IH8920. Los tratamientos de tráfico estudiados aparecen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados de la cosecha de la primera soca de la variedad MZC 74-275 después del tráfico de equipos en un Mollisol del conjunto Manuelita. Hacienda El Convenio 05 del Ingenio Mayagüez

Tratamientos	Plantas (x10 ³ /ha)	Altura (m)	Diámetro (mm)	TCH	Rto. (%)	TAH
T1: Testigo	82	2.7	31.4	150	13.89	20.8
T2: Tráfico de cosechadora	76	2.8	31.5	148	14.15	20.9
T3: Tráfico de tractor + vagón	86	2.7	31.9	145	14.29	20.7
T4: Tráfico cosecha mecanizada	84	2.7	31.5	143	14.34	20.5
T5: Tráfico cosecha semimecanizada	74	2.7	31.7	139	14.13	19.6

Antes de la cosecha se seleccionaron dos sitios de 1 m cada uno en cada parcela con el fin de estimar la producción. Con base en esta información se seleccionaron áreas con producciones de caña similares. En cada una de las parcelas seleccionadas, antes y después de la cosecha, se excavaron calicatas en las que se tomaron cuatro muestras de suelo sin disturbar cada 20 cm hasta una profundidad de 1 m para realizar determinaciones de densidad aparente y conductividad hidráulica; en las mismas calicatas se midió la resistencia a la penetración con un penetrómetro de cono. También se determinó la velocidad de infiltración siguiendo el método de los cilindros infiltrómetros. Finalmente, se evaluaron el diámetro, la población y la altura de los tallos, además de la producción de caña y azúcar al momento de la cosecha de la primera soca.

Después de la cosecha de la plantilla se realizaron las labores de despaje mecánico, subsuelo con Cenitándem, escarificada y abonamiento mecánico. Una vez realizadas las labores de cultivo mecanizado se excavaron nuevas calicatas para tomar muestras de densidad aparente, conductividad hidráulica y resistencia a la penetración.

Cambios en las propiedades del suelo

En la Figura 1 se observa que la conductividad hidráulica en los primeros

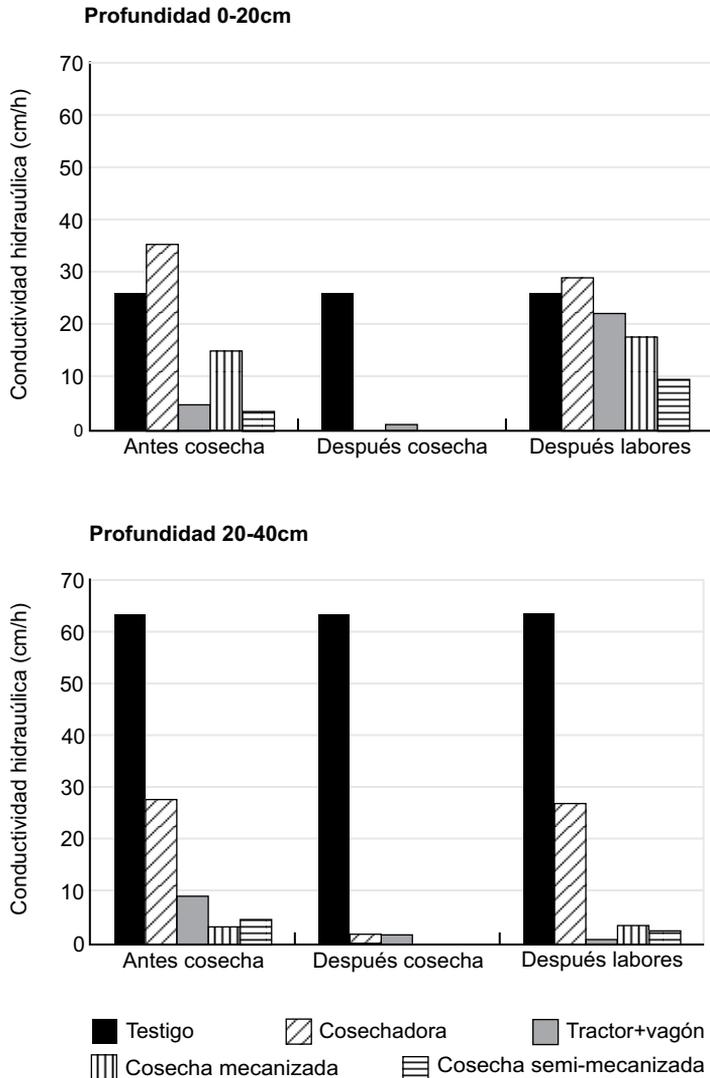


Figura 1. Efecto del tráfico de los equipos de cosecha en las conductividades hidráulicas medidas antes y después del al cosecha y después de las labores de cultivo de la soca.

20 cm de suelo superficial, determinada antes de la cosecha, mostró una alta variabilidad entre parcelas y disminuyó drásticamente después de los tratamientos de tráfico. Se observa, también, que las labores de cultivo realizadas por el ingenio, que incluyen el subsolador Cenitándem, fueron suficientes

para recuperar las condiciones físicas del suelo hasta valores similares a los encontrados inicialmente antes del tráfico de los equipos de cosecha.

La densidad aparente se determinó con la misma frecuencia que la conductividad hidráulica y muestra un incremento pronunciado hasta 20 cm de profundidad, especialmente en los tratamientos 2 (tráfico de la cosechadora) y 5 (tráfico de equipos de cosecha semimecanizada) (Figura 2). Las prácticas

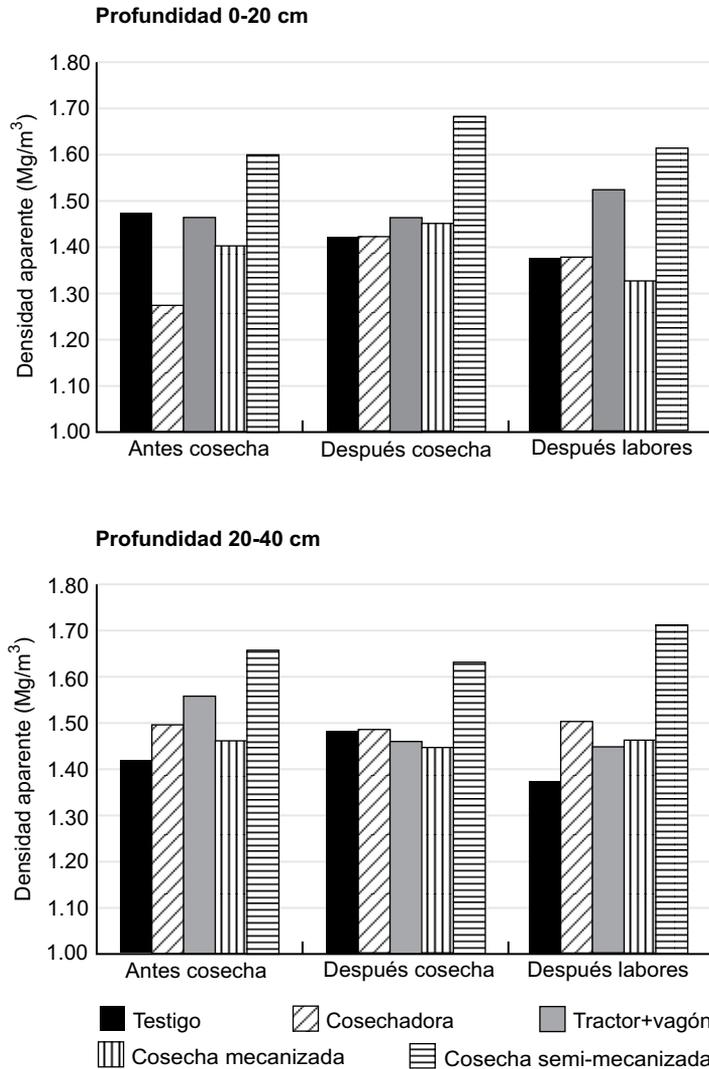


Figura 2. Efecto del tráfico de los equipos de cosecha en las densidades aparentes medidas antes y después de la cosecha y después de las labores de cultivo de la soca.

de cultivo empleadas en el ingenio no fueron suficientes para recuperar la densidad aparente a valores similares al inicial, quedando un efecto residual de la compactación en las parcelas con estos tratamientos. A partir de 20 cm de profundidad no se observaron cambios en la densidad aparente después del tráfico de los diferentes equipos de cosecha.

El ancho de la trocha del tractor y los vagones coincide con el espaciamiento de 1.75 m, de tal manera que las ruedas transitan directamente sobre el entresurco y no se registran incrementos en la resistencia a la penetración en el área donde están las cepas de caña ni se observan los efectos de las labores mecanizadas. Los equipos que conforman el sistema de cosecha semimecanizada ocasionaron un incremento mayor de la resistencia a la penetración en los primeros 20 cm del suelo, debido especialmente a que las llantas de la alzadora transitaron directamente sobre las cepas.

El tráfico de los diferentes equipos que conforman los sistemas de cosecha mecanizada y manual concentran su peso sobre los entresurcos, y es allí donde se observó un mayor incremento en la resistencia a la penetración en los primeros 10 cm del suelo superficial después de la cosecha (Figura 3). Entre 20 cm y 40 cm de profundidad el efecto no fue claro, debido a la variación en las condiciones iniciales y posiblemente a las diferencias en el contenido

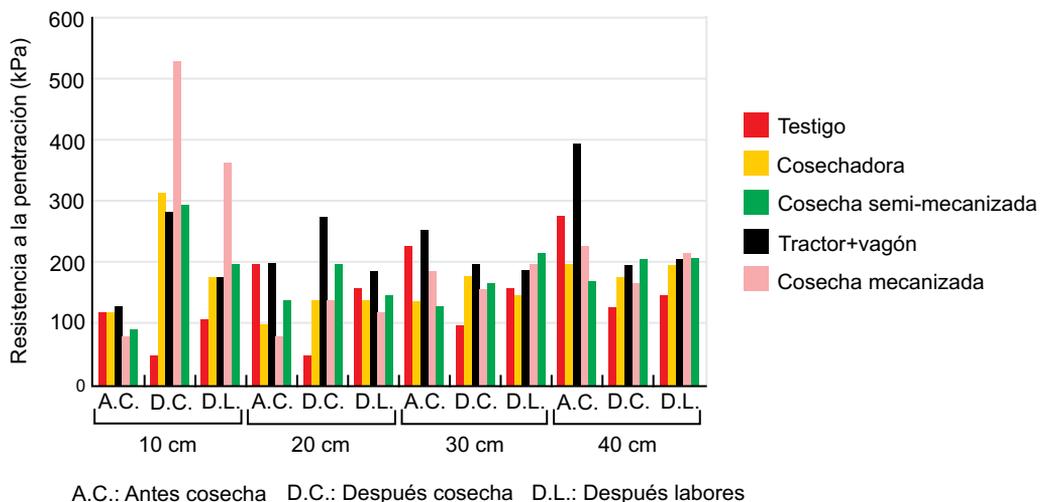


Figura 3. Efecto del tráfico de los equipos de cosecha en la resistencia a la penetración antes y después de la cosecha, y después de las labores de cultivo de la soca.

de humedad en el perfil del suelo. El efecto benéfico de las labores de cultivo sobre las propiedades físicas del suelo, y en este caso sobre la compactación, solamente fue perceptible en los primeros 10 cm del suelo superficial.

El tráfico de los componentes de los equipos de cosecha sobre el suelo húmedo causa un sellamiento superficial, lo que se refleja directamente en la cantidad de agua que se infiltra, siendo ésta casi nula en comparación con la infiltración acumulada medida en la parcela sin tráfico (Figura 4). Después de realizar las labores de cultivo no fue posible medir la infiltración, debido a las lluvias frecuentes por el fenómeno de La Niña. Se espera que ella sea mayor después de las labores, así como lo muestra la recuperación de la densidad aparente y la conductividad hidráulica.

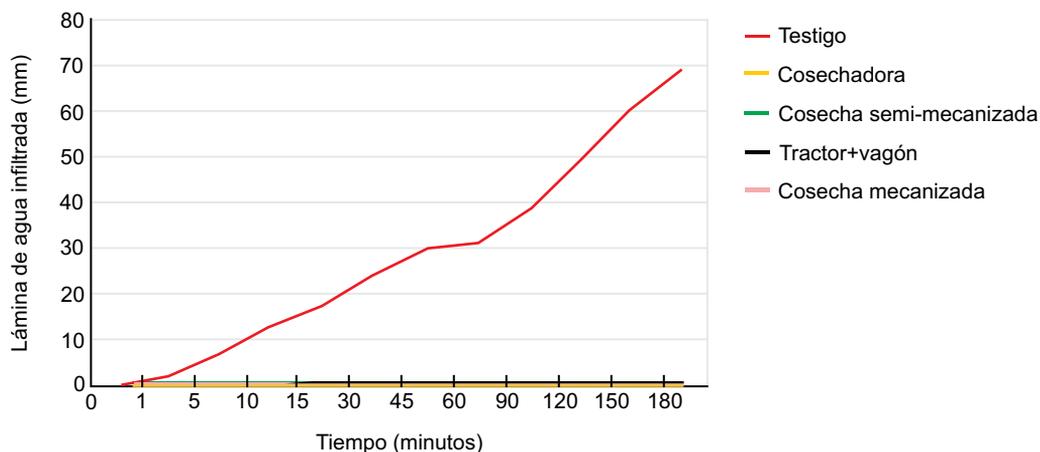


Figura 4. Efecto del tráfico de los equipos de cosecha en la infiltración acumulada medida antes y después del tráfico de los equipos de cosecha.

Comportamiento del cultivo

La cosecha de la primera soca de la variedad MZC 74-275 se realizó a los 13 meses de edad. En el Cuadro 1 antes mencionado se observa que no existieron diferencias significativas en el diámetro, la altura y la población de tallos entre los tratamientos. Aunque la diferencia en toneladas de caña por hectárea (TCH) no fue estadísticamente significativa, el tratamiento con tráfico de la cosecha semimecanizada mostró una menor producción de caña.

No se encontraron diferencias en los rendimientos de las diferentes parcelas debidas al tráfico de los equipos. Todo parece indicar que las prácticas de

cultivo realizadas durante la cosecha en período húmedo fueron suficientes para restablecer las condiciones físicas del suelo y finalmente obtener producciones de caña y azúcar similares a las del testigo sin tráfico. Para comparación, en el tablón contiguo al experimento se cosechó la plantilla de la misma variedad, siguiendo el manejo comercial del sistema de cosecha mecanizada en el Ingenio Mayagüez. El tráfico desordenado de los diferentes componentes del sistema de cosecha afectó en forma negativa la producción de caña (109 TCH), que fue menor que la obtenida en las parcelas con tráfico controlado de la cosecha mecanizada (143 TCH). Es importante resaltar la necesidad de controlar el tráfico de los equipos para que coincida con los entresurcos y así evitar daños a las cepas, lo cual tiene un efecto negativo sobre la producción final de caña.

Por los resultados de este estudio se puede concluir que: (1) la distancia entre surcos de 1.75 m resultó ser la más adecuada para la cosecha mecanizada, debido a que los equipos utilizados tienen una trocha que facilita el tráfico sobre la calle, sin que se afecten las cepas de la caña; (2) por lo anterior, el efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo se redujo a la calle o entresurco, presentándose el mayor efecto negativo en los primeros 20 cm de profundidad; (3) el mayor efecto del tráfico de los equipos de la cosecha se manifestó sobre la infiltración, con valores casi nulos después de la cosecha en húmedo; (4) el tráfico desordenado de los equipos de la cosecha comercial afecta negativamente la producción, debido al daño sobre las cepas. El testigo comercial, contiguo a la zona del experimento y con tráfico no ordenado mostró una producción inferior en 34 TCH, lo cual enfatiza la necesidad de controlar el tráfico de los equipos de cosecha; (5) las labores de cultivo realizadas por el ingenio, que incluyen la subsolación con Cenitándem, son suficientes para recuperar las condiciones físicas del suelo a valores similares a los encontrados antes del tráfico de los equipos de cosecha.

Reducción de los daños ocasionados por la maquinaria durante la cosecha

F. Villegas y J. S. Torres

La caña de azúcar es un cultivo denso que requiere para su cosecha el uso intensivo de equipos de recolección y transporte. En la mayoría de los casos, la trocha de los equipos no coincide con el espaciamiento entre surcos, ocasio-

nando un tráfico directo de las llantas sobre las cepas de caña. El tamaño y el peso de las máquinas han aumentado considerablemente durante los últimos años, siendo necesario recurrir al uso de llantas de alta flotación y de orugas para distribuir el peso de los equipos sobre una mayor superficie de suelo y reducir los daños por compactación.

El uso simultáneo de diferentes sistemas y equipos de transporte de caña dentro de un mismo campo dificulta la selección de un espaciamiento óptimo entre los surcos que permita reducir al mínimo el daño directo de las cepas de caña durante la cosecha. La cosecha en períodos secos no ocasiona daños significativos al cultivo ni al suelo, debido a la mayor capacidad portante del terreno cuando está seco; sin embargo, el tráfico directo sobre las cepas puede causar su deshidratación o muerte y pérdidas en la producción de la cosecha siguiente. Por otra parte, la cosecha en períodos húmedos se traduce en grandes daños por compactación del suelo y tráfico sobre las cepas. Los tractores y vagones dejan huellas profundas en el campo que pueden medir entre 30 cm y 40 cm de profundidad, con un ancho hasta de 1.20 m. Durante el levantamiento de la soca siguiente es casi imposible borrar dichas huellas, porque el agua lluvia o de riego se acumula en ellas, afectando el rebrote. Estos efectos son tan graves, que algunas veces es necesario preparar o sembrar nuevamente los campos.

La inversión en tractores, vagones, alzadoras y cosechadoras es bastante alta y casi siempre se dispone de equipos con diferentes especificaciones, aun para realizar la misma operación. Por esto, una vez establecidas ciertas prácticas de cultivo y adquiridos los equipos, resulta difícil realizar cambios radicales en las operaciones de campo; pero mientras tanto es importante que la industria azucarera busque alternativas en el espaciamiento de los entresurcos con el fin de alcanzar una adecuada adaptación de los diferentes equipos o sistemas de cosecha.

Espaciamientos entre surcos

La distancia de siembra de la caña de azúcar más utilizada en el valle geográfico del río Cauca es de 1.50 m y en algunos sitios, como en el Ingenio Sancarlos, se siembra a 1.40 m. Con el advenimiento de los vagones de mayor capacidad de carga y llantas de alta flotación, ha sido necesario modificar el espaciamiento entre surcos para reducir los daños directos y por compactación provocados por los diferentes sistemas de alce y transporte de caña. En algunos ingenios se está usando comercialmente el espaciamiento

de 1.75 m y se ha observado con ellos una alta reducción de los problemas de compactación; sin embargo, con este espaciamento las llantas de la alzadora pasan directamente sobre los surcos de caña. En el Ingenio Mayagüez se probó a escala semicomercial el espaciamento de surcos sencillos a 1.80 m y de surcos dobles con espaciamento de 2.30 m entre surcos dobles y 0.70 m entre los dos surcos adyacentes (sistema piña). El sistema de surco doble probado en este ingenio permite disminuir los daños directos sobre la cepa y por compactación cuando el apilamiento o enchorre se realiza sobre el eje de los dos surcos centrales.

A partir de la experiencia existente en la industria y con base en las trochas de los equipos de cosecha más utilizados se plantearon los tratamientos: surco sencillo con espaciamento a 1.50 m, surco sencillo con espaciamento a 1.75 m y surco doble con espaciamento de 0.70 m x 2.15 m. Las evaluaciones se realizaron en el Ingenio Mayagüez en un Mollisol (Pachic Haplustoll) de textura franco-arcillosa, con buena estructura, bien drenado, y profundo. Una vez se surcó el campo, de acuerdo con los espaciamentos propuestos, se procedió a la siembra de la variedad MZC 74-275. Dentro de cada tablón se marcaron 10 estaciones de evaluación de seis surcos de 10 m de longitud, donde se tomaron periódicamente y durante el desarrollo del cultivo datos de población, crecimiento, diámetro de los tallos y muestras del tejido foliar para análisis del contenido nutritivo. Al momento de la cosecha se tomaron muestras de 10 tallos por tablón para analizar la calidad de los jugos.

Durante el corte de la caña en los sistemas de surco sencillo a 1.50 m y 1.75 m el enchorre se hizo de cinco surcos. En el sistema de surco doble, en gran parte del área se apiló la caña de cuatro surcos, por ser una práctica acostumbrada en aquellas áreas del ingenio donde colateralmente se estaba probando este sistema; además, se quería evaluar el enchorre de seis surcos. Durante la cosecha se registraron los tiempos requeridos por los corteros y por las máquinas alzadoras, información que fue comparada con el peso de la caña para medir las eficiencias de corte y alce en cada uno de los espaciamentos propuestos.

La cosecha se realizó durante la época seca, y después del tráfico de la maquinaria se identificaron y midieron las huellas sobre el terreno para determinar el porcentaje del área total transitada y de cepas afectadas. La producción de caña se midió en la báscula del ingenio tanto para la plantilla como para los dos cortes posteriores.

Desarrollo del cultivo

La distancia entre surcos más usada en las siembras de caña de azúcar en el valle del río Cauca es de 1.50 m, con la que se obtiene una longitud de surco de 6667 m/ha. Al cambiar la distancia entre surcos varía la longitud total de surco/ha: con 1.75 m entre surcos, la longitud total es de 5714 m/ha, es decir, 14% menos de lo que se tendría con 1.5 m; con el surco doble a 0.7 m y calles de 2.15 m se obtiene un total de 7018 m de surco/ha, o sea, un 5% más de lo que se tendría con 1.5 m. Estas variaciones pueden ocasionar inicialmente diferencias en la cantidad de semilla requerida y en el número de tallos/ha, o pueden tener efecto en el desarrollo de la caña como consecuencia de una mayor o menor competencia entre las plantas.

En este estudio, la población de tallos fue ligeramente superior en los tratamientos que tuvieron una mayor longitud total de surco/ha (surco sencillo a 1.5 m y surco doble a 0.7 m y calles de 2.15 m). En el sistema de siembra de surco doble, la altura de los tallos fue inferior a la de los otros dos espaciamientos a partir de los 4.5 meses de edad (Figura 1). Esto indica que con una separación de 0.7 m entre surcos se presenta competencia entre plantas, aunque entre cada par de surcos dobles existía una calle de 2.15 m. La mayor competencia entre plantas también se refleja en los resultados del análisis foliar (Figura 2), notándose que para el surco doble el contenido de N foliar fue 10% menor en comparación con los otros dos espaciamientos.

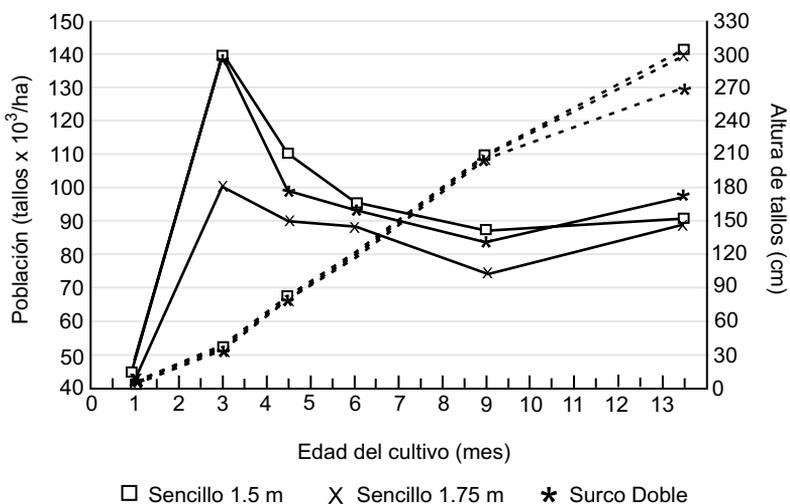


Figura 1. Población y crecimiento de la variedad MZC 74-275 en plantilla, con diferentes espaciamientos entre surcos.

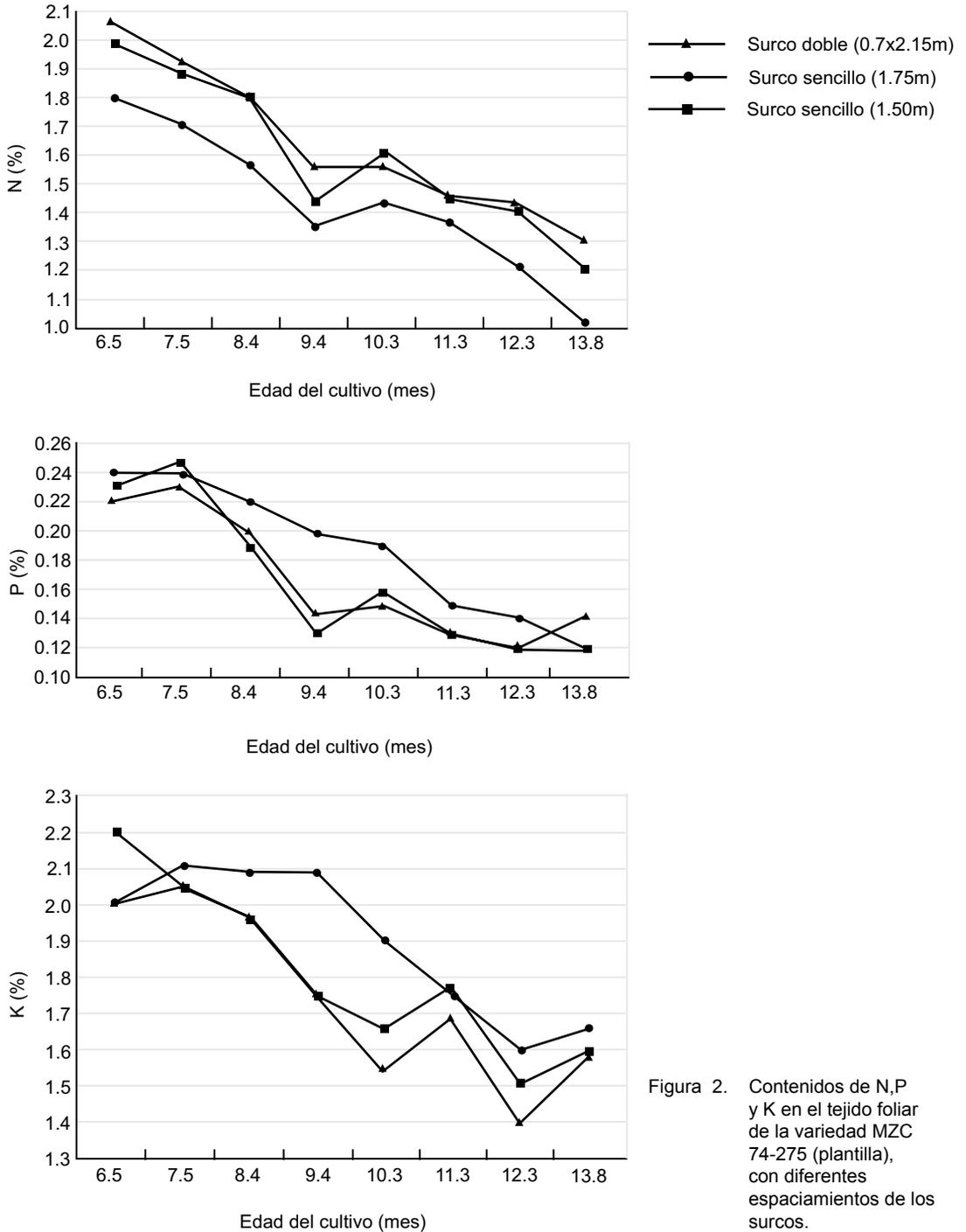


Figura 2. Contenidos de N,P y K en el tejido foliar de la variedad MZC 74-275 (plantilla), con diferentes espaciamientos de los surcos.

Al momento de efectuar la cosecha, la longitud de los entrenudos, la longitud total del tallo y el peso fueron menores en el sistema de surco doble (Cuadro 1), y como consecuencia la producción de caña disminuyó en 9% en comparación con el sistema convencional de siembra en surco sencillo con espaciamiento de 1.50 m. La menor población de tallos obtenida con el espaciamiento de 1.75 m ocasionó que la producción de caña fuera también menor a la registrada con 1.50 m. Este hecho se observó no sólo en la plantilla sino también en los dos cortes posteriores (Cuadro 2). La sacarosa % jugo y el rendimiento % caña no presentaron mayores diferencias entre los sistemas de siembra, con excepción del segundo corte, en el cual el sistema convencional (1.50 m) presentó el rendimiento más bajo.

Cuadro 1. Efecto del espaciamiento entre surcos en el desarrollo de la plantilla de la variedad MZC 74-275 en el Ingenio Mayagüez, Valle del Cauca, Colombia.

Espaciamiento	Población (tallos x 10 ³)	Long. de tallos (cm)	Diámetro de tallos (cm)	Long. de entrenudos (cm)	Peso/ tallo (kg)
Surco sencillo (1.5 m)	86	305	3.2	13.6	2.6
Surco sencillo (1.75 m)	80	297	3.2	12.9	2.8
Surco doble (0.7 x 2.15 m)	90	269	3.1	9.7	2.2

Cuadro 2. Efecto del espaciamiento entre surcos en la producción de la variedad MZC 74-275 en el Ingenio Mayagüez, Valle del Cauca, Colombia.

Espaciamiento entre surcos	Corte (no.)	Edad (mes)	Producción (t/ha)	Sacarosa (%)	Rto. (%)	Azúcar (t/ha)
Sencillo (1.5 m)	1	13.8	150.4	19.4	12.1	18.2
	2	12.6	122.8	16.6	11.1	13.6
	3	12.2	114.1	20.6	14.6	16.6
Sencillo (1.75 m)	1	13.8	147.9	20.0	12.5	18.5
	2	12.6	113.9	19.4	13.1	14.9
	3	12.2	109.9	20.4	14.4	15.9
Doble (0.7 x 2.15 m)	1	13.8	137.5	20.6	12.9	17.7
	2	12.6	107.3	19.2	13.1	14.2
	3	12.2	102.3	19.9	14.1	14.4

Eficiencia en las labores de corte y alce

Al momento de la cosecha se le asignaron cinco surcos a cada cortero en los sistemas de surco sencillo a 1.50 m y a 1.75 m. En parte del área sembrada con surco doble se le asignaron cuatro surcos a cada cortero y en un área pequeña se enchorraron seis surcos. El rendimiento de los corteros en los espaciamientos de 1.50 m y 1.75 m fue similar (1.7 t/h). En el sistema de surco doble, asignando cuatro surcos/cortero, el rendimiento disminuyó en 12%, ya que contrariamente a lo que piensa el cortero, el hecho de terminar un tajo en poco tiempo no se traduce necesariamente en un mayor rendimiento (Cuadro 3). Se debe tener en cuenta que el 'tiempo muerto' para la iniciación de un nuevo tajo ocupa un espacio importante dentro de la jornada de trabajo. Desafortunadamente, no fue posible medir la eficiencia del corte en el sistema de surco doble cuando se le asignaron seis surcos a cada cortero; sin embargo, de acuerdo con lo planteado anteriormente la eficiencia debería ser superior a la obtenida con cuatro surcos y posiblemente a la obtenida en los sistemas de surco sencillo.

Algo similar a lo sucedido con el corte aconteció con la eficiencia en el alce de la caña. A pesar de que la velocidad de desplazamiento de las máquinas dentro del campo fue mayor en el sistema de surco doble con enchorre de cuatro surcos, el rendimiento en toneladas de caña alzadas por hora fue menor debido a que el número de chorras/ha era mayor, y para una distancia determinada la cantidad de caña en la chorra era menor que en

Cuadro 3. Efecto del espaciamiento entre surcos en el rendimiento de las labores de corte y alce en la plantilla de la variedad MZC 74-275 en el Ingenio Mayagüez, Valle del Cauca, Colombia.

Espaciamiento entre surcos	Rto. del cortero (t/ha)	Rendimiento de la alzadora Cameco SP 3000		
		Tiempo de campo (min/ha)	Capacidad efectiva (t/h)	Velocidad (km/h)
Sencillo (1.5 m) (chorras de 5 surcos)	1.67 (100) ^a	89.5 (100)	100.8 (100)	0.87 (100)
Sencillo (1.75 m) (chorras de 5 surcos)	1.68 (100)	72.0 (80)	123.3 (122)	0.95 (107)
Doble (0.7 x 2.15m) (chorras de 4 surcos)	1.48 (88)	84.7 (95)	97.5 (97)	1.24 (139)
Doble (0.7 x 2.15m) (chorras de 6 surcos)	—	57.0 (64)	144.2 (143)	1.23 (138)

a. Los números entre paréntesis indican porcentajes relativos.

aquellas conformadas a partir de cinco o seis surcos de caña. La cantidad de caña por metro de chorra depende de la producción de caña/ha y del sistema de enchorre seguido durante la cosecha. En la Figura 3 se observa la reducción en el recorrido de la alzadora al aumentar la producción de caña; así, al incrementar el número de surcos en la chorra se reduce la distancia requerida para recoger 1 t de caña. Cuando las producciones de caña son superiores a 150 t/ha el efecto del número de surcos del enchorre se reduce considerablemente. Consecuentemente, se debe optar por incrementar al máximo el número de surcos por chorra para mejorar la eficiencia de la cosecha y reducir los daños por el tráfico de los equipos. La mayor eficiencia de la alzadora Cameco Sp 3000 se obtuvo con el sistema de surco doble enchorrando seis surcos, seguido por el sistema de surco sencillo con espaciamiento de 1.75 m enchorrando cinco surcos.

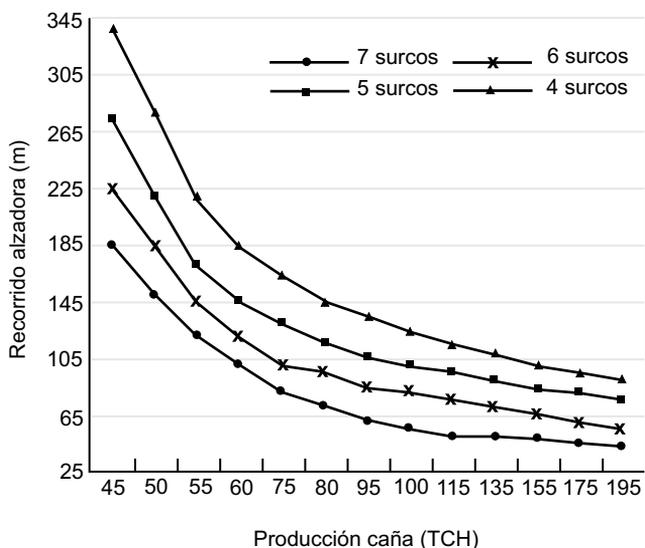


Figura 3. Relación entre la producción de caña y el recorrido necesario de la alzadora en función de la producción para llenar un vagón de 7 toneladas de capacidad en carga.

Tráfico de la maquinaria y daños al cultivo

La alzadora de caña Cameco Sp 3000 tiene una trocha de 1.96 m y para el transporte de la caña normalmente se usan trenes de cuatro vagones con capacidad de carga de 7 t, que adicionalmente tienen un quinto vagón un poco más pequeño con capacidad para 4 t, el cual difiere en su trocha con los

vagones principales. Las trochas de los vagones también difieren de la del tractor que tira el tren, dejando por consiguiente una huella bastante ancha sobre el terreno que transitan. Esta situación hace muy difícil el ajuste del espaciamiento entre los surcos de tal forma que se pueda disminuir el tráfico sobre las cepas de la caña.

El sistema de transporte evaluado presenta diferencias en la trocha de los vagones y del mismo tractor usado para halarlos, de tal manera que se obtienen variaciones en el patrón de tráfico en concordancia con el espaciamiento y el número de surcos enchorrados (Cuadro 4). La trocha y el ancho de las llantas del tractor, vagón y alzadora presentan dos franjas de 99 cm por donde transitan las llantas y cuya separación es de 90 cm. El espaciamiento ideal para este sistema de transporte sería de 1.90 m, ya que permitiría confinar el tráfico de todos los equipos al entresurco. Desde luego, es necesario tener en cuenta el número de surcos y a su vez la colocación de la chorra en el campo. Para garantizar un tráfico ordenado de la maquinaria durante la cosecha es necesario realizar un buen aporque el cual, además, ayuda en el manejo del agua de riego. El porcentaje del área total transitada por los vagones y la alzadora se incrementó hasta el 53.4% cuando en el espaciamiento de surco doble se enchorraron cuatro surcos; mientras que en el área total transitada por los equipos en los demás espaciamientos y opciones de enchorre estudiados se obtuvo un promedio de tráfico sobre el 40% del área cosechada. El tráfico de los vagones cargados con caña causa mayor daño sobre el cultivo que el

Cuadro 4. Porcentajes de área transitada por maquinaria de cosecha según la distancia entre surcos de siembra de caña de azúcar en el Ingenio Mayagüez, Valle del Cauca, Colombia.

Espaciamiento entre surcos	Surcos/chorra (no.)	Alzadora			Tractores y vagones			Área total bajo tráfico (%)
		Área con tráfico (%)	Tráfico sobre cepas (%)	Tráfico sobre calles (%)	Área con tráfico (%)	Tráfico sobre cepas (%)	Tráfico sobre calles (%)	
Sencillo (1.5 m)	5	19.4	9.7	9.7	25.0	12.5	12.5	44.3
Sencillo (1.75 m)	5	16.6	11.9	4.7	23.5	17.9	5.6	40.1
Doble (0.7 m x 2.15 m)	4	24.6	12.3	12.3	28.8	26.2	2.6	53.4
Doble (0.7 m x 2.15 m)	6	16.4	3.8	12.6	23.0	15.4	7.6	39.4

mismo tráfico de la alzadora. El tráfico combinado del tractor y los vagones directamente sobre la cepa de caña alcanzó valores del 26% sobre todo el área cosechada cuando se enchorraron cuatro surcos en el sistema de surco doble. El sistema de surco sencillo a 1.75 m con enchorre de cinco surcos resultó en un tráfico directo sobre la cepa del orden de 17.9%, que es inferior al anterior en 8.9%. El espaciamiento de 1.50 m con enchorre de cinco surcos ofrece el menor porcentaje de tráfico (13%) sobre las cepas con el sistema de cosecha del Ingenio Mayagüez. En el futuro es necesario evaluar el enchorre de seis y siete surcos con espaciamientos de 1.50 m y 1.75 m, con el propósito de reducir aun más el tráfico directo de los equipos de la cosecha sobre los surcos de caña.

Adicionalmente es necesario anotar que el tráfico de los equipos también está determinado por la colocación de la chorra de caña. El espaciamiento de 1.75 m con enchorre de cinco surcos y colocando el eje de la chorra sobre el surco número 3 provoca un alto porcentaje de tráfico del tractor y de los vagones sobre la cepa de la caña. Al cambiar el eje de la chorra sobre los surcos 3 y 4, la uña de la alzadora no afectaría las cepas y se provocaría un desplazamiento de la alzadora y de los vagones hacia la izquierda, forzándolos a transitar directamente sobre los entresurcos.

Con los demás espaciamientos, al cambiar la posición de la chorra no se disminuye el tráfico sobre la cepa, debido a que los anchos de la trocha de las máquinas y de las huellas no se ajustan al espaciamiento entre los surcos, situación que es muy común en los diferentes equipos de cosecha utilizados por la industria azucarera del valle del río Cauca.

Últimamente se están adquiriendo alzadoras de caña con trocha de 3 m, un múltiplo del espaciamiento de 1.50 m; no obstante, se debe tener especial cuidado para guiar el tráfico de la máquina en el campo de tal manera que las llantas se desplacen exactamente por las calles y no sobre las cepas de los surcos de caña. El tráfico desordenado de las alzadoras con trocha de 3 m podría llegar a ser más peligroso que el de las alzadoras de 1.96 m, ya que las llantas pueden pasar directamente sobre dos surcos de caña y provocar un mayor daño a las cepas.

Conclusiones

la modificación del espaciamiento de los surcos afectó la producción de la plantilla de la variedad MZC 74-275 en un Mollisol con textura franco arcillosa,

bien drenado y profundo. Con el sistema de surco doble se obtuvo una producción menor debido a una mayor competencia entre plantas provocada por la cercanía de los surcos apareados, lo cual ocasionó que el contenido de N foliar fuera menor y que los tallos presentaran menor altura. Con el sistema de surco sencillo a 1.75 m la producción de caña también fue ligeramente inferior en relación con la obtenida con el espaciamiento de 1.50 m, debido a una menor población de tallos/ha. El enchorre de la caña de cuatro surcos, en el sistema de surco doble, no es conveniente porque ocasiona pérdidas en la eficiencia de los corteros y afecta el desempeño de la alzadora. El mayor número de chorras/ha que resulta al disminuir el número de surcos incrementa el recorrido de las máquinas y el porcentaje del área transitada por los equipos de la cosecha. En el sistema de surco doble, además de observar una disminución en la producción de caña, se presentan inconvenientes para la ejecución de algunas prácticas culturales, ya que la mayoría de los implementos agrícolas están diseñados para realizar el trabajo en dos calles al mismo tiempo con el sistema convencional de surco sencillo a 1.50 m. Por esta razón, la mayoría de labores en el sistema de surco doble se limitaron a la calle de 2.15 m, y en el espacio de 0.7 m entre los surcos el laboreo fue mínimo, problema que se puede agravar durante el levantamiento de las socas.

La trocha de las máquinas usadas durante la presente evaluación oscilaron entre 1.80 y 2.00 m, presentándose tráfico sobre las cepas en los tres sistemas de siembra evaluados. Aunque la situación fue más crítica con el sistema de surco sencillo a 1.75 m, este sistema ofrece la posibilidad de disminuir el tráfico sobre la cepa al cambiar la posición de la chorra de caña al momento del corte. Lo anterior se debe tener en cuenta porque este espaciamiento está siendo establecido en suelos de alta fertilidad del valle del río Cauca donde no se ha observado disminución en la producción de caña con respecto al espaciamiento de 1.50 m. En suelos donde sea necesario seguir con el espaciamiento de 1.50 m entre surcos, lo más adecuado sería usar maquinaria cuya trocha sea múltiplo de 1.50 m, y de hecho las nuevas alzadoras que se ofrecen el mercado tienen una trocha de 3 m. Pero aun así, se debe tener especial cuidado en guiar el tráfico en el campo para que las llantas se desplacen por las calles y no sobre los surcos.

Bibliografía consultada

Requerimientos de equipos y mano de obra

Cock, J. H.; Torres, J. S.; y Villegas, F. 1996. Management of green cane harvesting in high yielding crops. En: J. R. Wilson (ed.). Sugar 2000 Symposium CSIRO, Brisbane, Australia.

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1980. Estudio semidetallado de suelos del valle geográfico del río Cauca. Bogotá. 582 p.

Torres, J. S. y Villegas, F. 1996. Green cane management under heavy trash conditions. En: J. H. Cock y T. Brekelbaum (eds.). Proc. XXII Congress of the ISSCT, Cartagena, Colombia, 1995. Tecnicaña, Cali, Colombia. Vol. 2:142-149.

Impacto de la cosecha mecanizada en período húmedo

Braunack, M. V.; Wood, A.W.; Dick, R.G.; y Gilmour, J. M. 1993. The extent of Soil compaction. Sugar cane soils and a technique to minimise it. Sugar Cane 5:12-18.

Cenicaña (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia). 1999. Informe Anual Cenicaña 1998. 144 p.

Fonseca, A. M. 1981. La compactación del suelo en el proceso de preparación, siembra y cosecha de la caña. Revista de la Asociación de Técnicos Azucareros de Cuba 40(2):7-11.

Gómez, F. y Pinto, R. 1970. Observaciones preliminares sobre la compactación del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar. Yaritagua, Venezuela. Estación experimental de Occidente. Boletín no. 91. 13 p.

Shiue, S. J. 1970. The influence of cane field soil bulk density on sugarcane growth. Taiwán sugar 17:17-20.

Swinford, J. M y Boevey, T. M. C. 1984. The effects of soil compaction due to infield transport on ratoon cane yields and soil physical characteristics. Proceedings of the South African Sugar Technologists Association. 58:198-203.

Torres, J. S. y Villegas, F. 1993. Differentiation of soil compaction and cane stool damage due to semimechanized harvesting in the wet season. SugarCane 1:7-11.

Yang, S. J. 1974. Compaction studies of mechanized cane field soils. Influence of texture and content moisture on soil compaction. Taiwan Sugar Res. Inst. Rept. 64: 11-22.

Reducción de daños ocasionados por la maquinaria

De Beer, G.; J. C. Hudson; E. Meyer; y J. S. Torres. 1993. Cost effective mechanization. Sugarcane. July/August. 11-16.

Shulka, L. N. y E. J. Ravalo. 1976. Compactación del suelo en los campos a causa de los carros de transporte. Sugar y Azúcar 71(8):50-52.

-
- Torres, J. S., S. J. Yang; y F. Villegas. 1989. Soil compaction and sugarcane stool damage due to semi-mechanized harvesting in the wet season. Proc. XX Congress ISSCT. Sao Paulo, Brazil. p. 992-999.
- Torres, J. S. y F. Villegas. 1992. Differentiation of soil compaction and cane stool damage. Trabajo presentado al 21 Congreso. ISSCT. Bangkok, Tailandia.
- Vitelli, S. 1993. Limiting soil compaction from machinery. Australian Canegrower. Sept. p. 26.
- Yang S. J.; H. F. Wei; y P. C. Yang. 1976. Compaction studies on mechanized cane field soils. II: Effect on mechanical harvesting on soil compaction and yield of ratoon crop. Report of Taiwan Sugar Research Institute. no. 72.

Parte 5

Transferencia de tecnologías para el manejo de la caña cosechada en verde

Contenido	Pág.
Manejo de la caña en verde en zonas agroecológicas	149
Paquetes tecnológicos para el manejo del cultivo de la caña de azúcar	157
Efectividad e impacto de fincas piloto en la adopción y uso de tecnologías	159
Bibliografía consultada	165

Manejo de la caña en verde en zonas agroecológicas

J. S. Torres, J. Carbonell y C. H. Isaacs

El área cultivada con caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca es heterogénea en sus condiciones de suelo y clima. La productividad de la caña y de azúcar difiere de acuerdo con el clima, lo que hace necesario caracterizar los ambientes o zonas agroecológicas apropiados para cada sistema de producción.

Cenicaña define como zona agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar aquella que es relativamente homogénea en relación con la respuesta del cultivo en producción, y se caracteriza por factores biofísicos de largo plazo generalmente estables. Para la definición de las zonas agroecológicas se han tenido en cuenta los elementos siguientes: (1) el balance hídrico, el cual involucra la precipitación y la evapotranspiración; (2) información del estudio semidetallado de suelos del valle del río Cauca; (3) la agrupación de suelos, definidos de acuerdo con la clasificación taxonómica, la posición geomorfológica, el régimen de humedad, la familia textural y el drenaje y (4) los grupos de humedad, definidos según el balance hídrico y la permeabilidad del suelo.

La zonificación agroecológica establece 51 zonas y se realizó utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) y los métodos geoestadísticos para el análisis de datos. En estas zonas se espera que la respuesta del cultivo sea relativamente homogénea en producción, una vez se compensen los factores que limitan y reducen la producción. La caracterización de zonas para el cultivo de la caña de azúcar es un proceso dinámico debido a los elementos básicos que la conforman, como son el suelo y el clima; por ejemplo, las lluvias, que juegan un papel importante en la distribución espacial de las zonas ya que afectan directamente el balance de humedad en el suelo y por consiguiente, la extensión de las áreas con déficit o exceso de humedad.

La zonificación agroclimática es una herramienta útil en la generación de elementos de decisión para el manejo del cultivo, el uso de los recursos y la reducción de los costos de producción. Es de gran importancia al momento de planificar y apoyar decisiones de inversión en infraestructura de riego y drenaje y de adopción y adaptación de tecnologías de manejo agronómico. A cada suerte se le pueden asignar atributos como el balance hídrico, grupo y consociación de suelo, grupo de humedad y zona agroecológica. Lo anterior muestra la importancia de referenciar geográficamente cada suerte por el SIG y el servidor de mapas en la Web de Cenicafña como ayudas disponibles para la toma correcta de decisiones. Si el cultivador dispone de los planos geográficamente referenciados y del estudio detallado de suelos de la hacienda, además de la información contenida en el Atlas Agroclimático, se puede establecer la zona agroecológica y encontrar la mejor recomendación de manejo tecnológico del cultivo.

Cenicafña ha identificado el manejo del cultivo de caña de azúcar en condiciones difíciles como un aspecto de interés general para la industria, especialmente en las zonas con períodos húmedos prolongados. Las caídas en la producción de caña y azúcar en los últimos años obedecen, entre otros factores, a las dificultades para el manejo del cultivo y cosecha en los períodos húmedos. La producción de caña y azúcar en el valle geográfico del río Cauca siempre ha mostrado una dependencia de las condiciones estacionales del clima. La mayor parte de la investigación de campo ha sido desarrollada en condiciones ideales de preparación del suelo, calidad de la semilla, profundidad de siembra, riegos de germinación adecuados, fertilización oportuna y de acuerdo con los análisis del suelo, siembra y cosecha en períodos secos y sin tráfico de los equipos sobre las parcelas experimentales. Las bajas producciones

obtenidas en algunos campos comerciales demuestran que los cultivos son sometidos a estrés por factores limitantes de la producción como humedad o sequía, falta de nutrimentos, obstáculos para el desarrollo de las raíces y compactación del suelo. Para aumentar la producción es necesario identificar los factores controlables y determinar sus niveles críticos de acuerdo con las condiciones ambientales. Las nuevas variedades producidas por Cenicaña han sido seleccionadas por su adaptación a las diferentes zonas agroecológicas, teniendo en cuenta los factores limitantes antes mencionados.

Las condiciones difíciles para el manejo del cultivo pueden estar asociadas con zonas salino-sódicas, períodos húmedos o secos, precios bajos, altas tasas de interés y edades tempranas o tardías de cosecha. Un tema que preocupa tanto a los cultivadores como a Cenicaña es el desarrollo de nuevas opciones tecnológicas que faciliten el manejo del cultivo para la cosecha en verde, especialmente en condiciones difíciles por excesos de humedad.

De acuerdo con los resultados de producción de años anteriores, los años secos son ideales para la producción de caña debido a la existencia de infraestructura para riego y a que las labores de cultivo y cosecha se pueden realizar sin dificultad. En las épocas húmedas el uso de maquinaria para la cosecha ocasiona daños directos al cultivo y al suelo por compactación, que muchas veces obligan a la renovación inmediata del cultivo. En otros casos, es necesario aplazar la renovación del cultivo, lo que genera un lucro cesante. Cuando las condiciones extremas de humedad se presentan durante el levantamiento del cultivo impiden la ejecución oportuna y eficiente de las labores y la fertilización.

Actualmente, los momentos difíciles de la industria se acentúan por los precios deprimidos en el mercado internacional, por la inseguridad en el campo y en algunos casos por las decisiones de tipo administrativo. Es necesario reconocer que la industria se ha expandido hacia áreas con condiciones difíciles de suelos y clima. Las condiciones difíciles para el cultivo y cosecha de la caña debido al exceso de humedad pueden variar espacial y temporalmente en la región, siendo necesario desarrollar tecnologías alternativas adecuadas para el manejo del cultivo para la cosecha en verde.

Los terrenos encharcados o con niveles freáticos superficiales disminuyen notoriamente el número de días hábiles durante los cuales se pueden realizar labores agrícolas mecanizadas. Un retardo en la siembra por drenaje deficiente

lleva a que el cultivo no aproveche algunas ventajas climáticas derivadas del ciclo hídrico, y mucho más crítica resulta la imposibilidad para controlar a tiempo las malezas, las plagas y las enfermedades.

El tráfico de maquinaria en condiciones de humedad en el suelo por encima del límite plástico inferior conduce a la pérdida de la estructura, lo cual dificulta el desarrollo radical y la ejecución de labores de cultivo. Los niveles freáticos cercanos a la superficie no sólo constituyen un impedimento físico al desarrollo radical, sino que también pueden conducir a procesos de salinización secundaria, en los cuales las sales del agua subterránea o del suelo ascienden por capilaridad y en ausencia de lavado natural o artificial conducen a la presencia de altos niveles de este elemento en la zona de raíces.

Cuando hay excesos de humedad en un suelo que se destina a fines agrícolas disminuye notablemente el nivel tecnológico de la gestión de producción. Un agricultor no está dispuesto a realizar mejoras técnicas si tiene la limitante del exceso de humedad en sus predios.

En la región azucarera de Colombia las lluvias son abundantes en abril y mayo, y en octubre y noviembre. De acuerdo con el trabajo de Zonificación Climática por Balance Hídrico de Cenicaña, las zonas norte y sur del valle geográfico del río Cauca son las de mayor humedad, especialmente esta última. Si al exceso de humedad en estas zonas se le añade la necesidad de mecanización intensiva, tanto para las labores de preparación y cultivo como para el alce y transporte de la caña cosechada en verde, los riesgos de daños al cultivo o al suelo son altos.

Los trabajos realizados en Cenicaña muestran que la producción se puede reducir hasta en 35 t/ha cuando el nivel freático se mantiene a una profundidad menor de 70 cm. Si la humedad excesiva ocurre durante las etapas de adecuación del terreno, preparación y siembra, o en la cosecha, estas labores sufren atraso ya que los suelos se compactan y el porcentaje de germinación se reduce, aumentando los costos por resiembras y, por consiguiente, los costos totales de producción. De acuerdo con el estudio realizado por Cenicaña sobre la variación de la producción de caña en el valle del río Cauca entre 1991 y 1995, la disminución en las producciones en la mayoría de los ingenios en el período 1994-95 estuvo relacionada con las dificultades para realizar las labores de cultivo en forma oportuna debido a las altas precipitaciones ocurridas durante los tres primeros meses y por el daño

en las cepas durante la época en que se realizó la cosecha inmediatamente anterior. Por el contrario, las altas producciones de caña durante 1992 y 1993 indican que en condiciones de escasa precipitación se favorece el manejo de las plantaciones de caña de azúcar.

Teniendo en cuenta la necesidad del cambio hacia la cosecha mecanizada de caña sin quemar (caña verde) es necesario generar y adoptar nuevas prácticas agrícolas considerando el manejo de los residuos que quedan en el campo después de la cosecha. Para cumplir con este objetivo, Cenicaña, con la colaboración de varios ingenios, ha desarrollado paquetes tecnológicos para el manejo del cultivo de acuerdo con las condiciones de clima y suelo. con condiciones de zona de alta humedad en el suelo, en estos paquetes se incluyen prácticas sobre:

- Diseños apropiados de los campos para la cosecha y manejo del agua (acequias de drenaje superficial-bateas, acequias intermedias y drenaje alterno).
- Identificación de sistemas alternativos para evacuar los excesos de humedad superficial.
Desarrollo de sistemas eficientes para el surcado y siembra de los campos.
- Definición de la tecnología de labranza reducida.
- Manejo apropiado de los riegos de germinación después de la siembra.
- Establecimiento de la eficiencia de las labores de cultivo.
- Establecimiento de las dosis y métodos para fertilización.
- Identificación de las variedades promisorias.
- Impacto de los maduradores en zonas y períodos húmedos.
- Sistemas alternativos para la cosecha.

Definición de los paquetes tecnológicos

Las condiciones difíciles para el manejo del cultivo casi siempre están ligadas con períodos de excesos de humedad que ocurren durante las fases de establecimiento, desarrollo y cosecha, lo cual tiene efectos negativos sobre la producción y persistencia del cultivo. La cosecha en períodos húmedos y el tráfico

intensivo de los equipos de cosecha y transporte ocasionan compactación y daños directos a las cepas de las plantas. Las tecnologías generadas para el manejo del cultivo casi siempre se desarrollan para condiciones normales. Cuando las condiciones húmedas persisten es difícil renovar los campos o adelantar las labores de cultivo necesarias para levantar la plantación, lo que resulta en reducciones en la producción.

Las prácticas propuestas en los paquetes tecnológicos están dirigidas principalmente a resolver los problemas generados por las condiciones adversas por exceso o falta de humedad para el cultivo y están basadas en la definición de los grupos de humedad y las acciones remediales requeridas para compensar los déficits o excesos de humedad, incluyendo una recopilación de las mejores prácticas de manejo del cultivo en condiciones de caña verde derivadas de las investigaciones desarrolladas en el Macroproyecto de Caña Verde. A continuación se presenta un resumen de los grupos de humedad, y las mejores tecnologías de manejo para caña de azúcar.

Grupos de humedad

Se encuentran conformados por los niveles de déficit o exceso de humedad en el suelo (balance hídrico), medidos en mm/año y en la permeabilidad del suelo. Los niveles van desde el déficit de agua hasta más de 600 mm de exceso por año. La permeabilidad se califica como baja, media y alta. Los grupos de humedad identifican los campos donde se presentan condiciones normales y aquellos donde prevalecen condiciones difíciles debido a la alta precipitación y a la baja permeabilidad del suelo.

La producción de caña es menor en zonas con exceso de humedad debido al estrés que sufre el cultivo durante su desarrollo; en consecuencia, es necesario desarrollar opciones de manejo que disminuyan los efectos negativos de este exceso. En condiciones normales los campos se pueden manejar usando la tecnología tradicional; no obstante, durante los períodos húmedos es necesario adoptar estrategias adecuadas de manejo. Entre éstas se encuentra la agricultura específica por sitio que considera el comportamiento del nivel freático como un elemento importante en el balance de humedad en el suelo.

Actualmente no existen mapas del valle geográfico del río Cauca que muestren las áreas afectadas por niveles freáticos superficiales, lo cual dificulta la obtención de información técnica sobre su distribución espacial y variabilidad temporal. Esto motivó la búsqueda de otro tipo de información

para identificar las zonas que pueden presentar situaciones de exceso de humedad. Con este fin se tomó la caracterización del drenaje natural de los conjuntos de suelos descritos en el estudio del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) publicado en 1980, en el cual se agruparon los conjuntos con características similares en relación con el drenaje y se elaboró el mapa de equivalencias de permeabilidad.

La superposición de los dos mapas temáticos, balance hídrico y permeabilidad de los suelos, identifica la magnitud y la distribución de las áreas afectadas por diferentes grados de humedad, las cuales fueron clasificadas en seis grupos cuyas condiciones de manejo se ajustan al efecto combinado de la magnitud del exceso de humedad y de la permeabilidad del suelo.

Cenicafía definió los seis grupos de humedad (C0, C1, C2, C3, C4 y C5), asociados con los niveles de humedad (déficit, bajo, medio, alto y muy alto) y la permeabilidad (baja, media y alta); igualmente se presenta la distribución espacial de los grupos, definidos para años húmedos, normales y secos, y los paquetes tecnológicos para el cultivo de caña verde en cada uno de estos grupos. A continuación se describen las características más importantes de los grupos de humedad y las posibles alternativas de manejo para cada condición en particular.

C0 (Déficit de humedad). Zonas con déficit de humedad y permeabilidad del suelo media a alta, donde con frecuencia hay presencia de sales. En estas zonas es necesario evitar los niveles freáticos superficiales por los riesgos de salinización de estos suelos. La instalación de drenaje subterráneo puede estar ligada a la recuperación de suelos salinos y/o sódicos.

C1 (Humedad normal). Se incluyen las áreas con exceso de humedad menor de 200 mm/año y permeabilidad del suelo media a alta y aquellas en donde, a pesar de presentar déficit de humedad en los períodos húmedos, puede haber encharcamientos debidos a la poca pendiente del terreno o por suelos de permeabilidad baja. En este grupo se deben realizar labores de nivelación del suelo y el aporque del cultivo.

C2 (Humedad baja). Areas con exceso de humedad entre 200 y 400 mm/año y suelos de permeabilidad media a alta, y áreas con nivel bajo de excesos de humedad (menor de 200 mm/año) y suelos de permeabilidad baja. En estas condiciones es necesario nivelar los campos, adecuar canales de drenaje y aporcar el cultivo.

C3 (Humedad media). Este grupo incluye áreas con exceso de humedad entre 400 y 600 mm/año y suelos de permeabilidad media a alta, y áreas con un exceso de humedad menor de 200 a 400 mm/año y suelos de permeabilidad baja. En esta zona se sugiere la nivelación de precisión y la construcción de canales colectores profundos para evacuar excesos de agua de escorrentía; igualmente, instalar drenajes entubados en casos necesarios y drenes topos en los suelos de baja permeabilidad. Es conveniente, además, aplicar una dosis adicional de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo, realizar un aporque alto y sembrar variedades tolerantes a la humedad.

C4 (Humedad alta). Incluye áreas con exceso de humedad superior a 600 mm/año y suelos de permeabilidad alta, y áreas y excesos de humedad entre 400 y 600 mm/año en zonas donde predominan los suelos arcillosos de permeabilidad baja y relieve plano. En estos sitios se debe hacer una nivelación de precisión, surcos cortos (menores que 120 m), sistema de drenaje entubado combinado con drenaje topo, canales colectores abiertos y profundos y sistema de bombeo de aguas de drenaje en sitios con limitaciones para su evacuación por gravedad. También es conveniente el aporque alto, la siembra en el lomo de los surcos, siembra de variedades que toleren la humedad, aplicación suplementaria de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo, y la cosecha sólo en períodos secos.

C5 (Humedad muy alta). Areas con exceso de humedad superior a 600 mm/año, donde predominan los suelos arcillosos con permeabilidad baja a media y relieve plano. En este grupo es necesario hacer la nivelación de precisión y construir surcos de siembra menores de 120 m. Es aconsejable disponer de un sistema de canales abiertos para el drenaje subterráneo, combinado con drenajes topo. Además, requieren un sistema de canales colectores profundos, estaciones para el bombeo de aguas de drenaje interno y superficial en sitios con limitaciones para la evacuación de excesos de agua por gravedad. Se justifica, además, hacer un aporque alto, la siembra en el lomo de los surcos, la siembra de variedades que toleren la humedad, la aplicación suplementaria de nitrógeno de acuerdo con el análisis de fertilidad del suelo y el estado del cultivo y cosecha manual sólo en los períodos secos.

En el valle del río Cauca en un año con precipitación media predomina el grupo de humedad C1 en un área de 120,311 ha. Le siguen en importancia, por el área que cubren, los grupos C0 (82,152 ha), C2 (82,067 ha), C3 (55,699ha), C4 (19,908 ha) y C5 (15,652 ha).

Paquetes tecnológicos para el manejo del cultivo de caña de azúcar

J. S. Torres, J. Carbonell y C. H. Isaacs

Los paquetes tecnológicos han sido conformados teniendo en cuenta principalmente los grupos de humedad que han sido establecidos para zonas secas donde predominan los grupos C0 y C1, zonas semisecas en los grupos C2 y C3 y las zonas húmedas de los grupos C4 y C5. Los paquetes tecnológicos así definidos están siendo utilizados para el manejo de los campos en los Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT). Estos paquetes son ajustados para cada sitio con el apoyo de técnicos de los ingenios y de los agricultores. Este proyecto piloto fue iniciado en octubre de 2001 en el Ingenio Risaralda y en 2002 fue repetido en los Ingenios Manuelita y Providencia.

La metodología de trabajo de los GTT tiene un enfoque participativo que integra la investigación, la transferencia de tecnología y la actividad productiva en un proceso continuo e interactivo de comunicación, ofreciendo información de apoyo para implementar las decisiones de adopción. De esta forma se involucran las perspectivas de los productores en el diseño, el desarrollo y la transferencia de tecnologías adaptadas a sus condiciones socioeconómicas y agroecológicas, y los esfuerzos se concentran en solucionar las necesidades actuales de los productores.

La metodología incluye la conformación de grupos de cañicultores cuyas unidades productivas pertenezcan a una misma zona agroecológica y que tengan intereses comunes para:

- Intercambiar información sobre el manejo técnico y administrativo de las fincas.
- Generar cambios tecnológicos.
- Fortalecer los canales de comunicación con redes de innovación.
- Gestionar recursos para proyectos de desarrollo.
- Fortalecer vínculos entre productores, investigadores y técnicos de ingenios.
- Recibir capacitación sobre los diferentes niveles de manejo técnico y administrativo de las unidades productivas.
- Mejorar la rentabilidad y competitividad del negocio de la producción de caña.

El proceso se inicia conformando en cada ingenio grupos de 25 a 30 cañicultores cuyas unidades productivas pertenezcan a la misma zona agroecológica. Con cada grupo se hace un taller de diagnóstico con el propósito de realizar una caracterización de base y determinar los niveles de adopción de tecnología, el uso de tecnología informática, los aspectos administrativos de manejo de las fincas y las percepciones de los cañicultores sobre la problemática tecnológica que enfrentan en la producción, con énfasis en la cosecha en verde. De esta manera se establecen indicadores de referencia para evaluar posteriormente la gestión de transferencia tecnológica.

Una vez se concluye el diagnóstico, los pasos siguientes son analizar y concertar entre Cenicafña, el ingenio y los proveedores el paquete tecnológico más adecuado en las zonas agroecológicas de cada grupo (GTT) conformado con el enfoque de agricultura específica por sitio. Finalmente, se acuerda un programa de eventos que incluye días de campo y mesas de discusión para abordar y analizar los temas correspondientes a cada área técnica.

Los días de campo se desarrollan en la unidad productiva del cañicultor más innovador y progresista en el tema de cada evento. El cañicultor anfitrión presenta en el campo la aplicación de la tecnología, los costos de aplicación y los resultados en términos de productividad y rentabilidad; así como el control de calidad de las labores y cuáles son sus percepciones y experiencias sobre el efecto ambiental debido a la nueva tecnología.

En la misma jornada, los técnicos del ingenio presentan las experiencias alrededor del tema técnico y los investigadores de Cenicafña explican a los asistentes las bondades de los resultados de la investigación. Todas las presentaciones involucran los componentes técnico, económico, ambiental y el de control de calidad.

Al finalizar la actividad del día se realiza una mesa de discusión con el propósito de analizar experiencias, definir necesidades de investigación e identificar los resultados que el grupo considere importante validar en las condiciones de producción de cada zona agroecológica.

El trabajo involucra un seguimiento para medir los indicadores de gestión y evaluar en el corto plazo los avances en la adopción de las tecnologías en las unidades de producción de los proveedores y en las del ingenio. En el mediano plazo se evalúan los cambios en los indicadores de productividad y rentabilidad de las unidades productivas.

Esta metodología de transferencia de tecnología establecida con la participación de los proveedores, los técnicos y el apoyo gerencial del Ingenio Risaralda ha sido exitosa y es una muestra ejemplar de integración para impulsar el desarrollo tecnológico en el área de influencia de las distintas zonas agroecológicas.

Efectividad e impacto de las fincas piloto en la adopción y uso de tecnologías

C. H. Isaacs, P. T. Uribe y J. Y. Gutiérrez

Desde 1995 Cenicaña fomenta el establecimiento de fincas piloto en campos de los productores de caña como una estrategia para la transferencia de tecnologías. En estas áreas, modelo de calidad agronómica, se validan, ajustan y transfieren paquetes tecnológicos promovidos por Cenicaña (variedades y manejo agronómico), articulando en el proceso la experiencia y los conocimientos de los investigadores de Cenicaña y de los técnicos de los ingenios azucareros.

Cada finca es manejada por un administrador, con el apoyo de un comité integrado por técnicos del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología de Cenicaña y de ingenios del área de influencia de la finca, quienes caracterizan la zona, definen el paquete tecnológico para validación aplicando el enfoque de agricultura específica por sitio, efectúan seguimiento, determinan los ajustes a las tecnologías y apoyan la difusión de los resultados de la validación. El trabajo se desarrolla durante cuatro cortes (plantilla y tres socas), con un esquema participativo y de comunicación permanente.

Cenicaña, de acuerdo con su misión, desarrolla y evalúa tecnologías para responder a las necesidades del sector azucarero y lleva a cabo acciones para conseguir que éstas se incorporen rápida y eficientemente en el sistema productivo. Algunas estrategias para conseguir dicho propósito consisten en asegurar la participación activa de los productores en las diferentes fases del proceso de investigación y validar las tecnologías en condiciones de producción comercial antes de recomendarlas y transferirlas.

La validación es un paso previo a la adopción y su objetivo es evaluar las nuevas tecnologías incorporando la experiencia de los investigadores y de los productores de caña en un proceso integrado. La validación indica

los beneficios del cambio técnico y los ajustes que requieren las tecnologías (variedades y prácticas agronómicas) para su adopción comercial. Así, se obtienen nuevas técnicas debidamente documentadas para las diferentes condiciones de producción.

El proceso de adopción e incorporación de tecnologías en el sector azucarero muestra que los productores normalmente no cambian sus prácticas observando lo que ocurre en sitios experimentales manejados con condiciones controladas, y que aceptan o rechazan una tecnología después de conocer sus beneficios y debilidades a través de un proceso autónomo de observación, evaluación, recopilación y análisis de los datos sobre el comportamiento de la misma en diferentes sitios y con el manejo que consideran apropiado. Cuando el desempeño de la nueva tecnología supera sus expectativas, se sienten convencidos y es probable que no sólo la adopten sino que la promuevan entre otros cañicultores.

El conocimiento de esta tendencia dio origen al diseño de estrategias que involucran la participación activa de los productores en el proceso de validación, ajuste y difusión. Con este enfoque, desde 1995 Cenicafña fomenta el establecimiento de fincas piloto en campos de los productores de caña. Estas fincas piloto son campos comerciales demostrativos donde se validan, ajustan y transfieren tecnologías nuevas sobre variedades y manejo agronómico promovidas por Cenicafña para el cultivo de la caña de azúcar. Con esta estrategia se busca también articular y ordenar el proceso de prueba, ajuste y adaptación de paquetes tecnológicos en las condiciones comerciales de los productores, dar seguimiento al comportamiento comercial, establecer mecanismos ágiles de difusión y generar realimentación entre investigadores, transferidores y productores.

Metodologías de transferencia

La metodología de transferencia de tecnología en fincas piloto es un proceso de naturaleza participativa que exige una garantía de calidad tanto en las labores agronómicas como en la administración integral del predio. El esquema metodológico se desarrolla durante cuatro cortes (plantilla y tres socas), para valorar los ajustes de la innovación y medir el impacto de esta estrategia de transferencia.

En las fincas piloto se aplica el enfoque de la agricultura específica por sitio, se validan variedades y técnicas agronómicas para cosechas de caña

quemada y verde y se impulsa el uso de los resultados que presentan ventajas en productividad y rentabilidad, vinculando en el proceso a los técnicos de ingenios y a los productores del área de influencia.

Equipo de trabajo. Cuando la finca piloto se establece en áreas con manejo directo de un ingenio, se requiere la participación permanente del jefe del Departamento de Agronomía o de Investigación y el productor o administrador de la zona donde está localizada la finca. En las fincas piloto establecidas mediante convenios con Cenicaña intervienen y forman parte del Comité Técnico los agrónomos del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología de Cenicaña y colaboran los investigadores de los programas de Variedades, Agronomía y Fábrica. Así mismo participan profesionales de campo de otros ingenios que tienen tierras vinculadas en zonas agroecológicas similares a las de la finca.

La estrategia se basa en un esquema de trabajo participativo, mediante el cual se fortalece el vínculo entre productores, investigadores y técnicos en transferencia, quienes interactúan durante los procesos de prueba, ajuste y adaptación comercial de la nueva tecnología. Las funciones del Comité Técnico son: (1) realizar el diagnóstico de la finca piloto, (2) determinar el paquete tecnológico (variedades y manejo agronómico) a implementar en cada finca, (3) formular las recomendaciones para el manejo del cultivo, (4) efectuar seguimiento y determinar los ajustes a las tecnologías; y (5) apoyar la difusión de los mejores resultados de la validación.

Con este esquema se realimentan los procesos de investigación y divulgación técnica y se enriquecen los procesos de producción comercial a través de un ejercicio permanente de aprendizaje, reflexión y discusión técnica que lleva a aplicar soluciones en conjunto para problemas particulares de producción.

Selección del sitio. Como norma general, se buscan sitios representativos de zonas agroecológicas de influencia significativa, con el objeto de que los resultados se puedan difundir en el corto plazo al mayor número de hectáreas y productores posibles.

Caracterización y diagnóstico. Para seleccionar adecuadamente el paquete tecnológico que se aplique en cada sitio es necesario identificar las condiciones de producción y diagnosticar las ventajas y limitaciones que tienen las diferentes suertes del cultivo, para obtener el potencial de producción estimado para la

zona. La caracterización incluye información general del predio y del clima, las características físicas y químicas del suelo, la zona agroecológica y las constantes de humedad, el balance hidrológico y la dotación de infraestructura. Esta actividad es llevada a cabo por el comité técnico de cada finca.

Selección del paquete tecnológico. Las variedades y tecnologías de manejo agronómico para cada suerte se definen de acuerdo con la caracterización y el diagnóstico de la finca, los resultados de investigación obtenidos por Cenicaña y los conocimientos y experiencias de los integrantes del comité técnico.

Variedades y semilleros. A partir de los resultados de pruebas regionales y con la información comercial disponible sobre el mejor comportamiento de las variedades en las diferentes zonas agroecológicas, se seleccionan aquellos materiales que pueden ser aptos para las diferentes suertes. Se recomienda sembrar una suerte o tablón con la variedad comercial más difundida en la zona, con el objetivo de tener una referencia para comparar el comportamiento varietal en las mismas condiciones de producción.

Diseño y adecuación. De acuerdo con las características del suelo y la pendiente del terreno se definen, entre otros aspectos, la longitud, espaciamiento y dirección de los surcos que permitan un buen manejo de las aguas (riego y drenaje) y de los sistemas de cosecha (caña quemada o verde) que se propongan validar.

Manejo agronómico. De acuerdo con la zona agroecológica donde esté ubicada la finca se seleccionan las prácticas agronómicas objeto de seguimiento, evaluación y validación comercial.

Control de calidad de las labores agronómicas. Es necesario asegurar el control de calidad de las labores agronómicas, entre otras razones, por la necesidad de hacer evaluaciones justas con base en resultados que obedezcan a un manejo adecuado de la plantación y para garantizar que las fincas piloto sean modelo de manejo agronómico y contribuyan a impulsar el uso de las nuevas prácticas en áreas con características agroecológicas similares. El control de calidad se realiza mediante el establecimiento de normas sobre las especificaciones técnicas de cada labor y el desarrollo de programas de capacitación continua dirigidos al personal responsable del control y ejecución de las labores en las fincas.

Difusión de los resultados. Uno de los propósitos en estas áreas modelo es establecer campos demostrativos donde los productores de las zonas agroeco-

lógicas de influencia puedan conocer en la práctica las nuevas tecnologías y sus condiciones de manejo. En ese sentido se llevan a cabo giras técnicas con productores durante el desarrollo del cultivo, se realizan días de campo y se elaboran y publican documentos sobre los resultados de producción y sobre la gestión tecnológica que se lleva a cabo.

Resultados

Desde 1995 se han establecido cinco fincas piloto en un área total de 408 hectáreas, ubicadas en los ingenios Manuelita, Risaralda, Sancarlos, Riopaila y Cauca, en zonas agroecológicas que son representativas del área sembrada en caña en el valle geográfico del río Cauca. Actualmente existen fincas piloto en los ingenios Incauca y Riopaila. Los trabajos en los Ingenios Manuelita, Risaralda y Sancarlos terminaron en el 2000.

La conformación de los comités técnicos facilita el establecimiento, manejo y seguimiento de los paquetes tecnológicos en un ambiente de trabajo participativo y de comunicación permanente, lo cual contribuye a que el proceso de validación y adopción de nuevas tecnologías sea articulado, ordenado y ágil. Con los comités se generó mayor grado de confianza y se fortaleció el trabajo en equipo entre investigadores y productores y técnicos en transferencia, logrando así un mayor entendimiento de las tecnologías y facilitando su adopción. A través de estos comités se difunden los conocimientos necesarios para mejorar la gestión y la adopción de las tecnologías, a la vez que son un canal efectivo para comunicar a Cenicaña y a las directivas de los ingenios azucareros las necesidades de nuevos desarrollos tecnológicos.

Los **paquetes tecnológicos** aplicados en las fincas piloto se seleccionaron con el enfoque de agricultura específica por sitio, teniendo en cuenta los recursos y condiciones de producción de cada ingenio. Se han validado variedades, densidades de siembra, sistema de siembra con plántulas, longitudes de surco, distancia entre surcos (1.75 m y surco doble modificado), niveles críticos de nutrimentos mayores en el suelo para determinación de las dosis de fertilizantes, fertilización nitrogenada, labor de aporque del cultivo, programación de los riegos con balance hídrico, método de riego por surcos alternos, sistemas de riego y de conducción del agua hasta los surcos utilizando politubulares, tuberías con compuertas y sifones, sistemas de cosecha en verde y manejo de los residuos en cada caso.

Para la correcta aplicación del paquete tecnológico se diseñó un formato con los parámetros para el control de calidad agronómica de las labores de campo. El formato indica la especificación técnica en cada labor, los rangos de tolerancia, su importancia, la forma de verificación y los métodos de muestreo.

Con el concurso de los comités técnicos se llevó a cabo un plan riguroso de seguimiento, evaluación y caracterización de las tecnologías; lo que permitió la formulación de ajustes y recomendaciones, la documentación de los componentes del paquete tecnológico aplicado y se generó suficiente información para impulsar y difundir adecuadamente las variedades y las prácticas de manejo agronómico.

Para caracterizar se llevaron a cabo evaluaciones de la condición de las variedades desde los seis meses de edad hasta el momento previo a la cosecha, curvas de maduración, condición del cultivo antes de la cosecha, comportamiento de las variedades con diferentes sistemas de cosecha en verde, encuesta a corteros, producción, materia extraña y caña y residuos dejados en el campo después de la cosecha. También se hicieron evaluaciones concretas para ajustar tecnologías y formular recomendaciones, por ejemplo: (1) Avance del agua en una suerte del Ingenio Sancarlos, diseñada con surcos de 720 m de longitud para el establecimiento de riego por gravedad utilizando tubería con compuertas y cosechada mecanizada. Esta evaluación definió la conveniencia de subdividir la suerte en tablones de 225 m de longitud. (2) Seguimiento de pérdidas de sacarosa debidas al apilamiento de la caña en vagones. La evaluación se hizo en el Ingenio Sancarlos siguiendo el método no destructivo y HPLC desarrollados en Cenicafña. Cada hora y durante 3 h se tomaron muestras de jugo a los tallos apilados en un vagón y se encontró que las pérdidas de sacarosa estuvieron alrededor de 1.5% hasta las 2.5 h de apilamiento y tendieron a incrementar a partir ese momento; después de 3 h de permanencia en patios se registraron pérdidas de 3.5%. (3) Curva de retención de humedad en suelos del Ingenio Riopaila, donde se encontró que para una tensión de humedad del suelo de 15 bares, el contenido de humedad volumétrica fue del 53%. Estos resultados mostraron que por la baja porosidad del suelo el agua no es disponible para el cultivo, lo cual sugiere ajustes a la programación de los riegos según el balance hídrico.

Las fincas piloto han permitido la generación de desarrollos tecnológicos sobre la marcha, como es el caso de la construcción de implementos para surcar

y abonar los campos establecidos con doble surco modificado y la siembra en el lomo de los surcos del cultivo de caña en el Ingenio Riopaila.

La estrategia de establecer fincas piloto para probar, caracterizar, documentar, ajustar y transferir las nuevas tecnologías ha sido exitosa y se ha traducido en mayor adopción de importantes tecnologías que han representado incrementos en productividad, particularmente en los ingenios donde han sido ubicadas estas fincas.

Bibliografía consultada

- Carbonell, J.; Amaya, A.; Ortiz, B. V.; Torres, J. S.; Quintero, R.; e Isaacs, C. H.. 2001. Zonificación agroecológica para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercera aproximación. Cali, Cenicaña (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia).
- Cenicaña (Centro de Investigación de La Caña de Azúcar de Colombia). Cali. 2000. Informe anual 2000. Cali, Cenicaña. p. 56.
- Cenicaña (Centro de Investigación de La Caña de Azúcar de Colombia). Cali. 1999. Informe anual 1999. Cali, Cenicaña. p. 79.
- Cenicaña (Centro de Investigación de La Caña de Azúcar de Colombia). Cali. 1998. Informe anual 1998. Cali, Cenicaña. p. 99.
- Cenicaña (Centro de Investigación de La Caña de Azúcar de Colombia). Cali. 1997. Informe anual 1997. Cali, Cenicaña. p. 91.
- Gómez, J. F.; Prada, M.; y Gutierrez, C. 1998. Nuevas tecnologías de riego en el Ingenio Manuelita. Carta Trimestral Cenicaña 20(4):23-25. 1998.
- Gutiérrez, J. Y. 2003. Fincas piloto en los ingenios Incauca S.A. y Riopaila S.A. Carta Trimestral Cenicaña 25(1):30-32.
- Romano, L. 2001. Efectividad de las estrategias de transferencia de tecnología en Cenicaña. Informe de Consultoría. Cenicaña (Colombia) 2001. 93 p.
- Uribe, P. T. e Isaacs, C. H.. 1998. Fincas piloto: validación y transferencia de tecnología. Carta Trimestral Cenicaña 20(1):22-27.
- Uribe, P. T.; Isaacs, C. H.; Raigosa, J. P.; Uribe, J. J.; y Florez, M.. 1999. Informe técnico de validación comercial de tecnologías en fincas piloto. Documento de trabajo no. 404, Ingenio Risaralda, Hacienda Miramar, Cenicaña. p. 42.
- Uribe, P. T.; Isaacs, C. H.; Raigosa, J. P.; y Cuéllar, J. 1999. Informe técnico de validación comercial de tecnologías en fincas piloto. Documento de trabajo no. 407 Ingenio Sancarlos, Hacienda El Arenal, Cenicaña. 46 p.

www.adpostal.gov.co

PBX
353 5666



Nuestros servicios

CORREO NORMAL - CORREO CERTIFICADO
POSTEXPRESS - EMS - CORRA EMPRESARIAL
SACAS M - NOTIEXPRESS - APARTADOS POSTALES

Subgerencia de Mercadeo: (1) 353 5686

E-mail: mercadeo@adpostal.gov.co

Sección Mercadeo Cali: (2) 881 0055

Atención al Cliente

(1) 357 8183

Fuera de Bogotá: 01800 0111210 / 0111313

E-mail: quejasdc@adpostal.gov.co

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) es una corporación privada sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) en representación de la agroindustria azucarera localizada en el valle del río Cauca.

Su misión es contribuir por medio de la investigación, evaluación y divulgación de tecnología y el suministro de servicios especializados al desarrollo de un sector eficiente y competitivo, de manera que éste juegue un papel importante en el mejoramiento socioeconómico y en la conservación de un ambiente productivo, agradable y sano en las zonas azucareras.

Cenicaña desarrolla programas de investigación en Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica, y cuenta con servicios de apoyo en Análisis Económico y Estadístico, Información y Documentación, Tecnología Informática, Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Presta servicios de análisis de laboratorio, administra las estaciones de la red meteorológica automatizada y mantiene actualizada la cartografía digital del área cultivada.

Sus recursos de financiación corresponden a donaciones directas realizadas por los ingenios azucareros Carmelita, Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda, Sancarlos y Sicarare, y sus proveedores de caña. También adelanta proyectos cofinanciados por otras entidades, especialmente en el marco de programas coordinados por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas".

La Estación Experimental está ubicada en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Florida, Valle del Cauca), donde se encuentran las oficinas de administración e investigación, la biblioteca, los invernaderos y los laboratorios. La estación ocupa 62 hectáreas localizadas a 3° 21' de latitud norte, 76° 18' de longitud oeste y 1024 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual en este sitio es de 23.5 °C, precipitación media anual de 1160 mm y humedad relativa de 77%.

Las investigaciones sobre el cultivo se realizan en la Estación Experimental y en predios de los ingenios azucareros y los cultivadores de caña. Las investigaciones de fábrica se llevan a cabo en plantas industriales consideradas como ingenios piloto.

CITA BIBLIOGRÁFICA

Torres, J.S. (editor). 2006. Manejo del cultivo en condiciones de caña verde. Cali, Cenicaña. 165 p. (Serie Técnica No. 35)

Publicación producida con recursos del "Macroproyecto en Caña Verde" cofinanciado por Colciencias, código 2214-07-755-98, contrato 358-98.