# Año 25 No. 1 CALI, COLOMBIA 2003

#### **Temas**

#### Notas Técnicas e Informativas

Balance Hídrico, versión 3.0	2
Cifras de la agroindustria azucarera colombiana, 2002	4
Variedades importadas en cuarentena	7
Foro: Impacto de la materia extraña en el proceso agro-	
industrial de la caña de azúcar	8

#### Notas de Investigación

Eloculantes naturales para

Colombia-Nicaragua

1 locularites flaturales para	
la clarificación de jugos de	
caña de azúcar	10
Aplicaciones de modelamiento	
por el método de elementos	
finitos en la industria azucarera	13
Aproximación a los costos	
de cogeneración de energía	
en ingenios azucareros.	
Análisis comparativo	

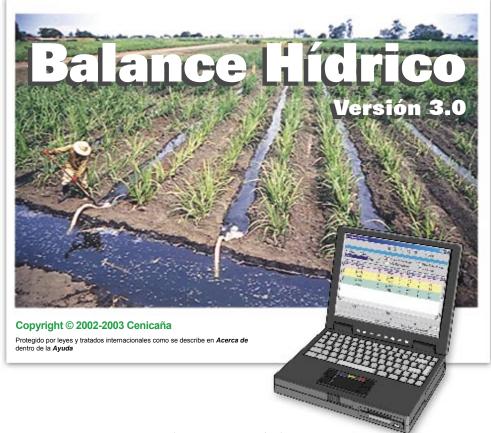
#### **I**NFORMES

IN ORMES	
Evaluación de variedades	
de caña de azúcar para	
cosecha mecanizada	20
Fincas piloto en Incauca S.A. y Riopaila S.A.	3(
Tecnologías tranferidas en los GTT de Manuelita	
y Providencia, primer trimestre de 2003	33
Boletín climatológico, primer trimestre de 2003	36



#### cenicaña

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia



Un sistema para el manejo del agua en el cultivo de la caña de azúcar

**Programar los riegos** teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento de humedad del suelo y el consumo de agua en las diferentes fases de desarrollo del cultivo es una tarea sencilla con el uso del programa Balance Hídrico v.3.0.

Disponible a partir de abril de 2003 para los ingenios y los cañicultores donantes de CENICAÑA, esta nueva versión del Balance Hídrico fue desarrollada para ambiente Windows y se caracteriza por su versatilidad en materia de informes, con opciones de consulta a manera de tablas y en forma gráfica, transferencia inmediata de datos a hoja de cálculo y facilidades de búsqueda e impresión.



# Balance Hídrico versión 3.0

## ■ El usuario del Balance Hídrico v.3.0 tiene grandes beneficios:

- Cuenta con información sistematizada, histórica y actualizada, acerca de las suertes y los eventos hídricos relacionados con las plantaciones en administración.
- Programa los riegos de acuerdo con las prioridades de cultivo identificadas en la investigación, determinadas por los requerimientos hídricos de la caña según la edad y el número de corte.
- 3. Conoce a diario el balance de humedad en el suelo en cada suerte y acopia información para caracterizar las tendencias de déficit o exceso según las cuales diseña la infraestructura productiva.
- Ejerce mayor control sobre la cantidad de agua aplicada en cada riego y mejora la eficiencia en el uso del recurso.



#### CD de instalación y Manual del Usuario

Precio: \$30,000 para donantes de CENICAÑA

#### Informes y ventas:

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Estación experimental San Antonio de los Caballeros, vía Cali-Florida km 26 Teléfono: (2) 260 66 11, ext. 168 y 169

> Oficina de enlace en Cali Calle 58 norte # 3BN-110 Teléfono: (2) 664 58 92

buzon@cenicana.org

#### Requerimientos de informática

- Sistema operativo Windows 95 ó superior.
- PC con procesador Pentium o superior.
- 32 MB de memoria.
- Entre 25 y 30 MB de espacio en disco duro.
- Resolución de pantalla de 800 x 600 x 256 y color de 16 ó 24 bits (recomendados).
- Dispositivo señalador mouse (ratón).
- Impresora láser, matriz o inyección de tinta.

#### Carta Trimestral

ISSN 0121-0327

Año 25, No. 1 de 2003

#### Comité Editorial

ALVARO AMAYA ESTÉVEZ
CAMILO ISAACS ECHEVERRY
CARLOS OMAR BRICEÑO BELTRÁN
LUPE BUSTAMANTE ALVAREZ
NOHRA PÉREZ CASTILLO
VICTORIA CARRILLO CAMACHO

#### Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación Editorial y Edición de Textos:

Diagramación:

ial y Edición de Textos: Victoria Carrillo Camacho Alberto Ramirez Pérez Hernán Felipe Silva Cerón

Preprensa e Impresión: FERIV

FERIVA S. A. - CALI

#### Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Centro Experimental San Antonio de los Caballeros, Vía Cali-Florida km 26 Oficina de Enlace: Calle 58 Nte. No. 3BN-110 Cali, Colombia Teléfono: (57-2) 260 6611 Fax: (57-2) 260 7853 buzon@cenicana.org

#### Antes de traer

variedades al valle del Cauca procedentes de otros lugares de Colombia o del exterior, comuníquese con Cenicaña.

El material vegetal debe
permanecer en cuarentena para
evitar posibles problemas sanitarios que pongan
en peligro la productividad de la industria azucarera.
Establezca contacto en Cenicaña con Jorge Ignacio
Victoria K. <jivictor@cenicana.org>

#### Informes muy útiles

El cálculo del balance hídrico, la programación de los riegos, los históricos de riegos por suerte y los demás registros y datos básicos consignados en el sistema pueden ser consultados a manera de cuadros, de forma impresa o en pantalla. La programación de los riegos y los eventos hídricos en cada suerte tienen además la opción de consulta



#### **Datos necesarios**

Para calcular el balance hídrico en el suelo y programar los riegos del cultivo, el sistema requiere los siguientes datos:

- Identificación de haciendas, suertes, pluviómetros y tanques de evaporación clase A.
- Datos de la suerte, fecha de siembra y corte.
- Lámina de Agua Rápidamente Aprovechable (LARA) del suelo.
- Factor K de cultivo.
- Datos de precipitación, evaporación diaria y riegos aplicados.

Consulte los datos diarios de evaporación y precipitación en www.cenicana.org, sección meteorología y climatología, red de referencia de evaporación

#### Resultados confiables

Para asegurar la calidad de los cálculos realizados con el Balance Hídrico v.3.0 es indispensable identificar los valores de referencia que se usarán por configuración. Incluso cuando se utilizan los valores sugeridos por CENICAÑA, es necesario confirmar la decisión.

Los valores sugeridos son:

• Valores del factor K o valores de corrección para convertir la evaporación del tanque clase A en evapotranspiración:

K mínimo: para el periodo de germinación y macollamiento, entre 2 y 4 meses de edad.

K máximo: para el periodo de rápido crecimiento, entre 4 y 10 meses.

- Inicio del riego: 2 meses de edad del cultivo. Suspensión del riego: 10 meses de edad.
- Edad para el cambio de K: 4 meses.
- Precipitación mínima útil: 3 mm

#### **Talleres de capacitación**

CENICAÑA realiza un programa de talleres de capacitación para los usuarios del Balance Hídrico v.3.0. Las personas interesadas deben reservar su cupo previamente.

Se conforman grupos de 12 usuarios, quienes durante cuatro horas reciben información básica acerca de la metodología del balance hídrico y el uso del programa.

Los talleres se realizan en la Estación Experimental de CENICAÑA, vía Cali-Florida km 26, donde se cuenta con una sala dotada con computadoras.

#### Informes e inscripciones:

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología Teléfono: 260 66 11, ext.168 y 169 Fax: 260 78 53 buzon@cenicana.org

# Cifras de la agroindustria azucarera colombiana, 2002

Liliana Ma. Calero S.\*

En términos generales, la productividad promedio del sector en 2002 fue la mejor de los tres últimos años. La cantidad de caña molida fue 14% superior con respecto a 2001 y 2.5% mayor que en 2000, resultados que se explican en función del mayor número de días hábiles programados para molienda y la mayor disponibilidad de caña debido al incremento de las toneladas producidas por hectárea (TCH) (Figura 1).

La producción de azúcar también aumentó en comparación con los años precedentes: en 2002 se elaboraron 13.17% más toneladas que en 2001 y 4.86% más que en 2000, cifras asociadas con incrementos en las TCH entre 2001-2002 y los aumentos en TCH y rendimiento con respecto al año 2000 (Figuras 1 y 2).



En términos generales, la productividad promedio del sector en 2002 fue la mejor de los tres últimos años.

En relación con la calidad de la caña, en 2002 se mantuvo la tendencia de aumento en el contenido de sacarosa (% caña) y la disminución de la fibra industrial (% caña) que se ha registrado desde el año 2000; el contenido de sacarosa estuvo alrededor de 13.4% y la fibra industrial fue de 14.7% (Figura 3).

Finalmente, la reducción de la fibra % caña y el incremento de la extracción de sacarosa en molienda (95.66% en 2000 y 96.09% en 2002) contribuyeron para que las pérdidas de sacarosa en bagazo (% sacarosa en caña) disminuyeran en 0.43 unidades porcentuales. Las pérdidas en miel final (% sacarosa en caña) fueron, en promedio, muy similares en los tres años y las diferencias se atribuyen a la pureza del jugo diluido (cantidad de sacarosa presente en los sólidos solubles en el jugo) y al control de los procesos de elaboración (Figura 4). Los parámetros de gestión de fábrica entre 2000 y 2002 (promedios ponderados) se pueden observar en el Cuadro 1.

<sup>\*</sup> Química M.Sc.; Programa de Procesos de Fábrica. CENICAÑA < lmcalero@cenicana.org>

La información de los índices de caña molida, azúcar producido y rendimiento con base en 99.7° Pol corresponde a registros de los ingenios Central Castilla, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos. Los resultados de campo fueron recolectados por el ingeniero Jorge Arcila, del Ingenio La Cabaña, y los de fábrica corresponden al Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Interingenios.

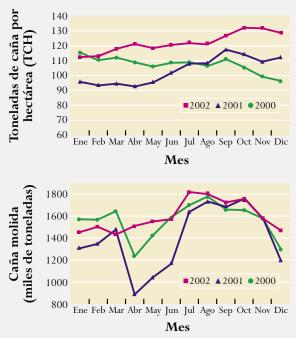


Figura 1. Toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de caña molida, 2000-2002. Datos de diez ingenios.

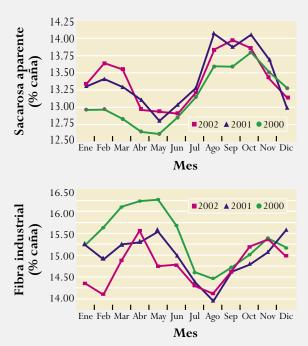


Figura 3. Sacarosa aparente (% caña) y fibra industrial (% caña), 2000-2002. Datos de once ingenios.

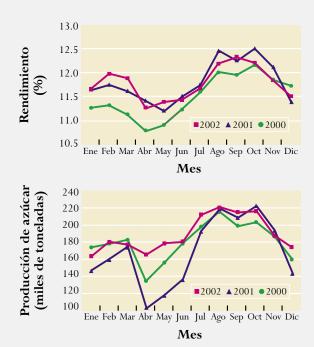


Figura 2. Porcentaje de rendimiento en azúcar con base en 99.7ºPol (datos de once ingenios) y producción de azúcar (diez ingenios), 2000-2002.

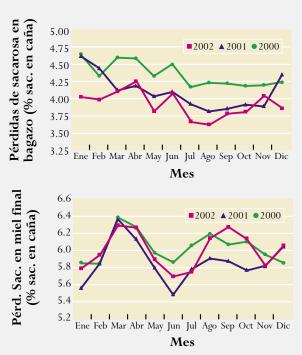


Figura 4. Pérdidas de sacarosa en bagazo y en miel final (% sacarosa en caña), 2000-2002. Datos de once ingenios.

Cuadro 1. Parámetros de gestión de fábrica entre 2000 y 2002 (promedios ponderados). Sistema de intercambio de Información Estandarizada Interingenios (datos de diez ingenios).

Datos de fábrica	2000	2001	2002
Tiempo			
Días hábiles <sup>a</sup>	3,128.50	2,714.71	3,042.26
Tiempo perdido% hábil fábrica	7.76	6.02	7.26
Tiempo perdido% hábil cosecha	4.90	3.11	2.58
Tiempo molienda efectivo % tiempo total	74.74	68.22	76.41
Molienda			
Caña molida (t)ª	18,700,751	16,809,603	19,173,036
Caña molida (t/día hábil)	5,977.55	6,192.03	6,302.24
Caña molida (t/hora efectiva de molienda)	285.17	332.57	291.27
Producción			
Toneladas de azúcar producido <sup>a</sup>	2,166,049	2,006,980	2,271,337
Rendimiento comercial (%)	11.583	11.940	11.847
Rendimiento real en azúcar con base en 99.7°	11.526	11.866	11.798
Extracción	11.520	11.000	11.70
Jugo diluido neto % caña	100.081	100.507	100.082
% insolubles en jugo diluido	1.689	1.448	1.474
Sac. aparente % sac. aparente en caña	95.662	95.923	96.094
Sacarosa reducida a 12.5 % fibra	96.556	96.640	96.752
Caña	70.330	70.010	70.732
Fibra %	15.329	14.901	14.740
	13.180	13.476	13.414
Sacarosa aparente %  Maceración	13.180	15.476	13.717
% caña	30.635	30.685	29.660
% fibra	199.681		
	199.661	205.990	201.830
Bagazo % caña	28.84	28.71	28.08
% cana Sacarosa %	1.98	1.92	1.87
Humedad %	50.02	50.47	50.14
Elaboración Cachaza % caña	6.047	5.373	5.045
Sacarosa % cachaza	1.98	1.87	1.76
Miel final 88 Brix (kg/t de caña molida)	25.52	26.84	27.87
Pureza % miel final <sup>b</sup>	35.63	33.43	32.90
Recuperación real (B.H.R)	91.316	91.626	91.273
Pérdidas de sacarosa	0.507	0.500	2.225
En miel final % caña	0.796	0.788	0.805
En miel final % sacarosa caña	6.047	5.858	6.009
En cachaza % caña	0.120	0.099	0.089
En cachaza % sacarosa caña	0.912	0.738	0.666
En indeterminadas % caña	0.204	0.203	0.238
En indeterminadas % sacarosa caña	1.550	1.507	1.777
En bagazo % caña	0.571	0.549	0.524
En bagazo % sacarosa caña	4.335	4.074	3.908
Totales % caña	1.694	1.642	1.658
Totales % sacarosa caña	12.866	12.193	12.366
Recuperado en azúcar			
% caña	11.49	11.84	11.76
% sacarosa caña (O.R.)	87.13	87.81	87.63
Análisis de laboratorio			
Brix jugo de primera extracción	18.29	18.45	18.54
Brix jugo diluido	14.26	14.65	14.71
Pureza jugo de primera extracción	90.11	89.52	89.09
Pureza jugo diluido	88.38	87.88	87.65

a. Cifras acumuladas.

b. Cifra no estandarizada.

Nota: Las cifras de TIEMPO se ponderan con respecto al total de días hábiles reportados por los diez ingenios. Todas las demás (excepto caña molida por hora y día hábil) se ponderan con respecto a las toneladas totales de caña molida

## Variedades importadas en cuarentena

Jorge I. Victoria K.\* Juan Carlos Ángel S.\*

María Luisa Guzmán R.\*

ITV 92-373

ITVMex 92-465

ITVMex 92-1424

El sistema de cuarentena ha facilitado la protección sanitaria de más de mil variedades importadas durante los últimos 23 años, algunas de las cuales son utilizadas actualmente a escala comercial.

CENICAÑA estableció en 1979 un sistema de cuarentena para las variedades de caña de azúcar importadas con el fin de evitar el ingreso de nuevos patógenos e insectos al país y proteger así la sanidad del cultivo en el sector azucarero nacional.

De acuerdo con las políticas establecidas, las variedades importadas ingresan en primera instancia a la Estación de Cuarentena Cerrada localizada en el municipio de Mosquera (Cundinamarca) donde permanecen en observación y análisis durante dos ciclos de desarrollo (aproximadamente 2 años) bajo la tutela del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Posteriormente, las variedades que cumplen con los requisitos de sanidad son llevadas a la Estación de Cuarentena Abierta ubicada en el municipio de El Cerrito (Valle del Cauca), en la hacienda Piedechinche del Ingenio Providencia donde, previa limpieza in vitro, permanecen en observación por ocho meses.

Aquellas variedades que se destacan por el contenido de azúcar, la producción de caña y la resistencia a enfermedades se siembran en pruebas agronómicas preliminares (plantilla) en la Estación Experimental de CENICAÑA, corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Florida, Valle del Cauca) donde se seleccionan las variedades promisorias que posteriormente son evaluadas en pruebas regionales. Las demás variedades ingresan al banco de germoplasma en la Estación Experimental para ser utilizadas en el programa de cruzamientos.

#### Estación de cuarentena cerrada, importadas 2002

Australia	Bı	rasii
Q 146	SP 83-2847	SP 90-1107
Q 183	SP 85-3877	SP 90-1638
Q 184	SP 86-155	SP 90-3414
Q 185	SP 87-365	SP 90-3723
Q 193	SP 87-396	SP 91-1049
	SP 89-1115	
Sudáfrica	Isla de	Mauricio
N 21	M 1176/77	M 1246/84
N 23	M 52/78	M 387/85
N25	M 261/78	M 1186/86
NI 20		3.6.4.0.0.4.0.6
N 29	M 1551/80	M 1394/86
N 29	M 1551/80 M 96/82	M 1394/86 M 1400/86
N 29	,	•

## En proceso de limpieza in vitro, enero 2003

Mex 92-28

Mex 93-213

LTMeX 93-354

LTMeX 93-636

Mex 69-290

LTMex 92-146

LTMex 92-301

TMex 92-236

	Australia	
Q 121	Q 171	Q 157
Q 151	Q 174	Q 165
Q 155	Q 127	Q 173
Q 159	Q 152	Q 176

#### Estación de cuarentena abierta, 2003

Colección	de Miami <sup>a</sup>	Importadas de Brasil <sup>b</sup>
NG 28-037	Chin	RB 83-5089
IN 84-003	10-95	SP 80-185
Guam	IJ 73-395	
Chiltow	IM 76-237	
Magna		

a. Ingresarán al banco de germoplasma de CENICAÑA.b. Serán evaluadas en pruebas agronómicas preliminares.

<sup>\*</sup> Programa de Variedades. CENICAÑA.

# Foro: Impacto de la materia extraña en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar

Jesús E. Larrahondo\*

Cali, Colombia, enero 22 de 2003

Organizado por CENICAÑA en el marco del proyecto Determinación y Efectos de la Materia Extraña en el Proceso Agroindustrial de la Caña de Azúcar (COLCIENCIAS-CENICAÑA, cód. 2214-07-12357)

#### Objetivo

Intercambiar y analizar experiencias acerca de la calidad de la caña y el manejo de la materia extraña que llega a los ingenios azucareros proveniente de campos cosechados en verde.

#### **Ponencias**

- Ingenios azucareros: Central Castilla;
   La Cabaña; Mayagüez; Pichichí; Providencia;
   Riopaila; Sancarlos.
- CENICAÑA.

#### Justificación

La implantación del sistema de producción de azúcar con caña cosechada en verde está influida por cambios en la calidad de la caña para molienda y elaboración, determinados principalmente por la cantidad y la naturaleza de la materia extraña incorporada durante la cosecha. La calidad de la caña está definida por la pureza de los jugos extraídos en cuanto a su contenido de sacarosa (% caña) y su relación con la sacarosa cristalizada y la sacarosa no recuperada en la biomasa y en las mieles coproducidas durante el proceso de fábrica (sacarosa % bagazo, % cachaza, % melaza, % miel final, % sólidos insolubles). Cuando los molinos procesan materiales diferentes a tallos de caña, el jugo extraído contiene impurezas que al ser separadas pueden arrastrar sacarosa y aumentar las pérdidas en términos de azúcar recuperado.

Algunos componentes de la materia extraña como las hojas, las yaguas y los cogollos pueden causar trastornos en la clarificación de los jugos y afectar los niveles de color y turbiedad que usualmente se consiguen con caña quemada; además de disminuir la calidad calorífica del bagazo utilizado para la generación del vapor que ofrece energía útil al proceso. Componentes minerales como la tierra y las piedras aumentan las pérdidas de sacarosa y el desgaste de piezas mecánicas.

De acuerdo con lo anterior y ante la necesidad de unificar conceptos y adelantar acciones para determinar, caracterizar y establecer indicadores de seguimiento acerca del efecto de la materia extraña en el proceso agroindustrial de producción de azúcar, CENICAÑA adelanta el proyecto Determinación y Efectos de la Materia Extraña en el Proceso Agroindustrial de la Caña de Azúcar con la cofinanciación de COLCIENCIAS y la intervención directa de los ingenios azucareros. El foro realizado el 22 de enero de 2003 obedece al interés de la industria, representada por los técnicos de los ingenios que integran el comité adhoc del proyecto, de poner en común los conocimientos actuales y las iniciativas tecnológicas que se han adelantado en el sector azucarero colombiano en torno al tema de la materia extraña.

#### Metodología y dinámica

Luego de la instalación del foro, un total de 14 expositores presentaron los análisis, propuestas e inquietudes revisados en sus respectivas empresas. Los asistentes, cerca de 60 personas entre cañicultores y técnicos de ingenios, participaron abiertamente luego de cada presentación individual. La jornada finalizó con una mesa redonda en la cual todos los expositores fueron panelistas y, con

<sup>\*</sup> Químico, Ph.D.; químico jefe CENICAÑA. < jelarrah@cenicana.org>

el apoyo de un moderador, revisaron los conceptos básicos y las experiencias relacionadas con la calidad de la caña, en especial los métodos de muestreo para la determinación de la materia extraña utilizados en los ingenios, las mediciones de pérdidas de sacarosa asociadas con la materia extraña, los tiempos de permanencia, la edad de corte y los sistemas de cosecha y limpieza de la caña en fábrica. Como resultado del foro se programaron visitas a los ingenios con el fin de profundizar algunos aspectos relacionados con el tema y se plantearon propuestas de trabajos complementarios orientados a minimizar los impactos del corte en verde sobre la calidad de la caña moledera.

## Las presentaciones del foro se encuentran disponibles en la sección EVENTOS en www.cenicana.org

#### Programa

Tema	Ponente	Institución
Importancia e impacto de la materia extraña	Alvaro Amaya	CENICAÑA
Control integral de proceso en la producción de sacarosa	Oscar Ospina Gillermo Ayalde	Ingenio Central Castilla
Calidad de la materia prima. Seguimiento de la maduración: - Precosecha - Aplicación de maduradores - Calidad de la caña	Jorge Arcila	Ingenio La Cabaña
Departamento de control de calidad: evaluación de materia extraña	Gilberto Jiménez	Ingenio Pichichí
Evaluación de la estación de limpieza en seco en el Ingenio Providencia	Jairo Girón Liliana Ma. Calero	Ingenio Providencia CENICAÑA
Sonda mecánica para muestreo de caña. Desarrollo y resultados de mediciones de materia extraña	Tito Calderón Alfonso Villegas	Ingenio Riopaila
Experiencias en el Ingenio Sancarlos	Carlos Fernández	Ingenio Sancarlos
Pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda: - Tiempo de permanencia - Materia extraña	Jesús Larrahondo	CENICAÑA
Materia extraña: estado actual en el sector azucarero local	Jesús Larrahondo	CENICAÑA
Calidad en el corte de caña en el Ingenio Providencia	Felipe Gaviria	Ingenio Providencia
Evaluación de la materia extraña	Francisco Figueroa Jairo Rincón Liliana Ma. Calero Carlos Moreno	Ingenio Providencia
Impacto económico de la reducción de pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda	Eliana Osorio Claudia Posada	CENICAÑA
Mesa redonda: Metodologías de evaluación de la materia extraña en la industria colombiana	Moderadora: Paula Uribe (CENICAÑA) Panelistas: Todos los ponentes	
Conclusiones y recomendaciones		

#### Notas de Investigación

Observaciones puntuales relacionadas con los procesos de investigación en marcha

Floculantes naturales para la clarificación de jugos de caña de azúcar

Aplicaciones
de modelamiento
por el método de
elementos finitos
en la industria
azucarera 13

ocarera •

Aproximación a los costos de cogeneración en ingenios azucareros Floculantes naturales para la clarificación de jugos de caña de azúcar

Jesús E. Larrahondo \*
Carlos F. Sánchez \*\*
Carlos O. Briceño \*
Carlos Ramírez \*

La clarificación de los jugos de caña es uno de los retos tecnológicos más significativos en la elaboración de azúcar orgánico. Los floculantes sintéticos que se usan durante la producción del azúcar común deben ser reemplazados por productos naturales con los cuales se logren los resultados deseados.

#### Introducción

En Colombia, los productores de panela y azúcar orgánicos vienen utilizando extractos acuosos de especies vegetales como el cadillo (Tiliaceae: *Triumfetta lappula*) y el guásimo (Sterculiaceae: *Guazuma ulmifolia*) para la clarificación de jugos, experiencias que se suman al uso de quitinas, quitosanas y otros extractos vegetales en las industrias azucareras de Japón, Tailandia y la Isla de Mauricio.

Con el fin de establecer la metodología de manejo, preparación y uso de floculantes naturales como las quitosanas y otras especies vegetales, CENICAÑA realizó una serie de evaluaciones que señalan oportunidades de clarificación con la solución de quitosana al 1% y la solución de mucílago vegetal de *Cordia lutea* Lam. Fam Boraginaceae (biyuyo) al 12.5%.

Las quitosanas son productos poliméricos de carácter natural derivados de las quitinas que, debido a su semejanza con los floculantes sintéticos empleados en la industria azucarera, han sido utilizadas como agentes químicos removedores de impurezas y colorantes en jugos de caña de azúcar. El biyuyo, por su parte, es una planta reconocida por las excelentes propiedades mucilaginosas de sus frutos.

#### Evaluación y resultados

En el Laboratorio de Química de CENICAÑA se adelantaron ensayos de clarificación de jugos primarios y jugos diluidos provenientes de un ingenio azucarero. Los ensayos se llevaron a cabo mediante un equipo de pruebas de sedimentación (Larrahondo y Ramírez, 2000) con diferentes condiciones de pH (6.0 a 7.5) y temperatura (70 a 97 °C) en muestras de un litro de jugo.

<sup>\*</sup> Respectivamente: Químico, Ph.D. < jelarrah@cenicana.org >; Ingeniero Químico, M.Sc. < cobricen@cenicana.org >; Tecnólogo Químico < cjramire@cenicana.org >. Programa de Procesos de Fábrica. CENICAÑA.

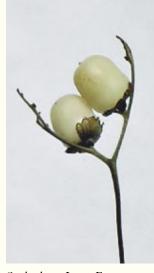
<sup>\*\*</sup> Químico, estudiante en práctica, CENICAÑA-Universidad del Valle.

Como testigo se utilizó un floculante sintético en dosis industrial de 6 ppm y las evaluaciones de color y turbiedad se hicieron para las siguientes dosis de floculantes naturales:

- (a) Entre 4 y 6 g de quitosana en forma sólida
- (b) Entre 3 y 13 ml de solución de quitosana al 1%
- (c) 20 ml de solución de mucílago vegetal de Cordia lutea al 12.5%

Los mejores resultados se obtuvieron con la dosis de 13 ml de quitosana al 1% y con la dosis de 20 ml de mucílago vegetal al 12.5% en un rango de pH de encalamiento entre 7.0 y 7.5 y una temperatura de 97 °C. La quitosana sólida presentó su mejor rendimiento a pH entre 6.5 y 7.0.

Con ninguno de los floculantes naturales en ninguna dosis se superó la velocidad de sedimentación obtenida con el floculante sintético (6 ppm). Los jugos clarificados con el mucílago vegetal presentaron el valor mas bajo de color, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Los niveles de turbiedad fueron similares con el producto sintético y con la solución de mucílago vegetal (Figura 1, Cuadro 1).



Cordia lutea Lam. Fam Boraginaceae, conocido en Colombia con el nombre de biyuyo, se caracteriza por las propiedades mucilaginosas de sus frutos.

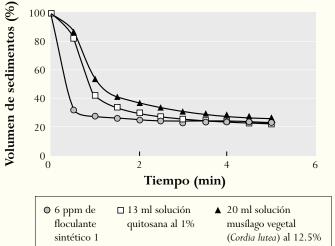


Figura 1.

Clarificación de jugos diluidos de origen comercial con tres soluciones floculantes.
Escala de laboratorio: un litro de jugo, pH 7.5 y temperatura 97 °C.

Cuadro 1. Color y turbiedad de jugos diluidos de origen comercial clarificados con tres soluciones floculantes. Escala de laboratorio: un litro de jugo, 97 °C de temperatura.

Floculante	Volumen de sedimentación (%)	pH final	Color (UI) (10³)	Turbiedad (UI) (10³)
Mucílago vegetal ( <i>Cordia lutea</i> ) en solución al 12.5%	18.5 a*	7.5 a	5.6 a	2.1 b
Quitosana en solución al 1%	15.0 b	6.7 b	9.2 a	7.8 a
Testigo <sup>1</sup>	19.5 a	7.5 a	13.1 a	2.6 ba

<sup>\*</sup> Letras iguales indican que no hay diferencias significativas al 5% (Pruebas Duncan)

<sup>1.</sup> Floculante sintético en dosis industrial de 6 ppm, pH 7.0 y 97 °C de temperatura

La quitina, parcialmente desacetilada y como quitosana, ha sido utilizada para remover impurezas y colorantes de soluciones de caña de azúcar debido que son polisacáridos naturales con una estructura química que se asemeja a la de los floculantes sintéticos empleados en la industria azucarera (Pan. Y., et al., 2000).

Es un producto de la caparazón de los crustáceos, del exoesqueleto o cutícula de los insectos y de las paredes celulares de ciertos hongos y algas. Es el segundo carbohidrato más abundante en la naturaleza después de la celulosa, con características únicas debido a sus grupos amino catiónicos en la molécula. Se ha estimado que la producción total de quitina de los ecosistemas de mares y ríos es de 2.1 x 10<sup>9</sup> toneladas. La quitosana, una forma de quitina desacetilada, es un polímero biodegradable muy útil en aplicaciones industriales y biomédicas (Wong Sak Hoi, Y.L.; Tse, C.S., 1999).

Quitina

Quitosana

#### Conclusiones y comentarios

La metodología de manejo y preparación de la quitosana y el extracto vegetal de los frutos de *Cordia lutea* como agentes clarificantes de jugos de caña de azúcar, en calidad de floculantes, fue evaluada a escala de laboratorio.

Los mejores resultados en calidad de jugos clarificados se obtuvieron con la dosis de 13 ml de quitosana al 1% y con la dosis de 20 ml de mucílago vegetal al 12.5% en un rango de pH de encalamiento entre 7.0 y 7.5 y una temperatura de 97 °C.

El uso de estos productos en la industria demanda estudios adicionales a escala piloto para determinar sus implicaciones económicas en el proceso azucarero en términos de costos, eficiencias y efectos.

Las ventas de azúcar y panela de Colombia en los ámbitos doméstico e industrial están actualmente influenciadas por la capacidad nacional para atender los mercados verdes locales y externos. Los esfuerzos en el desarrollo de insumos alternativos para la producción de estos alimentos orgánicos, en el marco de los acuerdos mundiales de certificación, deben ser cooperativos. CENICAÑA continúa la experimentación con *Cordia lutea* Lam., al tiempo que adelanta investigaciones acerca del comportamiento de la quitonasa. Ambos floculantes naturales se vislumbran prometedores para la clarificación de los jugos de caña.

#### Referencias bibliográficas

Larrahondo. J. E.; Ramírez, C. J. Informe empleo de quitinas o quitosanas como agentes clarificadores en jugos de caña de azúcar. Cali, CENICAÑA, 2001. 3p. (Documento de trabajo no.477)

Pan Y.; Montet, D.; Rakshit, S. K.; Nuchnoi, P;
Chandrkrachang, S.; Stevens, W. F. Utilization of partially deacetylated chitin and chitosan as flocculant and decolorant in refining sugar. Proc. Asian, Inst. Tech..
Bangkok, Bioprocess Technology Program, 2000. pp 481-88

Wong Sak Hoi, Y. L; Tse, C.S. Plant materials as natural flocculant in cane juice. XXIII Congress International Society of Sugar Cane Technologists. New Delhi, 1999. v.1, p.7-16

Sánchez, C.F. Productos naturales como agentes floculantes para la clarificación de jugos de caña de azúcar. Cali, Universidad del Valle, Departamento de Química, 2003. 100p. (tesis Químico)

# Aplicaciones de modelamiento por el método de elementos finitos

en la industria azucarera

Adolfo León Gómez \*

Arbey Carvajal L. \*

Carlos O. Briceño \*

#### Introducción

En ingeniería de diseño, de control y de procesos, la simulación computacional se ha constituido en una herramienta de gran valor para los administradores e ingenieros de proyectos y procesos. En estos campos, el modelamiento por el método de los elementos finitos (F.E.A.) ha permitido predecir con gran precisión y simplicidad una amplia variedad de problemas de ingeniería, tales como los derivados del análisis de los esfuerzos y la deformación de los cuerpos sometidos a una condición de carga, la transmisión del calor, los movimientos de los fluidos y fenómenos electrostáticos.

En este documento se presenta una breve descripción del método F.E.A. y cómo ha facilitado al Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña evaluar el comportamiento de diversos componentes que intervienen en los procesos fabriles de la industria azucarera. Con base en esta herramienta se han realizado auditorías de diseño de diferentes componentes estructurales y se han elaborado propuestas de diseños adecuados para las condiciones de servicio a las que éstos se encuentran sometidos. Para el desarrollo de los modelos se ha utilizado el software de elementos finitos Algor® que permite modelar condiciones de carga estática, dinámica, transferencia de calor (estado transitorio y estacionario), flujo de fluidos (laminar y turbulento), electrostática y rotodinámica.

#### Concepto general del método F.E.A.

El método de los elementos finitos consiste en dividir o discretizar un elemento o modelo en un conjunto de pequeños elementos conectados entre sí por una serie de puntos llamados nodos. Las ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo regirán también en cada uno de los elementos.

De esta forma se consigue pasar de un sistema continuo regido por una ecuación diferencial o un sistema de ecuaciones diferenciales, a un sistema con un número finito de grados de libertad cuyo comportamiento se modela por un sistema de ecuaciones (lineales o no) y que es apto para ser resuelto por métodos numéricos.

El punto de partida para modelar una situación mediante elementos finitos consiste en plantear los objetivos y alcances del análisis. Posteriormente se crea la geometría del modelo mediante software especializado (Figura 1) simplificándolo al máximo en función de los objetivos planteados inicialmente. Se eliminan detalles poco significativos como radios, chaflanes, entre otros, y se busca simetría para reducir los cálculos y su tiempo de ejecución. A continuación el modelo es transferido al software de elementos finitos donde es dividido en *n* componentes de acuerdo con la precisión deseada en los resultados. Luego se establecen las condiciones de operación y los grados de libertad y se efectúa el análisis (Figura 2).

El método de los elementos finitos consiste en dividir o discretizar un elemento o modelo en un conjunto de pequeños elementos conectados entre sí por una serie de puntos llamados nodos. Las ecuaciones que rigen el comportamiento del continuo regirán también en cada uno de los elementos.

<sup>\*</sup> Respectivamente: Ing. Mecánico, M.Sc. <algomez@cenicana.org>; Ing. Mecánico <acarvajal@cenicana.org>; Ing. Químico, M.Sc. <cobricen@cenicana.org>. Programa de Procesos de Fábrica. CENICAÑA

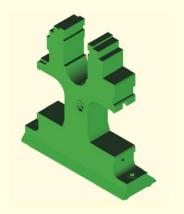


Figura 1. Geometría del modelo (cureña de molino).

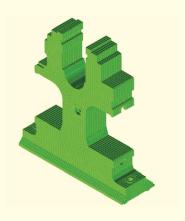


Figura 2. Modelo para análisis F.E.A.

#### Casos de aplicación

#### Análisis de esfuerzos

El Programa de Fábrica ha efectuado análisis de esfuerzos en condiciones de carga estática a cureñas, acoples, ejes, dientes de engranaje y bancadas. Las cargas aplicadas en los modelos han sido obtenidas a través de mediciones experimentales en los equipos analizados o a partir de modelos teóricos de las condiciones en las que se operan los equipos (Figura 3).

Para el análisis de fallas estructurales se requiere calcular los factores de seguridad a fatiga en las zonas críticas de la pieza, lo cual permite optimizar el diseño o reforzar elementos. En otras situaciones es necesario considerar la dinámica de los modelos como en el caso de las cargas y esfuerzos generados cuando una pareja de dientes de engranaje entra en contacto o cuando se quiere determinar el efecto de la carga durante el desfibrado de la caña en una máquina de preparación; para este último fin se ha utilizado la Simulación de Eventos Mecánicos (M.E.S.).

#### Transferencia de calor

La continua evolución de los programas de cómputo ha permitido ampliar la aplicación de los elementos finitos de manera que es posible la simulación de fenómenos de transferencia de calor en estado transitorio, como cuando se trata de establecer el efecto de un proceso de soldadura en la distribución o gradiente de temperaturas y sus cambios en el tiempo y el flujo de calor durante la recuperación de los cascos y ejes de mazas. Mediante este análisis se pueden establecer efectos térmicos sobre la microestructura final del material y estimar la magnitud de la zona térmicamente afectada (Figura 4).

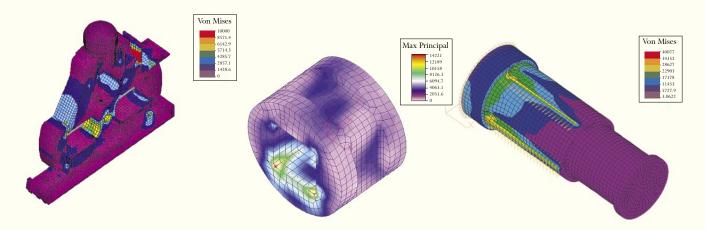


Figura 3. Análisis de esfuerzos en cureñas (izquierda: Ramírez D., 2001); acople de entedós (centro: Echeverri L., et, al., 1999) y eje de transmisión (derecha: Carvajal A., et, al., 2003).

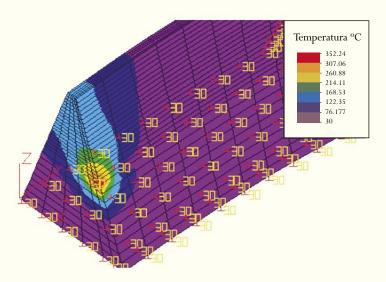


Figura 4. Gradiente de temperatura en diente de maza durante un proceso de soldadura (Casanova F., et, al., 2003).

El método de los elementos finitos es útil para realizar aproximaciones a un sistema real mediante el uso de modelos matemáticos de cálculo. Con base en estas aproximaciones es posible optimizar el diseño de elementos, disminuir los costos asociados con las pruebas de los modelos iniciales y reducir el tiempo de desarrollo. Es un método eficiente para predecir el comportamiento de un sistema en sus condiciones de operación de manera sencilla y económica.

#### **Proyecciones**

En la actualidad, el Programa de Fábrica de CENICAÑA está explorando el uso de la dinámica de fluidos computacional (CFD) para evaluar el desempeño de diversos procesos que involucran fluidos en estado estacionario o estable y transferencia de calor, como los casos de calentadores y evaporadores. Las evaluaciones se llevan a cabo mediante la simulación de fluidos viscosos incompresibles, es decir, fluidos con un volumen constante que no puede modificarse apreciablemente por compresión y que están gobernados por las ecuaciones de Navier-Stokes (son ecuaciones que rigen el régimen de flujo ya sea laminar o turbulento). Además, este tipo de análisis puede ser utilizado para flujos turbulentos en los cuales las partículas presentan un movimiento caótico, sin que existan unas líneas de corriente ni trayectorias definidas características del flujo laminar, hasta alcanzar el estado estacionario.

#### Conclusión

El método de los elementos finitos es útil para realizar aproximaciones a un sistema real mediante el uso de modelos matemáticos de cálculo. Con base en estas aproximaciones es posible optimizar el diseño de elementos, disminuir los costos asociados con las pruebas de los modelos iniciales y reducir el tiempo de desarrollo. Es un método eficiente para predecir el comportamiento de un sistema en sus condiciones de operación de manera sencilla y económica. No obstante sus ventajas, es necesario considerar que se trata de aproximaciones fundamentadas en el cálculo y en consideraciones básicas tanto subjetivas como del método.

#### Referencias bibliográficas

Carvajal, A.; Gómez, A.L. Análisis de fatiga en eje de transmisión abierta 56-57 del Ingenio Mayagüez. Cali, CENICAÑA. 2003. 8 p.

Casanova, F.; Gómez, A.L.; Valdés, J. Modelamiento de un cordón de soldadura con elementos finitos. Cali, Universidad del Valle. 2003. 3 p.

Echeverri, L.F.; Gómez, A.L.

Modelamiento por elementos
finitos de los acoples empleados
en los molinos de la industria
azucarera. Cali, CENICAÑA. 1999.
8 p.

Ramírez, D.E.; Gómez, A.L. Análisis de los esfuerzos de trabajo en las cureñas y bancadas del segundo molino del Ingenio Pichichí. Cali, CENICAÑA. 2001. 32 p.

# Aproximación a los costos de cogeneración de energía en ingenios azucareros.

Análisis comparativo Colombia-Nicaragua.

Claudia Posada Contreras\*

#### Introducción

En un alto porcentaje, los procesos para la fabricación de azúcar se abastecen de energía de cogeneración (eléctrica y vapor) proveniente de la biomasa o bagazo que resulta de la molienda de la caña. Estas formas de energía se utilizan para el funcionamiento de la maquinaria y los equipos (energía mecánica) que participan en los procesos de la fábrica.

La cogeneración de energía implica costos, por tanto, para calcular el costo real de la producción de azúcar es necesario diseñar una metodología para estimar los costos que corresponden a la producción de vapor y los que corresponden a la producción de energía eléctrica. La metodología también puede ser utilizada como herramienta en la toma de decisiones relacionadas con la cogeneración y venta o compra de energía.

El análisis económico permite estimar el precio del vapor en el mercado de acuerdo con las condiciones de oferta y demanda, las ventajas comparativas del ingenio para generarlo y el desembolso para cubrir los gastos de operación y mantenimiento o flujo de caja durante el período de análisis. En síntesis, permite estimar el precio unitario (libra de vapor o kW-h de energía eléctrica) a partir de una valoración de los costos reales en que la fábrica incurre para su cogeneración.

Esta aproximación al costo de la energía se realizó para tres ingenios colombianos y parte de una base estándar para estimar el precio de los procesos y servicios fabriles con el fin de conocer el costo real de los productos generados. El costo real de los servicios equivale al precio de los mismos, pues no existe una venta de la energía a la red externa y, por tanto, no se considera un sobreprecio (ganancia) que los diferencie.

Los costos estimados para los ingenios colombianos se comparan con los costos de la cogeneración en Nicaragua, donde han seguido una metodología de valoración económica similar y se encuentran elementos muy parecidos a los colombianos: el país centroamericano ofrece un gran potencial para que los ingenios azucareros amplíen la producción de electricidad y la vendan a la red nacional; ha logrado avances significativos en los procesos energéticos utilizando biomasa para la producción de electricidad tanto en el período de la zafra como durante la no-zafra; tiene experiencia con el aprovechamiento de caña a gran escala, buena infraestructura para el uso de equipos agrícolas y tierra sin utilizar.

En los ingenios nicaragüenses, tradicionalmente se ha generado energía para satisfacer en parte el consumo de la propia fábrica. En el Ingenio San Antonio, por ejemplo, el proyecto de cogeneración demandó la construcción de nuevas instalaciones, la adquisición y el montaje de equipos electromecánicos para aumentar la capacidad de cogeneración eléctrica hasta 19.3 MW. En este proceso, durante la zafra se utiliza bagazo como combustible mientras que en la época de no-zafra se utiliza leña proveniente de bosques de eucalipto cultivados con este propósito (Broek, 1997).

## Costos de la cogeneración en ingenios colombianos

Los análisis se basaron en cifras de tres ingenios: Incauca (enero-agosto 2002), Manuelita y Mayagüez (enero-octubre 2002) (Posada *et al.*, 2002).

El análisis económico en cada uno de los ingenios se resume a continuación.

<sup>\*</sup> Economista, Servicio Análisis Económico y Estadístico. cenicaña. <cposada@cenicana.org>

- La recolección de información, que incluyó los costos de tratamiento de agua; la operación, el mantenimiento y la depreciación de equipos; el consumo de combustibles tanto por las calderas como por la planta eléctrica.
- La medición de la producción y el consumo de vapor en los procesos fabriles.
- El cálculo de los costos unitarios de los servicios energéticos.
- La definición de cinco escenarios de análisis para el costo del vapor (con y sin consumo de energía eléctrica) y un escenario para el costo de la energía eléctrica (con y sin depreciación), incluyendo el consumo de vapor (Posada et al., 2002).

El costo del bagazo en los escenarios propuestos se calculó como el costo de oportunidad que tienen los ingenios cuando realmente venden bagazo para la industria papelera y de aglomerados. Se considera como el dinero recibido por venta del bagazo, en lugar de utilizarlo en las calderas como combustible, y este valor resulta del intercambio del poder calorífico con el carbón.

#### Costo del vapor

Se consideraron cinco escenarios. Aunque en este documento sólo se presentan los análisis de los resultados obtenidos con los escenarios 2 y 3, a continuación se incluye una breve descripción de cada uno como referencia.

Escenario 1: los costos del vapor y de la energía fueron estimados según la metodología empleada por cada uno de los ingenios.

Escenarios 2 y 3: el costo del vapor resulta del análisis económico propuesto en este estudio, con el cual se busca estandarizar los procedimientos y cálculos. Incorpora el consumo total de combustible quemado en calderas (carbón y bagazo), tomando en cuenta el precio que representaría para el ingenio su compra o intercambio. Ambos escenarios se analizan con y sin depreciación de equipos y con el consumo de energía eléctrica por las calderas.

Escenario 4: se ha denominado "método de un ingenio" debido a que en los ingenios se aplica la metodología de un ingenio específico que toma el 30% del costo total del departamento de generación de vapor (referido a una categoría del costo).

Escenario 5: se considera igual precio del combustible (carbón y bagazo) con el fin de aislar el efecto de oportunidad que cada ingenio tiene en la negociación con las industrias papelera y de aglomerados.

#### Costo de la energía eléctrica

El escenario único propuesto para la generación de energía eléctrica se deriva del análisis económico que es presentado en este estudio, debido a que la mayoría de las fábricas valoran este servicio tomando como base los precios de mercado. En esta valoración económica se incorporan el consumo del vapor por los turbogeneradores y la depreciación de los equipos de la planta eléctrica, además de los costos de operación y mantenimiento.

#### Resultados del análisis económico

De acuerdo con los escenarios 2 y 3, el análisis económico indica que el combustible quemado en las calderas representa el 72% del costo total, seguido por los costos de mantenimiento (12%) y depreciación (8%). Para la planta eléctrica, el consumo de vapor representa el 47% de los costos, seguido por los costos de depreciación (25%) y operación (17%) (Cuadro 1).

El costo unitario de producción de una libra de vapor fue de Col\$5.42 (promedio de los tres ingenios), sin incluir la depreciación de los equipos ni reparaciones mayores realizadas por los ingenios durante el período de análisis. Al considerar la depreciación, el costo se incrementó \$0.46, de manera que el costo total ascendió a \$5.88 por libra de vapor, es decir ctvs.US\$0.2 (US\$1=Col\$2901).

El análisis económico de la cogeneración de vapor y energía eléctrica en los tres ingenios colombianos señala un costo unitario del vapor que varía entre Col\$5.0 y \$6.4 (0.17 - 0.22 cvts.US\$) por libra.

Los costos más bajos se deben al menor precio que se paga por el combustible. Los costos intermedios obedecen a una eficiencia mayor y un precio alto del combustible aun cuando las calderas se encuentren depreciadas y sean de menor presión. El mayor costo está asociado con la presión de cogeneración, debido a que en este caso se tienen dos unidades de calderas que enfrentan una demanda mayor por combustible.

El costo unitario (promedio de tres ingenios) de un kW-h fue de Col\$37.59 sin incluir la depreciación, y de \$49.88 con depreciación, es decir, ctvs.US\$1.72 (US\$1=Col\$2901) (Cuadro 1).

En el caso de la energía eléctrica, el rango de costos por kW-h varía entre Col\$44 y \$65 (1.5 - 2.2 cvts.US\$). Las diferencias en estos costos se deben a la operación, eficiencia y depreciación

de los turbogeneradores. La situación de bajo costo ocurre cuando se tienen turbogeneradores más eficientes, es decir, equipos relativamente nuevos sin depreciar que necesitan menos vapor para generar y representan menores gastos de mantenimiento. Por el contrario, el mayor costo resulta de equipos depreciados que demandan altos gastos de operación y mantenimiento.

Al comparar estos resultados con los encontrados en ingenios azucareros de Nicaragua (Broek, 1997) se observa que en ese país el costo promedio de la producción de electricidad a partir de biomasa de bagazo durante la época de zafra es de 3.4 cvts.US\$/kW-h y de 4 cvts.US\$/kW-h con eucalipto en el resto del año. Si se considera un costo igual a cero para el bagazo, los costos de producción de electricidad serían, respectivamente, de 1.2 cvts.US\$/kW-h en el primer caso y de 4 cvts.US\$/kW-h en el segundo (Cuadro 2).

Cuadro 1. Costos derivados del análisis económico para la cogeneración de vapor y energía eléctrica en ingenios colombianos. Promedios de los ingenios Incauca (ene.-ago. 2002), Manuelita y Mayagüez (ene.-oct. 2002).

		Costos <sup>a</sup>	
Servicios	Col\$ (millones)	Col\$/lb	ctvs.US\$/lb
Generación de vapor			
Vapor generado: 2651.4 millones de libras			
Operación	946.4	0.36	0.01
Mantenimiento	1886.6	0.71	0.02
Depreciación	1214.2	0.46	0.02
Tratamiento agua calderas	330.3	0.12	0.00
Combustible (carbón, bagazo)	11,171.3	4.21	0.15
Servicio (energía eléctrica)	265.7	0.10	0.00
Total sin depreciación	14,380.2	5.42	0.19
Total con depreciación	15,594.4	5.88	0.20
		Costos <sup>a</sup>	
Servicios	Col\$ (millones)	Col\$/kW-h	ctvs.US\$/kW-h
Generación de energía eléctrica			
Energía eléctica generada: 63 millones de kW-l	h		
Operación	549.4	8.72	0.30
Mantenimiento	336.7	5.34	0.18
Depreciación	774.4	12.29	0.42
Servicio (vapor)	1483.2	23.53	0.81
Total sin depreciación	2369.3	37.59	1.30
Total con depreciación	3143.6	49.88	1.72

a. Cifras acumuladas a octubre de 2002.

Cuadro 2. Costos derivados del análisis económico para la generacion de energía eléctrica en tres ingenios de Nicaragua (promedios). Fuente: Broek, 1997.

	Costos (ctvs. US\$/kW-h)		
Servicios	Eucalipto durante la no-zafra	Bagazo durante la zafra	Biomasa en el ingenio durante todo el año <sup>a</sup>
Establecimiento	0.28	_	_
Mantenimiento	0.27	_	_
Alquiler de tierra	0.71	_	_
Cosecha	0.11	_	_
Descargue	0.26	_	-
Transporte	0.40	_	-
Astillado	0.11	_	_
Costo indirecto	0.20	_	-
Costo combustible <sup>b</sup>	2.30	2.20 (0.00)	2.30 (1.3)
Inversión planta	0.78	0.45 (0.45)	0.64 (0.64)
Operación y mantenimiento	0.87	0.77 (0.77)	0.83 (0.84)
Costo de kW-h total	4.00	3.40 (1.2)	3.70 (2.8)
Ganancia	2.30	1.60 (0.50)	2.00 (1.5)
Precio kW-h total	6.20	5.00 (1.7)	5.70 (4.3)

a. En este caso se supone que el inversionista exige una tasa interna de retorno (TIR) de 25%.

#### **Conclusiones**

La industria azucarera colombiana puede contar con una metodología económica como herramienta para la valoración de productos y servicios de la fábrica, con resultados que pueden ser comparables entre ingenios locales e internacionales.

Las cifras del presente estudio indican que las fábricas colombianas tienen una ventaja comparativa en términos del combustible necesario para generar vapor y energía, con respecto a la situación en Nicaragua.

En Colombia, el combustible, independientemente de la condición y oportunidad de negocio del ingenio para obtenerlo, tendrá un costo de oportunidad o de equivalencia menor que en Nicaragua debido a que en este país no existe disponibilidad de bagazo a través del año. El eucalipto como sustituto presenta un costo mayor debido a las labores de mantenimiento del cultivo durante seis años antes de su utilización para generar vapor y energía.

#### Referencias bibliográficas

Echeverry, L. F.; Carvajal A.; y Briceño, C. O. 2002. Aproximación al cálculo del costo de la energía en plantas de cogeneración de ingenios azucareros. Carta Trimestral 3 y 4, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA).

Posada, C.; Zambrano; y Pérez, N. 2002. Conceptos y fundamentos para la comparación de costos de procesos fabriles en los ingenios azucareros colombianos. Junio 2002. Documento de estudio. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA). 5 p.

; Orozco, B.; Luna, C. A.; Herrera, C. A.; y Girón, M. 2000. Metodología para la determinación del costo del vapor en la producción de azúcar. En: Quinto Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña). Cali, 4 a 6 de octubre de 2000. 28 p.

Van den Broek, 1997. Electricidad a partir de eucalipto y bagazo en ingenios azucareros de Nicaragua. Costos, aspectos macroeconómicos y medioambientales.

Departamento de Ciencia, Tecnología y Sociedad de la Universidad de Utrecht – Holanda. En http://www.fao.org/docrep/x2351s/x2351s00.htm#TopOfPage. Enero de 2003.

Cogeneración eléctrica. En: http://www.nicaraguasugar.com/electricidad.html – enero de 2003.

Agradecimientos. A los ingenios Incauca, Manuelita y Mayagüez por el suministro de los datos que sirvieron de base para el presente estudio. A los ingenieros Carlos O. Briceño y Arbey Carvajal del Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña, por la coordinación, sugerencias y suministro de algunos indicadores fabriles durante 2002.

b. Las cifras entre paréntesis indican los costos (promedio de tres ingenios) considerando que el bagazo no tiene valor económico. Las cifras de la izquierda indican los costos teniendo en cuenta que el valor del bagazo es igual al costo del eucalipto (basado en su poder calorífico inferior).

#### Informes

Datos, información y análisis de apoyo para la administración de las unidades productivas

Evaluación de variedades de caña de azúcar para cosecha mecanizada

Fincas piloto en los ingenios Incauca S.A. y Riopaila S.A. 30

lecnologias transferidas en los GTT de Manuelita y Providencia durante el primer trimestre de 2003

Boletín climatológico, primer trimestre de 2003

# Evaluación de variedades de caña de azúcar para cosecha mecanizada

- Jorge I. Victoria \*
- Jorge S. Torres \*
- Jaime Gómez \*
- Jorge M. Pinzón \*

#### Introducción

En un trabajo cooperativo entre CENICAÑA y el Ingenio Manuelita S.A. se evaluaron a escala experimental doce variedades (plantilla) seleccionadas como promisorias en pruebas regionales.

El experimento fue sembrado en la zona agroecológica 1C0, hacienda Cascajal del Ingenio Manuelita, donde, por cada variedad, se establecieron franjas de seis surcos de 170 metros de largo (0.18 hectáreas por variedad).

Las labores de cultivo fueron similares a las que usualmente efectúa el Ingenio Manuelita y la cosecha se llevó a cabo con una combinada de un surco, a los 13.9 meses de edad. Las evaluaciones incluyeron el seguimiento de la maduración, la caracterización fenotípica y la condición del cultivo antes de la cosecha, el desempeño de la cosecha mecanizada y el transporte, el contenido de materia extraña, la producción de residuos y la caña abandonada en el campo después de la cosecha. Como testigos comerciales se utilizaron las variedades CC 85-92 y CC 87-434.

Los resultados en productividad y rentabilidad señalan oportunidades con las variedades CC 92-2154, CC 92-2311, CC 93-4223, CCSP 89-259 y CC 92-2677, las cuales se sugiere considerar para futuros estudios a escala semicomercial y comercial en diferentes zonas agroecológicas, a fin de realizar recomendaciones específicas por sitio.

La selección y caracterización de variedades aptas para la cosecha mecanizada en verde hacen parte de los objetivos del macroproyecto Alta Sacarosa Estable que adelanta CENICAÑA.

#### Descripción del experimento

El experimento fue establecido en la hacienda Cascajal, suerte 42A, del Ingenio Manuelita, zona agroecológica 1C0, e incluyó las variedades CCSP 89-43, CCSP 89-259, CC 91-1880, CC 91-1945, CC 91-1999, CC 92-2154, CC 92-2198,



CC 92-2154



CC 92-2311



CC 92-2677



CC 93-4223



CCSP 89-259

<sup>\*</sup> Respectivamente: Directores de los Programas de Variedades y Agronomía de CENICAÑA. Jefes de Agronomía y Operación de Cosecha del Ingenio Manuelita.

CC 92-2311, CC 92-2358, CC 92-2393, CC 92-2677, CC 93-4223, y los testigos CC 87-434 y CC 85-92.

La siembra se hizo entre el 16 y el 17 de enero del 2002 y la cosecha, utilizando una combinada de un surco, entre el 10 y el 11 de marzo de 2003 cuando el cultivo tenía 13.9 meses de edad. El área sembrada de cada variedad fue de 0.18 ha y no se incluyeron repeticiones. Las labores de establecimiento y cultivo fueron similares a las que realiza el Ingenio Manuelita en los cultivos comerciales (Cuadro 1).

La precipitación registrada y la evapotranspiración calculada con los datos de la estación La Rita de la Red Meteorológica Automatizada (RMA), así como la información recolectada en el pluviómetro localizado en el pozo 36, distante 300 m del experimento, fueron muy similares entre sí (Figura 1).

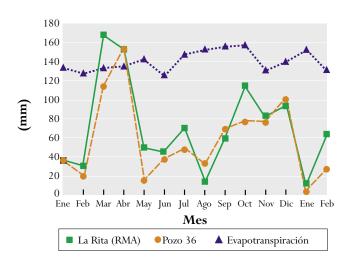


Figura 1. Precipitación registrada en la estación meteorológica automatizada en la hacienda La Rita (Palmira) y en el pluviómetro localizado en el Pozo 36. Evapotranspiración calculada con datos de la estación La Rita.

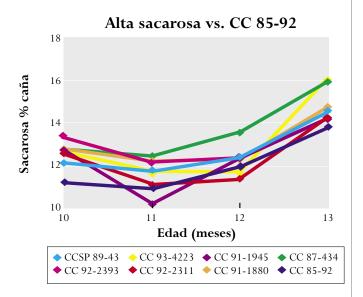
Cuadro 1. Labores de establecimiento y cultivo de las variedades en evaluación. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

Labores	Descripción
Preparación	Dos descepadas, dos rastrilladas, marcada del diseño, nivelación, subsolada, rastro-arada, dos rastrilladas, surcada, control de labores, construcción de bateas.
Siembra	Franjas de 6 surcos de 170 m de largo y 1.75 m entre surcos, por variedad.
Control de malezas y labores de aporque	Dos semanas después de la siembra se aplicó la mezcla de herbicidas preemergente:  Gesapax 500 (3 lt) + Igram (3 lt) + 2,4 D Amina (1 lt) + Cosmoaguas (0.2 lt) + Inex A (0.2 lt) y agua en cantidad suficiente para aplicar en 1 ha.  Posteriormente se hizo un cultivo mecanizado para controlar las malezas y un aporque con rastrillo de discos.  Ciento cinco días después de la siembra se aplicó la mezcla de herbicidas posemergente:  Gesapax 500 (1.5 lt) + Igram (1.5 lt) + 2,4 D Amina (1 lt) + Cosmoaguas (0.2 lt) +  Inex A (0.2 lt) + Dorac (1.5 lt) y agua suficiente para aplicar en 1 ha.  A los siete meses se hizo una aplicación en la ronda del experimento con una mezcla de:  Round-up (1.5 lt) + 2,4 D Amina (1.5 lt) + Inex A (0.2 lt) + Cosmoaguas (0.2 lt).
Fertilización	Setenta días después de la siembra se aplicaron en forma mecanizada 80 kg/ha de nitrógeno.
Riegos	Riegos de germinación:  Durante el período de germinación se aplicaron dos riegos por gravedad a los 2 y 15 días después de la siembra.  Durante el período de levantamiento del cultivo se aplicaron cinco riegos:  A los 76 días se aplicó un riego por aspersión y posteriormente, a los 4.5, 5.8, 7.3 y 8.4 meses, se aplicaron riegos por gravedad de acuerdo con el balance hídrico en el suelo.

#### Evaluaciones y resultados

#### Maduración.

Entre 10 y 13 meses de edad del cultivo se hicieron muestreos mensuales de maduración, tomando dos muestras de 10 tallos en cada parcela. Siete variedades presentaron niveles de sacarosa % caña mayores que el testigo CC 85-92 y seis variedades presentaron niveles de sacarosa % caña inferiores (Figura 2).



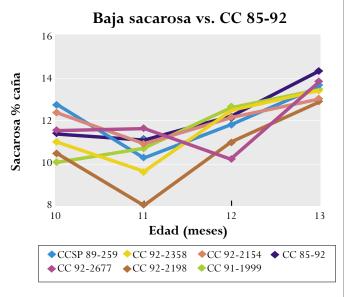


Figura 2. Sacarosa % caña de doce variedades nuevas en comparación con el testigo CC 85-92. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

#### Condición del cultivo antes de la cosecha.

Una semana antes del corte se midieron la producción de biomasa, el crecimiento y el grado de volcamiento de las variedades, condiciones que influyen en la eficiencia de la maquinaria en el momento de la cosecha. Estas mediciones se hicieron en dos sitios de 3 m tomados al azar en la parcela de cada variedad. En cada sitio se cosechó y pesó la biomasa total, la cual se separó en sus componentes de caña y residuos. Al mismo tiempo, se hicieron otras mediciones y observaciones sobre factores que afectan el desempeño y la eficiencia de la cosechadora.

La producción de biomasa de las diferentes variedades se incluye en el Cuadro 2. Se destacó la alta población de tallos de las variedades CC 91-1945 y CC 92-2677, lo que contrastó con la escasa población de la variedad CC 93-4223. La alta población de tallos de la variedad CC 91-1945 no se reflejó en la producción final debido a que el peso de los tallos fue menor que en las variedades restantes, especialmente CC 85-92 y CC 92-2198 que presentaron alto peso de tallos. Otras variedades con bajo peso fueron CC 93-4223 y CCSP 89-43. A continuación se presentan las variedades que presentaron los valores más altos y más bajos de las características de cultivo evaluadas:

Condición de cultivo	Condición por	variedades
	Valor más alto	Valor más bajo
Población de tallos	CC 91-1945	CC 93-4223
	CC 92-2677	
Peso de tallos	CC 85-92	CC 91-1945
	CC 92-2198	CC 93-4223
		CCSP 89-43
Diámetro de tallos	CC 93-4223	CC 92-2677
Longitud de tallos	CC 85-92	CC 92-2677
Volcamiento	CC 87-434 (57%)	CC 92-2311
	CC 85-92 (28%)	CC 92-2154
	CCSP 89-43 (20%)	CC 92-2358
	CC 92-2198 (18%)	CCSP 89-259
Producción de	CC 92-2198	CC 87-434
residuos	CC 85-92	CC 91-1999
	CC 92-2677	

Cuadro 2. Condición del cultivo antes de la cosecha. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

						V	ariedade	es CC					CC	SP	D 11
Variables	85-92	87-434	91-1880	91-1945	91-1999	92-2154	92-2198	92-2311	92-2358	92-2393	92-2677	93-4223	89-259	89-43	Promedio general
Tallos															
Evaluados (no.)	39	34	47	51	39	38	37	45	31	43	48	26	41	35	39
Erectos (%)	72.1	38.2	92.6	100	97.4	100	82.2	93.3	100	100	100	90.2	100	80	88.2
Tendidos (%)	9.1	20.6	7.4	0	2.6	0	16.4	0	0	0	0	9.8	0	20	5.9
Caidos (%)	18.8	36.8	0	0	0	0	1.4	6.7	0	0	0	0	0	0	5.7
Peso (kg)	102	88	86	68	81	82	102	80	71	74	70	60	78	63	81
TCH	193	167	165	130	154	156	193	153	136	142	134	115	148	119	155
Long. U.C.*	352	330	321	241	265	300	335	297	276	245	236	280	315	324	299
Long. P.Q.*	310	299	273	211	226	267	294	256	243	219	202	247	270	279	262
Diámetro (cm)	32	32	32	34	32	34	33	32	35	32	30	37	31	30	32
Hojas verdes/tallo	8	8	8	8	10	8	8	7	8	9	8	7	7	9	8
Hojas secas/tallo	19	13	13	20	15	21	15	13	22	13	21	16	16	15	17
Entrenudos/tallo	23	25	28	25	26	25	22	25	27	27	23	25	27	22	25
Cogollo (kg)	10.6	7.4	7.5	6.8	7.3	8.5	12.4	6.5	4.9	5.5	10.7	6.3	6.9	6.8	8
Hojas verdes (kg)	3.7	2.8	2	1.7	3	2.5	5.9	1.8	2.7	2.5	4.4	2.7	1.8	2.3	2.9
Hojas secas (kg)	13	9.6	12.6	10.4	6.5	10.8	9.9	10.6	9.6	9.2	13.1	10.5	10.4	9.7	10.7
T.M.E.* (kg)	0.6	0	2.2	0	0	0	0.6	0	0	0	0	1.9	0	1.8	0.5
Chulquines (kg)	0.8	0	1.1	0	3.1	1.1	0.7	4.1	0.5	3.3	0.4	5.3	6.3	1.9	1.9
Residuos (total, kg)	28.6	19.7	25.3	18.9	19.8	22.9	29.4	23	17.7	20.5	28.5	26.6	25.4	22.5	24
Residuos (t/ha)	54.4	37.6	48.2	36	37.7	43.5	55.9	43.7	33.6	39	54.3	50.7	48.4	42.8	45.6

<sup>\*</sup> U.C. = Último cuello visible.; P.Q. = Punto de quiebre.; T.M. = Total materia extraña.

#### Caracterización fenotípica.

Cuatro días antes de la cosecha, el Comité de Variedades de la industria azucarera, integrado por los jefes de agronomía de los diferentes ingenios, realizó una evaluación en campo de las características fenotípicas más sobresalientes de las variedades en el ensayo. Los resultados de esta evaluación fueron comparados con los de una evaluación similar realizada por el personal responsable de la cosecha mecanizada en el Ingenio Manuelita. El Comité consideró que por su buen fenotipo sobresalían las variedades CC 85-92 y CC 92-2198; la variedad CC 91-1945 presentaba el aspecto menos atractivo. Para el personal del Ingenio las mejores variedades por su aspecto fenotípico y de comportamiento en cosecha mecanizada fueron CC 92-2311, CC 92-2154 y CC 92-2358 y las peores CC 91-1945 y CC 85-92. La baja calificación de la CC 85-92 fue debida, posiblemente, a los antecedentes en campos comerciales donde muestra la producción de una alta cantidad de residuos poscosecha (Cuadro 3).

Cuadro 3. Condición fenotípica de variedades cuatro días antes de la cosecha. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

Variedades	<b>Calificación</b> <sup>a</sup>	Calificación <sup>b</sup>	Promedio ponderado
CC 85-92	4.5	2.0	4.2
CC 87-434	3.0	4.0	3.1
CC 91-1880	3.2	3.0	3.2
CC 91-1945	1.6	2.0	1.6
CC 91-1999	3.1	4.0	3.2
CC 92-2154	3.3	4.2	3.3
CC 92-2198	4.4	4.0	4.4
CC 92-2311	3.7	4.5	3.8
CC 92-2358	3.0	4.2	3.1
CC 92-2393	2.4	3.0	2.5
CC 92-2677	2.9	3.7	3.0
CC 93-4223	2.9	4.0	3.0
CCSP 89-259	2.9	4.0	3.0
CCSP 89-43	2.2	3.0	2.3

Escala de calificación: 5 = Excelente, 4 = Buena, 3 = Regular, 2 = Deficiente, 1 = Inaceptable.

Evaluación realizada por 27 técnicos del Comité de Variedades de la industria azucarera.

Evaluación realizada por tres técnicos que manejan la cosecha mecanizada en el Ingenio Manuelita.

#### Cosecha mecanizada y transporte.

Para la evaluación del desempeño de la cosechadora se utilizaron los parámetros:

**Tiempo de campo.** Es el tiempo que permanece la máquina efectuando la labor de campo, sin incluir el tiempo para su traslado 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). Es la cantidad de caña cosechada en la unidad de tiempo, considerando este último como el tiempo de campo.

Capacidad teórica de campo (t/h). Es la 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 combinada del Ingenio Manuelita varió desde 89% en la cosecha de la variedad CC 92-2198 hasta 46% en la variedad CC 92-2677 (Cuadro 4).

La cosechadora presentó los mayores atascamientos con la variedad CC 87-434 (9.2% del tiempo total) debido, posiblemente, al alto volcamiento de esta variedad; sin embargo, con la variedad CCSP 89-43, que es bastante erecta pero produce una alta cantidad de residuos, el atascamiento fue de 8.7%, similar al de la variedad anterior.

Las variedades CC 92-2154, CC 92-2311, CC 92-2358, CC 92-2393, CC 92-2677 (a pesar de la cantidad de hojas adheridas al tallo), CC 93-4223 y CCSP 89-259 también causaron atascamiento en la cosechadora.

Las mayores pérdidas de tiempo ocurrieron por giros, atascamientos y espera de vagones en el campo.

El tiempo de campo, la eficiencia de campo y la capacidad de campo fueron los parámetros de eficiencia más afectados por giros, espera de vagones y mantenimiento de la maquinaria en una parcela de 0.18 ha (Cuadro 5).

Cuadro 4. Eficiencia de campo y pérdidas de tiempo durante la cosecha mecanizada. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

	Eficiencia de campo		Pé	erdidas de tiempo (	%)	
Variedad	(%)	En giros	Atascamiento	Mantenimiento	En campo	Otras pérdidas
CC 85-92	73.5	12.0	3.5	0.0	2.0	9.0
CC 87-434	70.4	8.9	9.2	0.0	9.2	2.2
CC 91-1880	80.9	7.3	5.5	0.0	6.4	0.0
CC 91-1945	86.4	12.1	1.5	0.0	0.0	0.0
CC 91-1999	75.2	10.5	6.6	0.0	7.7	0.0
CC 92-2154	77.2	11.2	0.0	0.0	9.2	2.4
CC 92-2198	88.7	3.4	3.4	0.0	4.5	0.0
CC 92-2311	67.8	9.8	0.0	0.0	15.5	6.8
CC 92-2358	77.4	13.5	0.0	0.0	9.1	0.0
CC 92-2393	77.1	12.5	0.0	0.0	8.9	1.5
CC 92-2677	46.0	8.1	0.0	24.8	10.8	10.2
CC 93-4223	71.4	11.4	0.0	0.0	6.2	10.9
CCSP 89-259	53.7	7.2	0.0	10.9	21.3	6.8
CCSP 89-43	74.0	7.3	8.7	0.0	10.0	0.0

El resultado más significativo en esta evaluación fue la capacidad teórica de campo, destacándose el desempeño en cosecha de las variedades CC 92-2358, CC 92-2677, CC 92-2393 y CC 93-4223 en las cuales la cosechadora tuvo una capacidad teórica igual o superior a 44 t/h, debido, posiblemente, al menor tonelaje de caña producido y a la facilidad de desplazamiento de la máquina que alcanzó entre 2 y 2.4 km/h. Las variedades CC 92-2154 y CC 92-2311 mostraron una capacidad teórica de cosecha cercana a 40 t/h, con una buena producción de caña en la parcela.

En general, los valores de capacidad teórica de campo alcanzados con las diferentes variedades muestran que algunas de ellas, por su bajo nivel de volcamiento, buen deshoje, tallos de peso aceptable y baja producción de residuos, son adecuadas para la cosecha mecanizada (Cuadro 5).

Las variedades de mayor producción fueron CC 92-2198 y CC 85-92 y la de menor producción fue CC 91-1945. Debido a la utilización de diferentes tipos de vagones la densidad de transporte se expresó en t/m³, resultando que la variedad CC 91-1880 fue la que mejor se acomodó y la CC 91-1945 fue la de más difícil acomodamiento.

Los valores de capacidad teórica de campo obtenidos con las diferentes variedades en este ensayo muestran que algunas de ellas son aptas para la cosecha mecanizada debido a sus características agronómicas de bajo volcamiento, buen deshoje, tallos de buen peso y baja producción de residuos.

El contenido de materia extraña en la caña cosechada en forma mecanizada fue bajo, siendo igual o inferior al registrado en el corte manual.

De acuerdo con los resultados las variedades CC 92-2154, CC 92-2311, CC 93-4223, CC 92-2677 y CCSP 89-259 deben ser consideradas para futuros estudios a escala semicomercial en diferentes zonas agroecológicas.

Cuadro 5. Desempeño de la cosechadora de un surco. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

Variedad	Caña cosechada (t)	Densidad (kg/m³)	Tiempo de campo (min)	Tiempo teórico de campo (min)	Eficiencia de campo (%)	Capacidad de campo (t/h)	Capacidad teórica de campo (t/h)	Velocidad de trabajo (km/h)
CC 85-92	26.1	460.0	60.0	44.1	73.5	26.1	35.5	1.4
CC 87-434	24.7	498.1	58.4	41.1	70.4	25.4	36.0	1.5
CC 91-1880	22.1	618.4	44.0	35.6	80.9	30.2	37.3	1.7
CC 91-1945	19.9	383.5	39.0	33.7	86.4	30.7	35.5	1.8
CC 91-1999	25.1	496.3	53.3	40.1	75.2	28.3	37.6	1.5
CC 92-2154	23.0	478.1	45.6	35.2	77.2	30.2	39.1	1.7
CC 92-2198	26.6	443.2	64.6	34.6	53.6	16.7	31.2	1.2
CC 92-2311	23.8	463.8	52.8	35.8	67.8	27.1	40.0	1.7
CC 92-2358	22.3	429.6	39.4	30.5	77.4	34.0	43.9	2.0
CC 92-2393	20.8	399.2	33.6	25.9	77.1	37.1	48.1	2.4
CC 92-2677	22.3	511.0	62.8	28.9	46.0	21.3	46.2	2.1
CC 93-4223	21.3	515.0	38.5	27.5	71.4	33.1	46.4	2.2
CCSP 89-259	23.5	488.5	67.6	36.3	53.7	20.8	38.8	1.7
CCSP 89-43	21.7	496.5	62.0	45.9	74.0	21.0	28.3	1.3

#### Variedades evaluadas







CC 91-1880 CC 92-2311





CC 92-2198





CC 91-1999

CC 91-1945

CC 92-2154







Variedad testigo CC 87-434





CC 92-2358

#### Materia extraña.

En los vagones de transporte se tomaron dos muestras de 110 kg, aproximadamente, de cada una de las variedades, para determinar el contenido de materia extraña. Los resultados de la separación de los componentes de estas muestras aparecen en el Cuadro 6. Se observa que la variedad CC 92-2677 presentó el mayor contenido de materia extraña, mientras que la variedad CC 87-434 fue la más limpia. En general, la materia extraña fue inferior al 10%, y los principales componentes fueron residuos de cogollos, hojas y yaguas. La presencia de tallos secos, cepas, raíces y suelo fue bastante baja.

Distribución, en porcentajes, de los componentes de la materia extraña en variedades cosechadas con máquina. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

Variedad	Total de la muestra	Caña limpia	Materia extraña	Cogollos	Hojas y yaguas	Tallos muertos	Cepas y raíces	Suelo	Piedras	Otros objetos
CC 85-92	100.0	94.4	5.6	2.7	2.5	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0
CC 87-434	100.0	96.1	3.9	2.2	1.3	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0
CC 91-1880	100.0	93.4	6.6	4.2	1.3	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
CC 91-1945	100.0	94.8	5.2	3.4	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
CC 91-1999	100.0	91.9	8.1	4.7	3.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
CC 92-2154	100.0	95.7	4.3	2.9	1.1	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
CC 92-2198	100.0	90.4	9.6	4.6	4.3	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0
CC 92-2311	100.0	94.7	5.3	3.2	1.4	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0
CC 92-2358	100.0	95.5	4.5	2.7	1.2	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0
CC 92-2393	100.0	94.2	5.8	3.8	1.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
CC 92-2677	100.0	90.0	10.0	4.8	1.9	0.3	2.5	0.5	0.0	0.1
CC 93-4223	100.0	95.7	4.3	2.4	0.8	1.0	0.0	0.1	0.0	0.0
CCSP 89-259	100.0	94.3	5.7	3.3	1.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
CCSP 89-43	100.0	94.0	6.0	3.7	0.9	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0









CCSP 89-43 CCSP 89-259

#### Caña abandonada y residuos en el campo.

Se midieron en muestras tomadas en dos sitios de 10 m² en cada una de las parcelas. El promedio general de caña abandonada en el campo fue de 4 t/ha, un valor muy bajo que indica el buen manejo del cultivo y el buen desempeño de la cosechadora y de las variedades en este sistema de cosecha (Cuadro 7).

La variedad CC 91-1999 presentó la mayor cantidad de caña abandonada (10 t/ha), igual a la cantidad encontrada con variedades comerciales cultivadas en el Ingenio Manuelita.

Las menores cantidades de caña abandona (< 1 t/ha) se observaron con las variedades CC 92-2677, CC 92-2358 y CC 92-2154.

Las variedades CC 92-2198 y CC 85-92 produjeron y dejaron en el campo las mayores cantidades de residuos; mientras que CC 92-2393, CC 92-2358, CC 87-434 y CC 91-1880 dejaron volúmenes muy bajos e inferiores a los que normalmente se presentan en campos comerciales del Ingenio Manuelita.

Cuadro 7. Caña abandonada y residuos en el campo después de la cosecha mecanizada. Ingenio Manuelita, Valle del Cauca.

						•	Variedad	es CC					CC	CSP	Promedio
Variables	85-92	87-434	91-1880	91-1945	91-1999	92-2154	92-2198	92-2311	92-2358	92-2393	92-2677	93-4323	89-259	89-43	general
Caña abandonada															
Trozos															
(no.)	49	64	188	110	171	33	90	49	27	25	21	30	74	236	86.8
(t/ha)	1.7	1.5	4.2	2.6	5.3	0.8	3	1.3	0.6	0.7	0.4	1.2	2.2	5.2	2.3
Aderida al cogollo															
(no.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0.2
(t/ha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0
Tocones															
(no.)	36	97	14	24	104	4	3	25	9	12	0	0	24	5	23.8
(t/ha)	1	3	0.4	0.4	2.8	0.1	0	0.6	0.2	0.3	0	0	0.6	0.1	0.6
Larga sin cortar															
(no.)	0	3	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.6
(cm)	20.7	21.7	22.3	13.5	17.5	19	14.3	19.5	16	19	0	0	20	22.4	16.9
(t/ha)	0	0.2	0	0	0.4	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0
Larga cortada															
(no.)	20	28	17	4	16	0	3	10	0	0	0	1	9	13	8.3
(cm)	0	61	0	0	59	0	0	59	0	0	0	0	0	1.2	11.3
(t/ha)	4.2	3.2	2	0.4	1.6	0	0.7	1.4	0	0	0	0.2	1	1	1.1
Total															
(cm)	143	88	90	77.3	67.8	0	159.3	103.3	0	0	0	89	94	79.3	73
(t/ha)	6.8	8	6.5	3.4	10.1	0.9	3.7	3.5	0.8	1	0.4	1.4	3.9	6.4	4
Residuos															
Cogollos															
(no.)	12	12	12	25	71	26	22	8	12	13	19	15	19	24	21.4
(t/ha)	0.3	0.3	0.1	0.3	0.9	0.3	0.4	0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4	0.4	0.3
Material picado															
(t/ha)	24.1	16.4	14.5	18.8	19	18.6	33.5	21.2	14.3	15.3	20.6	19.2	20	20.3	22
Total															
(t/ha)	24.4	16.7	14.6	19.1	19.9	18.8	33.9	21.4	14.4	15.4	20.8	19.4	20.5	20.7	22.3

#### Productividad de las variedades.

La productividad de las variedades se determinó teniendo en cuenta el área de las parcelas (0.18 ha). La caña, una vez cosechada, fue pesada en báscula y se procedió a tomar muestras de 110 kg en los vagones, aproximadamente, para determinar la materia extraña presente y la composición química. Los análisis se hicieron en el Laboratorio de Química de CENICAÑA y los resultados aparecen en el Cuadro 8.

Se destacan las variedades CC 85-92 y CC 92-2198 por alta producción de toneladas de caña por hectárea (TCH) y la variedad CC 91-1945 por baja producción. Al combinar la producción de caña con el azúcar recuperable estimado (A.R.E. %) se forman claramente cuatro grupos con productividad similar (Figura 3): (1) variedades con producciones superiores a 1.29 toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM): CC 85-92, CC 87-434, CC 92-2311 y CC 92-2154; (2) variedades con producciones entre 1.13 y 1.18 TAHM: CC 92-2198, CC 91-1999, CCSP 89-259, CC 92-2677 y CC 93-4223; (3) variedades con producciones entre 1.02 y 1.07 TAHM: CC 92-2358, CC 91-1880, CCSP 89-43 y CC 92-2393; (4) la variedad CC 91-1945 con una producción menor que 1 TAHM.

Cuadro 8. Productividad de variedades. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

Variedad	TCH	A.R.E. (%)	TAH	TAHM
CC 85-92	146	12.7	18.5	1.33
CC 87-434	138	13.3	18.4	1.32
CC 92-2154	129	14.0	18.1	1.30
CC 92-2311	134	13.5	18.0	1.29
CC 91-1999	141	11.7	16.4	1.18
CC 92-2198	149	10.9	16.3	1.17
CCSP 89-259	132	12.3	16.2	1.17
CC 92-2677	125	12.7	15.8	1.14
CC 93-4223	119	13.1	15.6	1.13
CC 92-2358	125	11.9	14.9	1.07
CC 91-1880	124	11.7	14.5	1.04
CCSP 89-43	121	11.8	14.3	1.03
CC 92-2393	116	12.3	14.2	1.02
CC 91-1945	112	11.3	12.6	0.91
Promedio	129	12.4	16.0	1.15

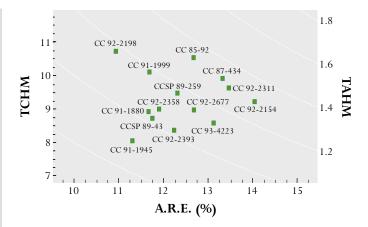


Figura 3. Curvas de isoproductividad de variedades. Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita.

#### Rentabilidad de las variedades.

La rentabilidad de cada una de las variedades evaluadas se calculó teniendo en cuenta los costos de las labores ejecutadas. En todos los casos se utilizaron los costos de los insumos y la mano de obra comunes en el Ingenio Manuelita. El costo de las labores de preparación y siembra se difirió entre cinco cortes.

Para el caso de tierras propias, el análisis de la rentabilidad de las variedades, expresada en porcentaje en relación con la rentabilidad de la variedad testigo CC 85-92, aparece en el Cuadro 9. Los costos de labores de campo, cosecha y fábrica se presentan por toneladas de caña y de azúcar. En el campo, las variedades CC 92-2198 y CC 85-92 presentaron los menores costos debido a su mayor producción de caña, mientras que la variedad CC 91-1945, por su baja producción de caña, fue la que presentó mayores costos. En la cosecha, las variedades de mejor rentabilidad fueron CC 92-2358, CC 92-2393, CC 92-2667 y CC 93-4223 debido al buen desempeño de la cosechadora como resultado de la mayor velocidad durante el corte y el acomodamiento adecuado de la caña en los vagones. En fábrica los costos correspondieron con los promedios en el Ingenio Manuelita y fueron similares para todas las variedades debido a que la cantidad de caña cosechada no fue suficiente para una diferenciación por variedad en fabricación del azúcar.

De acuerdo con los resultados anteriores, las variedades CC 92-2154, CC 92-2311, CC 87-434 y CC 85-92 presentaron el menor costo de producción de caña y de azúcar, a la vez que presentaron la mejor productividad.

Este menor costo de producción se tradujo en la mejor rentabilidad de estas variedades en comparación con las demás. Las variedades CC 91-1945, CCSP 89-43, CC 92-2198 y CC 91-1880 presentaron las menores rentabilidades.

Cuadro 9. Costos de producción y margen operacional de variedades (porcentaje relativo con respecto a la variedad CC 85-92). Hacienda Cascajal, Ingenio Manuelita (tierras propias: no incluye costos financieros ni de comercialización).

			Costos de producción y margen operacional (% con respecto a Co							
Variedades	ТСН	ARE (%)	Campo <sup>a</sup> (%)	Cosecha (%)	Fábrica <sup>b</sup> (%)	Costo total (col.\$/tc, %) <sup>c</sup>	Costo total (col.\$/ta, %)	Margen op. (col.\$/ta, %)		
CC 85-92	146	12.7	100	100	100	100	100	100		
CC 87-434	138	13.3	106	101	100	102	97	103		
CC 92-2154	129	14.0	114	98	100	103	93	106		
CC 92-2311	134	13.5	109	95	100	101	95	104		
CC 91-1999	141	11.7	104	98	100	100	109	92		
CC 92-2198	149	10.9	98	109	100	102	118	84		
CCSP 89-259	132	12.3	111	98	100	103	105	95		
CC 92-2677	125	12.7	117	90	100	102	102	98		
CC 93-4223	119	13.1	123	91	100	104	100	100		
CC 92-2358	125	11.9	117	92	100	103	109	92		
CC 91-1880	124	11.7	118	102	100	106	115	87		
CCSP 89-43	121	11.8	120	123	100	113	122	80		
CC 92-2393	116	12.3	126	90	100	105	108	93		
CC 91-1945	112	11.3	131	110	100	112	125	77		

- a. Costos de campo de la suerte 42A de Cascajal (años 2001 y 2002).
- b. Costos de fábrica del Ingenio Manuelita. Azúcar blanco y crudo acumulado a diciembre de 2002.
- c. tc = tonelada de caña. ta = tonelada de azúcar

#### **Conclusiones**

Los valores de capacidad teórica de campo obtenidos con las diferentes variedades en este ensayo muestran que algunas de ellas son aptas para la cosecha mecanizada debido a sus características agronómicas de bajo volcamiento, buen deshoje, tallos de buen peso y baja producción de residuos.

El contenido de materia extraña en la caña cosechada en forma mecanizada fue bajo, siendo igual o inferior al registrado en el corte manual. En las evaluaciones hasta ahora realizadas, el alto volcamiento de la variedad CC 87-434 no ha sido impedimento para su buen desempeño en la cosecha mecanizada.

Los resultados del presente estudio muestran que las variedades que tuvieron la mayor producción de caña (por ej., CC 92-2198 y CC 85-92) no fueron las más rentables debido a su menor contenido de azúcar, como sí lo fueron las variedades CC 92-2154 y CC 92-2311. Las variedades con mayor contenido de azúcar fueron las más económicas en la cosecha y el transporte. Se espera que la rentabilidad sea aún mayor cuando se tengan y analicen los resultados sobre los costos reales de la fabricación de azúcar.

De acuerdo con los resultados anteriores las variedades CC 92-2154, CC 92-2311, CC 93-4223, CC 92-2677 y CCSP 89-259 deben ser consideradas para futuros estudios a escala semicomercial en diferentes zonas agroecológicas.

# Fincas piloto en los ingenios Incauca S.A. y Riopaila S.A.

José Yesid Gutiérrez \*

El objetivo de las fincas piloto es impulsar el trabajo participativo entre productores, técnicos e investigadores para promover la adopción, el uso eficiente de paquetes tecnológicos y la toma de decisiones acertadas de acuerdo con las condiciones específicas de las unidades productivas, de manera que se contribuya a mejorar la productividad.

#### Introducción

Las fincas piloto son campos comerciales demostrativos donde se validan, valoran, ajustan y transfieren tecnologías de producción para el cultivo de la caña de azúcar. Su objetivo es impulsar el trabajo participativo entre productores, técnicos e investigadores para promover la adopción, el uso eficiente de paquetes tecnológicos y la toma de decisiones acertadas de acuerdo con las condiciones específicas de las unidades productivas, de manera que se contribuya a mejorar la productividad.

Entre junio y agosto de 2002 se establecieron dos fincas piloto en Incauca y en agosto se estableció una en el Ingenio Riopaila. De acuerdo con la metodología de trabajo se conformó un Comité Técnico con la participación de representantes de cada ingenio, transferidores e investigadores de CENICAÑA, y cañicultores e ingenios del área de influencia de las fincas.

Se están validando seis variedades de caña seleccionadas como promisorias para las condiciones de alta humedad en el suelo características de las fincas, así como alternativas de preparación y diseño del campo. Las cosechas se realizarán en verde y se llevarán a cabo las correspondientes pruebas de molienda. El ciclo de evaluaciones comprende cuatro cortes (plantilla y tres socas).

A continuación se presentan las características agroecológicas de cada finca y las generalidades del paquete tecnológico aplicado.

#### Características agroecológicas

En Incauca, las áreas piloto se establecieron en las zonas agroecológicas 9C4 y 5C3, suerte 040 de la hacienda Cachimbalito Sur (18.5 ha) con suelos de la consociación Juanchito-Cauquita (Entisols y Mollisols) y exceso de humedad entre 200 y 600 mm/año; y en la zona agroecológica 9C3, suertes 002 y 006 de la hacienda El Naranjo (10.3 y 10.8 ha) con suelos Puerto Tejada (Inceptisols) y Cabaña (Mollisols) y exceso de humedad entre 200 y 400 mm/año (Cuadro 1).

En el Ingenio Riopaila, las áreas piloto se establecieron en la zona agroecológica 7C3, suertes 022 y 023 de la hacienda Valparaíso (41 ha), en un Vertisols húmedo, consociación Burriga-Ingenio, con excesos en el balance hídrico entre 200 y 400 mm/año (Cuadro 1).

 <sup>\*</sup> Ingeniero Agrícola; Ingeniero de Transferencia. CENICAÑA < jygutierrez@cenicana.org >

Cuadro 1. Características agroecológicas de las fincas piloto en los ingenios Incauca y Riopaila

Ingenio/ hacienda	Área (ha)	Zona agroecológica	Suelo	Precipitación (mm/año)¹	Evaporación (mm/año)	Radiación solar (cal/cm²/día)
Incauca						
Cachimbalito Sur (suerte 040)	18.5	9C4 5C3	JN (Juanchito) CQ (Cauquita)	1392 (1990–2002)	1222 (1991–2002)	409 (1993–2002)
El Naranjo (suerte 002)	10.3	9C3	PJ (Puerto Tejada)	1501 (1990–2002)	1222 (1991–2002)	409 (1993–2002)
El Naranjo (suerte 006)	9.8	9C3	CA (Cabaña)	1501 (1990–2002)	1222 (1991–2002)	409 (1993–2002)
Ingenio Riopaila						
Valparaíso (suertes 022 y 023)	41.3	7C3	BU–IG (Burrigá–Ingenio)	1313 (1972–2002)	1638 (1988–2002)	407 (1993–2002)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> En los valores climatológicos, los números entre paréntesis indican el período de referencia.

#### Paquete tecnológico

Los componentes del paquete tecnológico para la adecuación de los campos y el manejo del cultivo fueron acordados durante las primeras reuniones del Comité Técnico. De acuerdo con las decisiones, de forma cooperativa con el Programa de Agronomía de CENICAÑA se adelanta un proceso de investigación participativa mediante el cual se evalúa el sistema de Surco Doble Modificado (SDM), con y sin siembra en el lomo, incluyendo la secuencia de labores y los implementos requeridos para surcar e incorporar los fertilizantes. Los riegos se programan con el sistema de balance hídrico y las recomendaciones de fertilizantes obedecen al análisis de suelos y a los niveles críticos establecidos por CENICAÑA. El Programa de Variedades recomendó las variedades

para cada sitio de acuerdo con los resultados obtenidos en pruebas regionales.



Visita del comité técnico al área piloto de Incauca.

Todas las cosechas se realizarán en verde y con el apoyo del Programa de Fábrica se llevarán a cabo las correspondientes pruebas de molienda en cada ingenio.

#### Preparación de suelos

Secuencias de labores realizadas en cada área piloto:

- Cachimbalito Sur, suerte 040: dos pases de subsolador de cinco vástagos, dos pases de descepada con rastra pesada, nivelación con buldózer, tres pases de pulida, surcado a 1.50 m, subsuelo topo con dos vástagos en el sentido de los surcos, cultivo—aporque.
- El Naranjo, suerte 002: un pase de subsolador de cinco vástagos (en la mitad del lote: 5 ha), dos pases de descepada con rastra pesada, dos pases de rastrillada, nivelación con buldózer, surcado: 5 ha con Surco doble Modificado (SDM: 0.80 [2] x 2.10 x 0.80 [2] x 2.10 x 0.80 [2] x 3.90 m) y 5 ha con distancia de 1.75 m, subsuelo topo en el sentido de los surcos. Incauca decidió sembrar dos surcos de maíz en las calles de 3.90 m (SDM).
- El Naranjo, suerte 006: igual secuencia de labores que en la suerte 002. El surcado se hizo a 1.75 m en 5 ha y con distancia de 1.40 m en las otras 5 ha.

• Valparaíso, suertes 022 y 023: tres pases de descepada con rastra pesada, dos pases de subsolador, un pase de subsolador topo, dos pases de rastro—arado, dos pases de rastrillada y surcado para siembra en el lomo: 20 ha con SDM (0.80 [2] x 2.10 x 0.80 [2] x 2.10 x 0.80 [2] x 3.90 m) y 21 ha con 1.75 m. El Ingenio Riopaila decidió sembrar un surco adicional de caña en las calles de 3.90 m (SDM).

#### Siembra

En todos los casos la siembra se realizó con paquetes de 30 trozos de semilla de 60 cm cada uno. La distancia entre paquetes fue de 14 m en Incauca y de 12 m en Riopaila. Junto con las variedades CC 84–75 y CC 85–92 se están evaluando las siguientes variedades seleccionadas como promisorias en pruebas regionales:

Cachimbalito Sur	El Naranjo	Valparaíso
CC 87-505	CC 93-744	CC 92-2198
CC 92-2198	CC 84-75	CC 93-7510
CC 93-4223	CC 85-92	CC 84-75
CC 93-4208		
CC 93-7510		
CC 84-75		
CC 85–92		

#### **Fertilización**

La fertilización se hizo con base en el análisis químico de suelos. En Cachimbalito y El Naranjo se aplicaron 350 kg/ha de Calfos al fondo del surco antes de la siembra; 65 días después de la siembra se aplicaron 350 kg/ha de úrea más potasio (100 kg de úrea + 250 kg de 28-0-23). En Valparaíso se aplicaron: 90 kg/ha de DAP en 13.5 hectáreas al fondo del surco al momento de la siembra y 90 días después se aplicaron 400 kg/ha de úrea, 100 kg/ha de cloruro de potasio y 23 kg/ha de Micronfos.

Para realizar la fertilización en el sistema del surco doble modificado se cambiaron las salidas del fertilizante en una abonadora convencional, como se muestra en la fotografía

#### Control de malezas

Se han realizado en promedio dos controles químicos de malezas y dos controles manuales; los productos utilizados han sido las mezclas convencionales manejadas por cada ingenio. Las principales malezas han sido: caminadora (*Rottboelia exaltata*), batatilla (*Ipomoea* sp.) y pajamona (*Leptochloa filiformis*)

#### Riegos

En Cachimbalito y El Naranjo se hicieron dos riegos de germinación por gravedad y en Valparaíso se hicieron tres por aspersión. Los riegos de levantamiento se aplican por surco alterno y para la programación se utiliza el programa Balance Hídrico v.3.0 desarrollado por Cenicaña.

#### **Evaluaciones**

Se realizan evaluaciones de población, altura y diámetro de tallos a los 6, 8 y 10 meses de edad del cultivo. A partir de los 10 meses de edad y cada 15 días se hace seguimiento a la maduración de cada variedad mediante determinaciones del contenido de sacarosa.

Durante la cosecha se evalúa el contenido de materia extraña, la cantidad de caña y residuos que quedan en el campo y la eficiencia de los corteros. Finalmente se determina la producción por suerte y por variedad.



## Tecnologías transferidas en los GTT

#### de Manuelita y Providencia durante el primer trimestre de 2003

Camilo H. Isaacs E. \*
Paula Uribe Jaramillo\*\*



Más de doscientos cañicultores, responsables de la producción en treinta mil hectáreas, participan en los seis Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) conformados mediante proyectos cooperativos entre CENICAÑA y los ingenios Manuelita y Providencia.

El programa de difusión e intercambio de información realizado durante el primer trimestre del año se basó en las prioridades tecnológicas de cada grupo e incluyó los temas de zonificación agroecológica, manejo de aguas, cosecha, variedades de caña y semilleros.

#### Generalidades

Los Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) son un medio de comunicación de CENICAÑA con los cañicultores para difundir las mejores prácticas y promover el uso de tecnología agrícola adecuada a las condiciones específicas de cada finca. Están integrados por cañicultores con intereses comunes cuyas unidades productivas se encuentran en zonas agroecológicas similares, representativas de cada ingenio.

La razón de ser de los grupos es el intercambio de información técnica y gerencial acerca de las mejores prácticas de cultivo, las cuales se analizan en términos de su efecto sobre la productividad, la rentabilidad y la protección ambiental en las zonas agroecológicas específicas.

Las actividades de difusión consisten en días de campo, conferencias y foros temáticos. Los eventos tienen lugar en fincas de los productores y en ellos participan los proveedores de caña de cada grupo; los profesionales de campo, cosecha, relaciones con proveedores y jefes de zona de cada ingenio; y los investigadores y profesionales de transferencia de tecnología de CENICAÑA. Las exposiciones del día están a cargo del cañicultor anfitrión, el profesional del ingenio líder en el tema y el investigador de CENICAÑA responsable de la temática. La logística de cada evento es coordinada por CENICAÑA y el ingenio a través del profesional encargado de las relaciones técnicas y administrativas con los proveedores de caña.

Las zonas agroecológicas más representativas en el área de influencia de los seis grupos son: (a) Ingenio Manuelita (82 productores, 18 mil hectáreas): GTT 1, zona 2C0; GTT 2, zona 6C0; GTT 3, zona 6C0. (b) Ingenio Providencia (124 cañicultores, 12 mil hectáreas): GTT 1, zona 2C0; GTT 2, zona 6C0; GTT 3, zona 6C1.

A continuación se relacionan los temas técnicos en torno a los cuales se reunieron los grupos de transferencia de tecnología durante el primer trimestre de 2003; en total se efectuaron veinte eventos.

<sup>\*</sup> Ingeniero Agrónomo; Jefe del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología (SCTT). cenicaña <chisaacs@cenicana.org>

<sup>\*\*</sup> Ingeniera Agrónoma; SCTT. CENICAÑA <pturibe@cenicana.org>

#### Zonificación agroecológica

La tercera aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca fue presentada a los cañicultores de cada ingenio con el propósito de difundir este conocimiento y resaltar su importancia para optimizar el proceso de toma de decisiones referentes a la ubicación de variedades y la selección de las prácticas agrícolas más adecuadas de acuerdo con el enfoque de la agricultura específica por sitio (AEPS).

Al final de cada conferencia se promovió la participación de los proveedores en un proyecto cooperativo con CENICAÑA y el ingenio respectivo, cuyo objetivo es adelantar el estudio detallado de los suelos en el área de influencia del cultivo.

#### Manejo de aguas

En total se realizaron seis eventos sobre manejo de aguas en las fincas de igual número de cañicultores, tres de cada ingenio, con el programa de día de campo, conferencias y foro de discusión. El objetivo principal de los eventos fue impulsar las mejores prácticas para contribuir con el uso eficiente del agua para riego:

- Balance hídrico para la programación.
- Diseño de los campos.
- Sistemas y métodos de aplicación.
- Control administrativo del riego.

A manera de ejemplo, en las Figuras 1 y 2 se presentan los niveles de difusión de los sistemas de programación del riego y los métodos aplicación en los distintos grupos, elementos de la caracterización de base adelantada durante 2002 a partir de la cual se estructuraron los contenidos de los eventos realizados.

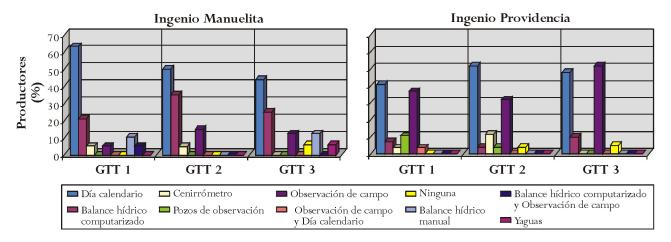


Figura 1. Sistemas de programación de riego utilizados por los productores de cada grupo GTT en los ingenios Manuelita y Providencia, 2002.

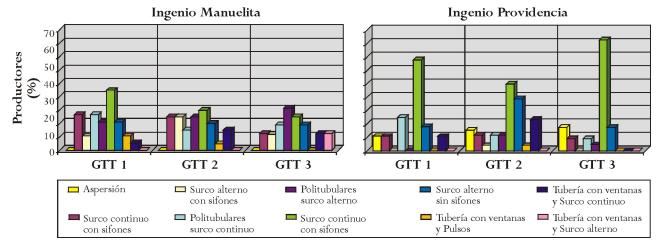


Figura 2. Metodos de riego utilizados por los productores de cada grupo GTT en los ingenios Manuelita y Providencia, 2002.

#### Cosecha

Con los GTT del Ingenio Manuelita se llevaron a cabo tres eventos acerca de los cambios tecnológicos en el manejo del cultivo y la cosecha surgidos a raíz del Convenio de Producción Limpia establecido entre la industria azucarera, las comunidades de influencia del cultivo y las autoridades ambientales.

De acuerdo con las necesidades de información expresadas por los cañicultores, el programa incluyó:

- Términos del Convenio de Producción Limpia y áreas de restricción de quemas.
- Diseño de los campos para favorecer la cosecha en verde.
- Evaluación de variedades para la cosecha en verde.
- Características de la cosecha manual y mecanizada en verde.

Con los grupos de transferencia de tecnología se fortalece el sistema de producción de caña y azúcar en el valle geográfico del río Cauca a través de la interacción entre cultivadores, técnicos e investigadores, y se contribuye a dinamizar el cambio y la innovación tecnológica como factores clave para la competitividad y la sostenibilidad del sector azucarero colombiano.

#### Variedades y semilleros

Los temas fueron desarrollados con los GTT del Ingenio Providencia durante tres eventos en los cuales se presentaron los proyectos conjuntos entre Cenicaña y el Ingenio para el desarrollo y la selección de nuevas variedades de caña, y se promovió la adopción de:

- La zonificación agroecológica como una herramienta de decisión para la ubicación correcta de las variedades.
- Variedades promisorias para las zonas agroecológicas 2C0, 6C0 y 6C1.
- Uso de semilla sana, libre de patógenos, tratada con agua caliente para asegurar la sanidad, la productividad y la sostenibilidad de las plantaciones de caña de azúcar.

#### Referencias bibliográficas

Carbonell G., Javier; Amaya E., A; Ortiz U., B.; Torres, J.S.; Quintero D., R; Isaacs E., C.H. Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercera aproximación. Cali, CENICAÑA, 2001. 59 p. (Serie Técnica, no 29)

Isaacs E., C.H.; Uribe J., P.T. Proyecto Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT). Caracterización de base de los grupos Ingenio Providencia S.A. (adopción de tecnología). Cali, CENICAÑA, 2002. 54 p. (Documento de Trabajo, no. 152)

Isaacs E., C.H.; Uribe J., P.T. Proyecto Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT). Caracterización de base de los grupos Ingenio Manuelita S.A. (adopción de tecnología). Cali, CENICAÑA, 2002. 55 p. (Documento de Trabajo, no. 153)

Isaacs E., C.H.; Uribe J., P.T. Grupos de transferencia de tecnología con el enfoque de agricultura específica por sitio. Cali, CENICAÑA, pag 23. (Carta Trimestral No 3 y 4, 2002)

## Boletín climatológico, primer trimestre de 2003

Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

Enrique Cortés B. \*

#### Primer trimestre de 2003

			Tempe	eratura (°C	<b>(</b> )		Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mí	nima	Media	Má	xima	Oscilación		Acumulado e		Media trimestre
Estación	Absoluta	Media	3 meses	Media	Absoluta	media diaria	(%)	(mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
	116	40.		24.4	2.4.0	12.5		222.6	d. /1	
Viterbo	14.6	18.5	23.3	31.1	34.0	12.7	80	233.6	* s/d	449.7
Risaralda	16.4	19.5	24.4	32.0	36.0	12.5	67	390.2	355.5	480.4
Cartago	17.7	19.8	24.6	32.2	35.5	12.4	75	152.0	* s/d	334.4
Zarzal	16.3	18.8	24.2	31.5	34.3	12.7	75	127.8	592.3	480.1
La Paila	17.1	19.5	24.1	31.3	34.2	11.8	73	229.9	402.9	370.4
Bugalagrande	16.8	18.8	23.8	31.4	34.3	12.6	76	225.1	411.4	357.2
Riofrío	15.8	18.5	23.6	31.3	34.6	12.8	76	187.2	347.9	413.1
Tuluá	15.9	18.8	23.6	30.7	33.7	11.9	77	200.3	409.5	480.1
Yotoco	15.4	19.0	24.1	31.0	33.4	12.0	73	177.3	394.2	448.2
Guacarí	16.5	19.2	24.0	30.9	33.4	11.7	82	93.3	695.0	549.2
Ginebra	16.4	18.9	23.4	30.4	33.0	11.4	78	186.4	380.2	423.3
Amaime	16.4	19.0	23.2	30.0	33.0	11.0	78	159.8	* s/d	210.7
San Marcos	16.4	19.3	24.2	31.0	33.6	11.6	83	94.5	639.6	467.1
Palmira - La Rita	16.2	18.7	23.1	30.4	33.0	11.8	88	153.7	437.1	447.6
Arroyohondo	16.3	19.0	23.9	30.4	33.5	11.4	81	104.5	389.2	407.6
Palmira - S. José	15.5	18.6	23.4	30.4	33.5	11.8	73	180.8	386.6	472.1
Aeropuerto	15.8	18.8	23.8	30.6	33.5	11.8	82	114.2	451.3	457.0
Base Aérea	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d	* s/d
Candelaria	16.5	19.1	23.8	31.0	34.1	11.9	73	140.6	550.3	478.1
Pradera	16.0	18.9	23.4	29.9	32.5	11.0	73	205.5	387.1	416.2
Meléndez	16.3	19.2	23.9	30.7	33.2	11.5	75	196.2	621.6	451.5
Cenicaña	16.5	19.2	23.6	30.2	32.7	11.0	80	157.7	378.7	418.7
Jamundí	15.4	18.7	23.6	30.6	33.2	11.8	80	186.9	376.8	* s/d
Bocas del Palo	15.6	18.9	23.5	30.9	33.8	12.0	76	106.3	371.3	431.5
Ortigal	16.4	19.0	23.7	30.9	33.5	11.9	77	190.6	349.7	439.3
Miranda	16.1	19.0	23.6	30.7	33.0	11.7	88	235.3	360.4	442.9
Naranjo	15.8	19.0	23.6	30.4	36.7	12.0	77	218.0	480.9	413.7
Corinto	16.1	18.9	23.5	29.3	32.0	10.2	71	287.7	383.6	430.8
Santander de Q.	16.3	19.0	23.5	30.0	32.8	11.0	89	403.7	360.2	410.3
Mínima	14.6	18.5	23.1	29.3	32.0	10.2	67	93.3	347.9	210.7
Media	16.2	19.0	23.7	30.8	33.7	11.8	78	190.7	436.5	428.9
Máxima	17.7	19.8	24.6	32.2	36.7	12.8	89	403.7	695.0	549.2
Total								5339.1	10913.3	
Convenciones	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

**Con negrilla:** dato incompleto \* s/d: sin dato

\* f/s: fuera de servicio

<sup>\*</sup> Ingeniero Meteorólogo, CENICAÑA <ecortes@cenicana.org>

Enero de 2003

	1//					relativa		PENMAN	solar	
						Oscilación		Totales me	Media diaria	
Estación	Absoluta	Media	mensual		Absoluta	media diaria	(%)	(mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
Viterbo	14.6	18.1	23.7	32.3	34.0	14.2	78	25.4	104.9	455.9
Risaralda	16.4	19.1	24.6	32.6	34.3	13.5	65	31.2	124.7	494.6
Cartago	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	26.0	*f/s	*f/s
Zarzal	16.9	18.4	24.3	32.1	34.3	13.7	67	1.6	154.2	470.6
La Paila	17.9	19.4	24.3	31.4	33.5	12.0	71	9.2	134.0	245.9
Bugalagrande	16.9	18.3	23.9	31.8	34.0	13.4	74	21.3	143.7	260.5
Riofrío	15.8	18.2	23.9	32.0	34.2	13.8	74	8.9	119.1	422.6
Tuluá	15.9	18.5	23.8	31.5	33.5	13.1	75	41.4	140.7	500.2
Yotoco	15.4	18.7	24.4	31.8	33.4	13.0	70	7.9	141.6	483.8
Guacarí	16.5	18.9	24.3	31.4	32.8	12.5	80	8.9	246.4	571.2
Ginebra	16.4	18.7	23.7	30.8	32.3	12.2	75	40.5	140.0	472.3
Amaime	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	41.0	*s/d	*s/d
San Marcos	16.6	19.1	24.4	31.4	33.4	12.2	82	7.1	226.2	489.9
Palmira - La Rita	16.2	18.2	23.2	30.8	32.8	12.7	87	11.2	153.2	461.2
Arroyohondo	16.3	18.8	24.1	30.7	32.3	11.9	80	9.1	144.8	433.9
Palmira - S. José	16.0	18.2	23.6	30.9	33.5	12.8	71	23.0	137.2	492.8
Aeropuerto	15.8	18.4	24.0	31.1	32.7	12.7	81	7.5	158.4	481.6
Base Aérea	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s
Candelaria	16.7	18.7	24.0	31.5	33.7	12.8	71	16.9	193.7	493.0
Pradera	17.3	18.7	23.7	30.4	32.2	11.8	70	88.9	141.5	448.5
Meléndez	16.9	18.8	24.0	31.1	32.5	12.3	74	41.6	210.9	464.5
Cenicaña	17.5	19.0	23.7	30.6	32.4	11.6	79	27.5	125.8	436.1
Jamundí	16.8	18.4	23.7	31.0	33.2	12.5	79	22.9	125.6	*s/d
Bocas del Palo	17.4	18.6	23.7	31.1	33.5	12.6	75	13.2	128.1	444.5
Ortigal	17.0	18.5	23.8	31.4	33.5	12.9	76	34.1	118.2	456.6
Miranda	16.2	18.4	23.6	31.2	32.8	12.8	87	114.7	129.7	462.1
Naranjo	17.5	18.7	23.6	30.4	32.3	11.8	*s/d	58.6	176.6	472.3
Corinto	17.3	19.0	23.7	29.7	31.3	10.7	70	40.6	135.6	455.4
Santander de Q.	17.1	18.6	23.6	30.4	32.2	11.8	88	104.4	125.4	437.5
Mínima	14.6	18.1	23.2	29.7	31.3	10.7	65	1.6	104.9	245.9
Media	16.6	18.6	23.9	31.2	33.1	12.6	76	31.6	149.2	452.3
Máxima	17.9	19.4	24.6	32.6	34.3	14.2	88	114.7	246.4	571.2
Total								884.6	3880.2	
Convenciones	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

<sup>\*</sup> s/d: sin dato

<sup>\*</sup> f/s: fuera de servicio

#### Boletín climatológico

#### Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

#### Febrero 2003

			Temper	atura (°C)	)	Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar	
	Mín	ima	Media Máxima		Oscilación		Totales mensuales		Media diaria	
Estación	Absoluta	Media	menseal	Media	Absoluta	media diaria	(%)	(mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
Viterbo	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	*s/d	125.0	*s/d	*s/d
Risaralda	17.3	19.7	24.5	32.1	36.0	12.5	67.0	178.5	109.3	466.7
Cartago	18.0	19.9	24.8	32.5	35.1	12.7	74.0	18.6	96.3	326.8
Zarzal	17.0	19.3	24.4	31.4	34.2	12.1	78.0	35.8	201.1	471.6
La Paila	17.7	19.8	24.3	31.3	33.9	11.5	73.0	52.9	121.5	371.9
Bugalagrande	16.8	19.2	24.0	31.3	34.2	12.1	77.0	80.7	123.8	361.5
Riofrío	16.5	18.8	23.6	31.2	34.6	12.3	77.0	103.0	104.5	396.5
Tuluá	16.4	19.1	23.6	30.4	33.7	11.3	78.0	94.6	125.9	464.1
Yotoco	17.4	19.0	24.0	30.8	33.2	11.7	74.0	83.3	115.1	419.3
Guacarí	17.2	19.4	23.9	30.7	33.4	11.4	83.0	55.3	208.4	528.7
Ginebra	16.9	19.1	23.5	30.3	33.0	11.1	79.0	64.3	116.2	400.6
Amaime	17.9	19.2	23.3	29.8	33.0	10.6	78.0	83.2	88.6	207.8
San Marcos	17.3	19.4	24.2	30.9	33.6	11.5	84.0	57.1	189.3	441.2
Palmira-La Rita	17.1	19.1	23.2	30.2	33.0	11.2	88.0	63.9	131.0	419.8
Arroyohondo	17.7	19.1	24.0	30.2	33.5	11.1	81.0	23.4	108.8	391.4
Palmira - S. José	16.8	19.0	23.4	30.2	32.8	11.2	73.0	76.7	116.1	447.8
Aeropuerto	16.4	19.1	23.9	30.5	33.5	11.4	82.0	47.4	136.4	434.3
Base Aerea	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s
Candelaria	17.0	19.4	24.0	31.0	33.7	11.6	72.0	40.1	166.3	459.8
Pradera	17.6	19.3	23.4	29.7	32.3	10.4	74.0	51.5	116.3	392.9
Meléndez	18.0	19.4	24.0	30.7	33.1	11.3	74.0	42.9	191.3	437.8
Cenicaña	17.7	19.5	23.7	30.1	32.4	10.6	80.0	35.6	116.6	394.6
Jamundí	17.2	18.9	23.7	30.5	33.1	11.6	80.0	100.7	117.6	*s/d
Bocas del Palo	17.5	19.2	23.6	30.8	33.8	11.5	76.0	51.4	112.5	415.7
Ortigal	17.9	19.4	23.9	30.9	33.1	11.5	76.0	40.6	103.8	418.7
Miranda	17.7	19.5	23.8	30.6	32.8	11.1	87.0	46.5	100.5	423.0
Naranjo	17.8	19.4	23.8	30.6	36.7	12.9	74.0	34.2	138.1	402.8
Corinto	18.6	19.6	23.7	29.2	31.4	9.6	71.0	52.3	112.7	407.3
Santander de Q.	17.6	19.5	23.7	30.1	32.6	10.6	89.0	83.2	107.1	385.5
Mínima	16.4	18.8	23.2	29.2	31.4	9.6	67	18.6	88.6	207.8
Media	17.4	19.3	23.8	30.7	33.5	11.4	78	65.1	128.7	411.1
Máxima	18.6	19.9	24.8	32.5	36.7	12.9	89	178.5	208.4	528.7
Total								1822.7	3475.1	
Convenciones	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
	Normal	Normal	Normal		Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
		J	,	J	J	,	,	,	,	,

Nota:

\* s/d: sin dato

\* f/s: fuera de servicio

Datos de estación Ginebra corresponden a 23 días Datos de estación Arroyohondo corresponden a 26 días Datos de estación Miranda corresponden a 25 días

#### Marzo de 2003

			Temper	atura (°C	)	Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar	
	Mín	nima	Media	Má	xima	Oscilación		Totales me	Media diaria	
Estación	Absoluta	Media	mensual	Media	Absoluta	media diaria	(%)	(mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
Viterbo	17.4	18.8	22.9	29.8	31.6	11.1	82	83.2	127.1	443.4
Risaralda	18.2	19.7	24.1	31.3	35.4	11.6	69	180.5	121.5	479.9
Cartago	17.7	19.7	24.3	31.9	35.5	12.1	76	107.4	112.3	342.0
Zarzal	16.3	18.8	23.8	31.0	33.9	12.2	79	90.4	237.0	498.0
La Paila	17.1	19.2	23.8	31.1	34.2	11.8	76	167.8	147.4	493.3
Bugalagrande	16.8	18.8	23.6	31.1	34.3	12.2	78	123.1	143.9	449.6
Riofrío	16.7	18.4	23.3	30.7	33.9	12.3	78	75.3	124.3	420.1
Tuluá	16.8	18.8	23.3	30.2	33.1	11.4	78	64.3	142.9	475.9
Yotoco	16.8	19.2	23.8	30.4	33.4	11.2	74	86.1	137.5	441.5
Guacarí	16.7	19.3	23.8	30.6	33.4	11.3	83	29.1	240.2	547.6
Ginebra	16.4	18.9	22.9	30.2	32.2	10.8	81	81.6	124.0	396.9
Amaime	16.4	18.8	23.1	30.2	32.9	11.4	78	35.6	102.0	213.5
San Marcos	16.4	19.5	24.1	30.6	33.6	11.1	84	30.3	224.1	470.2
Palmira - La Rita	16.4	18.7	23.0	30.1	32.8	11.4	89	78.6	152.9	461.8
Arroyohondo	16.3	19.0	23.7	30.2	33.1	11.2	82	72.0	135.6	397.5
Palmira - S. José	15.5	18.6	23.1	30.0	33.4	11.4	75	81.1	133.3	475.8
Aeropuerto	16.3	19.0	23.5	30.3	33.2	11.3	84	59.3	156.5	455.0
Base Aerea	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s	*f/s
Candelaria	16.5	19.2	23.5	30.6	34.1	11.4	75	83.6	190.3	481.5
Pradera	16.0	18.7	23.0	29.6	32.5	10.9	76	65.1	129.3	407.1
Meléndez	16.3	19.4	23.6	30.2	33.2	10.9	77	111.7	219.4	452.2
Cenicaña	16.5	19.2	23.4	30.0	32.7	10.7	82	94.6	136.3	425.4
Jamundí	15.4	18.9	23.4	30.3	32.7	11.3	81	63.3	133.6	*s/d
Bocas del Palo	15.6	18.8	23.3	30.8	33.3	11.9	77	41.7	130.7	434.2
Ortigal	16.4	19.1	23.5	30.4	33.1	11.4	78	115.9	127.7	442.7
Miranda	16.1	19.0	23.3	30.4	33.0	11.3	89	74.1	130.2	443.5
Naranjo	15.8	18.9	23.3	30.1	33.2	11.2	79	125.2	166.2	366.1
Corinto	16.1	18.2	23.1	29.1	32.0	10.2	73	194.8	135.3	429.6
Santander de Q.	16.3	19.0	23.2	29.6	32.8	10.7	90	216.1	127.7	407.9
Mínima	15.4	18.2	22.9	29.1	31.6	10.2	69	29.1	102.0	213.5
Media	16.5	19.0	23.5	30.4	33.3	11.3	79	94.0	149.6	435.3
Máxima	18.2	19.7	24.3	31.9	35.5	12.3	90	216.1	240.2	547.6
Total								2631.8	4189.2	
Convenciones	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
		Normal	Normal		Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Nota:

\* s/d: \* f/s: sin dato

fuera de servicio

Datos de estación Viterbo corresponden a 15 días Datos de estación Ginebra corresponden a 24 días



Si cambia de dirección postal, por favor, infórmenos. Sólo así podremos continuar enviándole esta publicación al lugar correcto.

Remita sus datos actualizados incluyendo: nombres y apellidos, cédula de ciudadanía, dirección postal y de correo electrónico, teléfono, fax.



Correos
de Colombia

Lisgamos a todo el mundo!

Llame gratis a nuestras nuevas líneas de atención al cliente

01800-915525
018000-915503

Visite nuestra página web www.adpostal.gov.co