

TEMAS

NOTAS TÉCNICAS E INFORMATIVAS

AVANCES DE INVESTIGACIÓN

Pérdidas de sacarosa en patios	8
Ecuación de pureza esperada	10

NOTAS DE INVESTIGACIÓN

Microsatélites	13
Factores que inciden en producción de caña y sacarosa	15
Seguimiento de la sacarosa en el proceso agroindustrial	18

INFORMES

Variedades de caña en la agroindustria, año 2000	23
Diagnóstico de enfermedades de la caña de azúcar	26
Clima en el valle del río Cauca durante el año 2000	30
Resumen climatológico Trimestre 1 - 2001	33

COMENTARIOS

Pérdidas indeterminadas	35
Mecanismo de desarrollo limpio	37
Sistema de gestión ambiental en el Ingenio Sancarlos	40



cenicana

**Centro de Investigación
de la Caña de Azúcar de
Colombia**

Ecuación de pureza esperada en mieles finales

La miel final es el producto que más aporta a las pérdidas de sacarosa ocurridas durante el proceso de elaboración. CENICAÑA, en cooperación con los ingenios locales, obtuvo dos ecuaciones de pureza esperada (target purity) ajustadas a las condiciones agroindustriales colombianas. Su aplicación ofrece índices confiables para evaluar la eficiencia del proceso de agotamiento.

Página 10



Servicio de diagnóstico de enfermedades de la caña de azúcar

Página 26

Producción comercial año 2000 Agroindustria azucarera colombiana

Variedad	Area cosechada (ha)	Edad corte (meses)	Corte (no.)	TCHM	TAHM	Rto (%)
CC 85-92	43,456	13.3	2.2	9.05	1.06	11.64
MZC 74-275	36,402	13.3	5.1	7.40	0.88	11.94
V 71-51	34,981	13.4	4.7	8.06	0.92	11.46
CC 84-75	18,304	13.2	3.1	8.01	0.91	11.36
PR 61-632	12,345	13.8	4.5	8.26	0.94	11.39
RD 75-11	11,137	13.1	3.8	6.93	0.75	10.84
Datos globales sector	181,575	13.3	3.8	8.09	0.93	11.56

Páginas 4 y 23



Cada momento tiene sus lugares REVOLUCION Cada lugar tiene sus momentos

Pensando en el origen de la palabra *revolución*, llegué a creer que ésta viene de *evolución* y que el *re* precedente indica *repetición*. Intuí que el significado de *revolución* podría ser *repetir la evolución*.

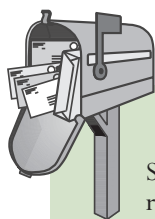
Luego, al buscar *evolución* en mi Pequeño Larousse Ilustrado (ed. 1981) encontré: *Acción y efecto de evolucionar*, es decir, *pasar por una serie progresiva de transformaciones*. Entonces volví a pensar y me pareció que sí, que existen ciclos de evolución y que luego de una etapa de transición comienza de nuevo la evolución.

En la agroindustria azucarera colombiana este inicio del año 2001 tiene visos de transición. Desde CENICAÑA vemos grandes posibilidades de evolución para la agroindustria si en conjunto logramos reconocer (y manejar con visión estratégica de largo plazo) las ventajas comparativas de los diferentes ambientes y tecnologías de producción.

Varios artículos en esta edición ofrecen bases para reflexionar sobre las oportunidades de evolución y sobre la responsabilidad de cada quien en el desarrollo sectorial con visión agroindustrial.

Bienvenido.

VICTORIA CARRILLO
Coordinadora editorial



Si cambia de dirección
remita sus datos a
buzon@cenicana.org

La Carta Trimestral
también en Internet
<http://www.cenicana.org>

Carta Trimestral
ISSN 0121-0327

Año 23, No. 1 de 2001

Comité Editorial

AIVARO AMAYA ESTÉVEZ
CAMILO ISAACS ECHEVERRY
LUPE BUSTAMANTE ALVAREZ
NOHRA PÉREZ CASTILLO
VICTORIA CARRILLO CAMACHO

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación Editorial: VICTORIA CARRILLO CAMACHO
Edición de textos: FRANCISCO MOTTA - VICTORIA CARRILLO CAMACHO
Diagramación, Prerensa e Impresión: FERIVA S. A. - CALI

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Centro Experimental San Antonio de los Caballeros, Vía Cali-Florida k.26
Oficina de Enlace: Calle 58 Nte. No. 3BN-110 Cali, Colombia
Teléfonos: (57-2) 6648025 Fax: (57-2) 6641936

La mención de productos comerciales en esta edición no significa recomendación ni difusión publicitaria, ni compromete de forma alguna a CENICAÑA con las consecuencias derivadas del uso de tales productos.

NOTAS TÉCNICAS E INFORMATIVAS

Variedad CC 89-2000 en prueba de fábrica

En enero de 2001, en el Ingenio Mayagüez se realizó una prueba de fábrica con la variedad CC 89-2000 cosechada a la edad de 13.3 meses con el sistema de corte manual verde limpio. Sembrada en la hacienda La Unión (Mollisol Palmira e Inceptisol Ricaurte), la variedad recibió 1 L/ha de madurador y produjo 121 toneladas de caña por hectárea con 13.6% de rendimiento en fábrica. La productividad en azúcar fue 16.46 t/ha (1.24 t/ha/mes). La labor de corte se realizó con una eficiencia de 3.7 t/hombre/día y el contenido de materia extraña vegetal en la caña para molienda no superó el 1.8%.



Para obtener más información sobre la variedad CC 89-2000 y sobre los resultados de esta evaluación, comuníquese con Carlos Arturo Viveros, fitomejorador, <cavivero@cenicana.org> teléfono (092) 6648025-ext 158.



Prosapia simulans (Homoptera: Cercopidae) sobre pasto. Tamaño: 7.8 mm

Plagas potenciales

Los salivazos (Homoptera: Cercopidae) conforman un grupo de insectos que son una plaga de la caña de azúcar en varios países de América tropical. En particular, la especie *Aeneolamia varia* ha tenido importancia económica. A lo largo del año 2000 se registró la presencia de individuos del salivazo *Prosapia simulans* en gramíneas que crecen en los callejones de los lotes de caña en varios sitios del Valle del Cauca. No se han visto insectos en la caña para azúcar pero existe un registro en caña panelera en la localidad de Yotoco, Valle del Cauca.

Detectado el insecto, se hicieron reconocimientos en varios puntos de la zona azucarera del Valle con resultados favorables hasta el momento. En el Ingenio Providencia se hallaron abundantes poblaciones del insecto en los pastos forrajeros.

Esta especie de salivazo, *Prosapia simulans*, se encuentra a nivel secundario en cultivos de caña de algunos países, por ejemplo Guatemala.

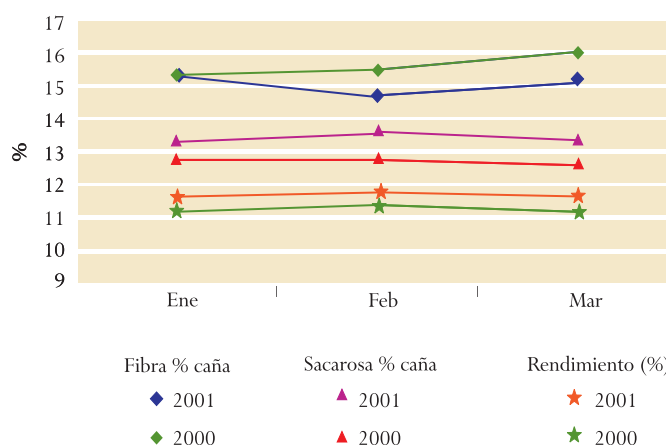
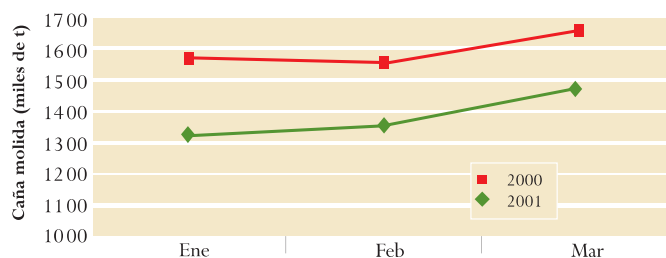
Para obtener información sobre el insecto o reportar su presencia en caña de azúcar comuníquese con Luis Antonio Gómez, entomólogo, <lagomez@cenicana.org> teléfono (092) 6648025 –ext.141

Cifras del sector azucarero colombiano

Análisis de molienda, enero-marzo 2001

Durante el primer trimestre de 2001 la industria registró una molienda acumulada de 4,128,991 toneladas de caña, para una producción de azúcar de 478,613 toneladas. El porcentaje de azúcar recuperado por cada tonelada de caña molida (rendimiento real con base en 99,7°) fue de 11.70%.

La molienda disminuyó en 654,018 toneladas con respecto al mismo periodo del año anterior debido a la producción de menos caña por hectárea y a la reducción del número de días hábiles de molienda. La producción de azúcar fue inferior en 12% (56,284 toneladas menos que en 2000), valor que no fue más alto gracias al incremento del rendimiento en azúcar (0.46 unidades porcentuales más). El mejor rendimiento se atribuye a la molienda de cañas con mayor contenido de sacarosa y a mayores niveles de recuperación de azúcar en las fábricas. Así, las toneladas de azúcar producidas por hectárea y por mes (TAHM) pasaron de 0.906 en el primer trimestre de 2000 a 0.933 en el 2001.



Análisis de la producción comercial, año 2000

En el año 2000 se cosecharon 21,267 suertes de caña de azúcar, que sumaron 181,593 hectáreas. Durante este año se cosecharon el mayor número de lotes y la mayor cantidad de área en la historia de la agroindustria azucarera colombiana.

Con respecto a 1999 se cosecharon 13.1 % más área (+21,127 ha) y 2429 suertes (lotes de caña) adicionales; se molieron 204,542 toneladas más de caña y solamente se produjo 3% más azúcar (+ 71,453 toneladas métricas valor crudo).

La productividad de la tierra disminuyó considerablemente en comparación con el año anterior: se produjeron 1.3 toneladas de azúcar menos por hectárea (casi 26 quintales de azúcar menos por hectárea) y las toneladas de caña por hectárea cayeron en 12.7, todo esto con una edad de corte de la caña igual entre los dos años.

La productividad de la tierra en el tiempo también descendió: se produjeron 93 kilos menos de azúcar por hectárea y por mes, y 940 kilos menos de caña por hectárea y por mes. Lo que mejoró fue la recuperación de azúcar por tonelada de caña molida: se recuperaron 1500 gramos adicionales de azúcar por tonelada de caña.

Estadísticas globales de producción comercial. Agroindustria azucarera colombiana, 2000

Información	Número de suertes cosechadas	Area Neta Cosechada (ha)	Edad de Corte (meses)	TCH ¹ cosecha	TCHM cosecha	TAH ²	qqHC ³ cosecha	TAHM	Rendimiento comercial (%)	Caña / azúcar ⁴	Corte ⁵
Total Sector	21,314	181,575	13.34	106.08	8.09	12.26	245.23	0.935	11.56	8.65	3.85
Zona Norte	5,204	37,697	14.17	103.78	7.53	11.92	238.34	0.867	11.49	8.70	4.39
Zona Centro	5,765	57,226	13.42	120.88	9.11	14.32	286.31	1.079	11.84	8.44	3.48
Zona Sur	10,345	86,652	12.89	97.25	7.65	11.05	220.94	0.869	11.36	8.80	3.92

1. Toneladas de caña por hectárea cosechada a la edad de corte promedio.

2. Toneladas de azúcar por hectárea cosechada a la edad de corte promedio.

3. Quintales de azúcar por hectárea cosechada.

4. Caña/azúcar: 1/Rdto. = Toneladas de caña para producir una tonelada de azúcar.

5. Número promedio de cortes de la caña cosechada.

Zona Norte: Ingenios Risaralda, Riopaila y Sancarlos.

Zona Centro: Ingenios Pichichí, Providencia, Manuelita y Central Tumaco.

Zona Sur: Ingenios Mayagüez, Central Castilla, María Luisa, Incauca y La Cabaña.

La Producción de Azúcar Orgánico en la Industria Azucarera de Colombia

Intercambio de variedades



De acuerdo con el convenio existente entre CENICAÑA y la Bureau of Sugar Experiment Stations-BSES de Australia, enviamos a ese país nuestras principales variedades: CC 84-75, 85-63, 85-92, 85-68, 86-33, 87-434, 89-2000, 91-1999 y CCSP 89-1997.

Los australianos, por su parte, enviaron a la Estación de Cuarentena Cerrada (ICA-Mosquera) las últimas 14 variedades entregadas allá a los agricultores: Q121, 127, 146, 151, 152, 155, 157, 159, 165, 170, 171, 172, 174 y 176. Todas las variedades llegaron en perfecto estado y se están desarrollando sin dificultad alguna en la localidad de Mosquera.

Victoria, JI; Briceño, CO; Calero, LM; Gómez, LA; Gil, NJ; Larrahondo, JE; Quintero, R; Villegas, F. CENICAÑA, 2000.



Esta publicación presenta los pasos críticos para la producción de azúcar orgánico, desde la preparación del suelo, el levantamiento del cultivo y la cosecha de la caña, hasta los procesos de elaboración industrial, empaque y transporte del producto. Incluye indicaciones sobre las normas internacionales que rigen la certificación de alimentos orgánicos, las cuales restringen el uso de productos químicos manufacturados y exigen tecnologías de manejo basadas en criterios de conservación ambiental. Analiza las dificultades previstas en el proceso de producción de caña y azúcar orgánicos y plantea propuestas de solución e investigación para superarlas.

Si usted es donante del Centro de Investigación y desea recibir sin costo un ejemplar comuníquese con Victoria Carrillo C. <vecarril@cenicana.org> Tel: (092) 6648025 –ext. 169

Control Administrativo del Riego: Preguntas y respuestas

Ricardo Cruz Valderrama *

CENICAÑA desarrolló en hojas electrónicas de Microsoft® Excel (v.5/95) una plantilla para el Control Administrativo del Riego. El objetivo es contar con índices de gestión de la labor que sirvan de referencia para mejorar la calidad del riego y reducir sus costos. La herramienta fue presentada en la Carta Trimestral 4 de 2000 y se encuentra disponible para los cultivadores donantes al centro de investigación.



Los cultivadores donantes pueden adquirir sin costo el programa de Control Administrativo del Riego comunicándose en CENICAÑA con Alcira Arias Villegas <aarias@cenicana.org> teléfono (092) 6648025 - ext. 169

Parte de la información básica para el control del riego se refiere a la fuente de agua utilizada.

¿Cuál es la forma correcta de registrar la fuente de agua cuando se hace ‘rebombéo’ de un pozo profundo?

Marcando “X” en dos casillas: “Fuente pozo” y “Fuente motobomba”; además, en el campo designado para *Observaciones* anotar que se trata de un rebombéo.

¿Cuál es la forma correcta de registrar la fuente de agua cuando se bombea desde un drenaje o desde un canal con aguas que provienen de un nacimiento natural?

Marcando “X” en la casilla “Fuente motobomba”.

¿Qué información se registra en la casilla “regador en sitio”?

Se indica la hora de llegada del regador al sitio donde se lleva a cabo el riego y la hora de salida del mismo regador una vez concluye la labor.

¿Qué información se registra en la casilla “tiempo que demora el agua en el surco”?

Número de horas y minutos que transcurren desde el momento en que el agua se sitúa en la cabecera del surco y el momento en que ésta llega a final del mismo. A manera de ejemplo, en el set o tanda de surcos que se riegan simultáneamente se toman los tiempos de tres surcos representativos y en la casilla respectiva se indica el tiempo promedio que demoró el agua en llegar al final del surco.

¿Cómo se determina la “duración total de los cambios de tendido” si, en la práctica, el agua no llega al final de los surcos al mismo tiempo?

Se debe procurar manejar el agua de manera que ésta salga casi al mismo tiempo de la mayoría de los surcos. Para calcular la duración total de los cambios de tendido debe sumar los tiempos empleados en cortar el suministro de agua a los surcos de un tendido y en colocar el agua en la siguiente tanda de surcos, durante la jornada de riego. Este tiempo puede ser significativo en el riego mediante bocas y sifones e insignificante en el riego por tubería rígida o flexible con ventanas.

¿Cuál es el “caudal por surco” que se registra cuando el riego de una plantilla se realiza por surco alterno?

En las plantillas que se riegan por surco alterno, el “caudal por surco” es igual a la mitad del caudal medido en uno de los surcos que transportan agua ya que, en este caso, con el agua de un surco se riegan dos. Por ejemplo, si el caudal medido en un surco es de 4 l/s, el valor que se registra en la casilla correspondiente debe ser 2.

¿Cuál es el “caudal por surco” que se registra cuando se riega una soca por surco alterno?

En socas, el caudal por surco depende del encalle de los residuos. Cuando los residuos están encallados al 2x1 (dos calles limpias y una con residuos), el riego también se realiza al 2x1 aplicando el agua en las calles sin residuos. Con este tipo de encalle, para calcular el “caudal por surco” se mide el caudal en un surco, el

* Ingeniero Agrícola, M.Sc. Ingeniero de Suelos y Aguas de CENICAÑA <jrcruz@cenicana.org> Tel. (092) 664 8025-Ext. 171

valor obtenido se multiplica por dos y luego se divide entre tres; el resultado se registra en la casilla correspondiente. Por ejemplo, si el caudal transportado por un surco es de 4 l/s, el valor que se registra es 2.7 l/s.

Con el encalle al 2x2 el caudal por surco promedio se multiplica por dos y luego se divide entre cuatro; con este sistema de encalle se presenta el problema de dejar dos surcos de por medio sin regar, lo cual afecta la uniformidad de la lámina de agua aplicada.

Finalmente, con el encalle al 4x1 el caudal por surco promedio se multiplica por tres y se divide entre cinco.

¿Cómo se determina la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) de un suelo?

CENICAÑA ha determinado las características hídricas de los suelos más representativos del valle del río Cauca mediante procedimientos de campo y de laboratorio. Los valores de LARA para los distintos suelos se presentan en el Cuadro 1. Estos valores se pueden usar siempre y cuando se programen los riegos siguiendo el balance hídrico y con la condición de ajustarlos posteriormente de acuerdo con la determinación hecha en el campo. El valor de LARA indica la cantidad de agua que debe reponerse en cada riego.

¿Cómo se diligencia el formato de control cuando se hacen dos o tres turnos de riego por día?

Es necesario diligenciar un formato de control por cada turno. En el riego con tubería rígida con ventanas, por ejemplo, se pueden tener tres turnos en 24 horas y es posible que en el primer turno se realice solamente la instalación y en los otros dos la aplicación; para efectos del control se diligencia un formato por turno, indicando en el primero de ellos que el turno se dedicó a la instalación del sistema (para lo cual se usa el espacio destinado a *Observaciones*).

Cuadro 1. Lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) de 28 suelos del valle del río Cauca.

Suelo	Textura	LARA (mm) 2-4 meses	LARA (mm) más de 4 meses
Argelia			
Vertic-Haplustoll	FAr-Ar	50	60
Bengala			
Vertic-Eutropept	F-Ar	55	75
Burriá			
Typic-Pelludert	Ar	45	70
Coke			
Fluvaquentic-Ustropept	FAr-Ar	55	75
Esneña			
Typic-Pelludert	Ar	50	70
Florida			
Entic-Haplustoll	FAr-A	45	65
Galpón			
Typic-Pelludert	Ar-FAr	45	70
Galponera			
Typic-Pelludert	Ar	45	70
Guadualito			
Fluvaquentic-Haplustoll	FAr-A	55	75
Herradura			
Udic-Pellustert	Ar-FArL	50	70
Japio			
Fluvaquentic Humitropept	F-FAr	50	70
Juanchito			
Vertic-Tropic-Fluvaquent	Ar-FAr	50	70
La Teta			
Fluventic Dystropept	F-FAr	50	70
Líbano			
Entic-Haplustoll	F-A	55	75
Manuelita			
Fluventic-Haplustoll	FAr-FA	55	75
Marruecos			
Vertic-Tropaquept	FarA-Ar	50	70
Nima			
Entic-Haplustoll	FAr-A	45	65
Palmaseca			
Petrocalcic-Natrustalf	F-FAr	50	70
Palmeras			
Vertic-Ustropept	F-Ar	50	80
Palmira			
Pachic-Haplustoll	F-Ar	50	70
Palmirita			
Cumulic-Haplustoll	FA-FAr	50	70
Pradera			
Vertic-Ustropept	FA-FAr	50	75
Pto. Tejada			
Vertic-Tropaquept	F-FAr	50	70
Ricaurte			
Vertic-Ustropept	Ar-FArL	50	75
Río Cauca			
Fluvaquentic-Haplustoll	FL-Ar	55	70
Río La Paila			
Fluventic-Haplustoll	FA-FAr	55	75
Río Palo			
Fluventic-Hapludoll	FL-Ar	55	75
San Julián			
Typic Tropudult	FAr-Ar	45	60

Pérdidas de sacarosa por la permanencia de la caña en patios de fábrica

Jesús E. Larrahondo *

Introducción

El proyecto sobre pérdidas de sacarosa entre cosecha y molienda, apoyado por Colciencias y varios ingenios azucareros de la región, ha permitido establecer los rangos de pérdida de sacarosa por efecto de la quema previa al corte y del tiempo de permanencia de la caña en el campo y en los equipos de transporte (vagones) (Larrahondo, 1998). Tres instrumentos han sido muy útiles en el seguimiento: el análisis directo vía húmeda (AD), la espectroscopía NIR y la cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC).

Metodología

Eventualmente se observan grandes arrumes de caña en los patios de las fábricas, especialmente los fines de semana o cuando hay paros de molienda. En la actualidad no se dispone de suficiente información sobre las pérdidas de sacarosa ocurridas en esta última etapa de la cosecha de la caña. Se llevó a cabo, por tanto, un trabajo de seguimiento de ese tipo de pérdidas con la cooperación de los ingenios Mayagüez y Central Castilla. Se estudiaron las variedades MZC 74-275 y CC 85-92, cortadas manualmente después de la quema y sin quemarlas (caña verde). Las edades de cosecha oscilaban entre 12 y 14 meses. De 1000 a 2000 toneladas de caña por cada variedad y por cada sistema de corte fueron apiladas en los patios en condiciones comerciales durante 24 horas. Porciones de esa caña alimentaron el conductor, las picadoras y los molinos durante una hora, operación que se repitió cada seis horas a partir del momento del apilamiento en los patios. Se tomaron muestras de jugo del primer molino y se analizaron en el laboratorio para determinar los porcentajes de sacarosa, pureza, azúcares reductores y dextranas.

Resultados

Los resultados generales de este estudio de apilamiento en las condiciones antes descritas se presentan en los Cuadros 1 y 2. Descontando el efecto de la quema en las pérdidas de sacarosa, que según otros estudios oscilan alrededor del 3% (Larrahondo, et al 1997), las mayores pérdidas observadas en este estudio ocurrieron entre las 12 y las 24 horas después del apilamiento.

Con caña verde las dos variedades dieron las menores pérdidas totales de sacarosa y la mejor estabilidad de la pureza, resultado que se considera importante.

La relación de estos resultados con los obtenidos anteriormente (Larrahondo, 1998) lleva a concluir que las pérdidas de sacarosa en 24 horas de arrumes en patios fluctúan entre 7.5% y 11.4% y equivalen a 72 horas de almacenamiento en los vagones o equipos de transporte (7.7% a 12%) o a 120 horas de apilamiento en el campo (6.3% a 14.3% de pérdidas). Se puede afirmar que las pérdidas de sacarosa de la caña durante un día de permanencia en los patios son equivalentes a las ocurridas durante cinco días de permanencia en el campo; por tanto, para contribuir a reducir e incluso minimizar las pérdidas entre el corte y la molienda es más conveniente dejar la caña cortada en el campo, en pequeñas 'chorras', que en grandes arrumes en los patios de fábrica.

El sistema de cosecha con corte verde limpio dio mayor estabilidad en la pureza de los jugos de la caña apilada y menor formación de dextranas que el sistema de caña quemada; esta ventaja del corte verde limpio permitiría garantizar caña de mejor calidad en la fábrica para obtener mayor rendimiento de sacarosa (Cuadro 2). Durante las diversas evaluaciones y en el seguimiento de

* Químico, Ph.D. Químico Jefe, Programa de Fábrica - CENICAÑA <jelarrah@cenicana.org>

Cuadro 1. Determinación de pérdidas de sacarosa por apilamiento de la caña en los patios de la fábrica, en el Ingenio Mayagüez.

Horas (no.)	Variedad CC 85-92						Variedad MZC 74-275					
	Sac. (% en caña)		Pureza (%)		Sac. (% pérdidas)		Sac. (% en caña)		Pureza (%)		Sac. (% pérdidas)	
	Q ²	SQ ³	Q	SQ	Q	SQ	Q	SQ	Q	SQ	Q	SQ
AC ¹	14.6	14.1	90.0	90.0	0	0	17.1	16.0	91.0	91.4	0	0
0	14.2a	14.1a	89.5a	89.0a	3	0	16.6a	16.0a	91.0a	91.4a	3	0
6	13.7ab	13.4a	88.9a	88.5a	6.5	4.9	15.9ab	15.0b	90.4a	91.4a	7.2	6.2
12	13.7ab	13.3a	88.3ab	87.9a	6.5	5.7	15.6ab	14.4b	90.0a	89.6a	9.0	10.0
18	13.6ab	13.4a	89.0ab	88.0a	7.2	4.9	15.6ab	14.8b	90.0a	90.4a	9.0	7.5
24	13.0b	12.9a	87.5b	88.7a	11.4	8.5	15.2b	14.8b	88.8a	90.9a	11.4	7.5

1. Datos de sacarosa y de pureza de la caña en el campo antes de la cosecha.
2. Q = caña quemada. Letras iguales indican diferencias no significativas a un nivel de confianza del 95%.
3. SQ = caña sin quemar. Letras iguales equivalen a diferencias no significativas a un nivel de confianza del 95%.

Cuadro 2. Azúcar recuperable estimado (ARE, %), niveles de azúcares reductores (coeficiente glucosídico) y dextranas detectadas en la caña durante su apilamiento en los patios de una fábrica.¹

Horas (no.)	Variedad CC 85-92						Variedad MZC 74-275					
	ARE (%)		C. glucosídico		Dextranas (mg/L)		ARE (%)		C. glucosídico		Dextranas (mg/L)	
	Q ²	SQ ³	Q	SQ	Q	SQ	Q	SQ	Q	SQ	Q	SQ
0	13.2 a	12.7 a	3.3	4.5	105	106	16.0 a	15.4 a	4.3	2.9	181	112
6	12.0 b	12.0 a	4.0	4.8	634	119	14.4 ab	14.0 b	3.2	3.1	184	121
12	12.5 ab	12.0 a	4.3	3.8	317	117	14.3 ab	14.0 b	4.6	3.8	261	227
18	12.2 ab	12.2 a	4.4	3.2	409	188	14.3 ab	14.2 ab	4.3	4.0	280	280
24	11.5 b	12.3 a	5.0	5.6	766	150	13.7 b	14.0 ab	4.7	4.0	290	230
Promedio	12.3	12.2	4.2	4.4	446	136	14.5	14.3	4.2	3.6	239	194

1. Los datos corresponden a diferentes lotes comerciales sembrados con la misma variedad de caña, con igual sistema de cosecha, y con una precipitación acumulada en un día desde 0.02 mm hasta 5.0 mm.
2. Q = caña quemada. Letras iguales indican diferencias no significativas a un nivel de confianza del 95%.
3. SQ = caña sin quemar. Letras iguales equivalen a diferencias no significativas a un nivel de confianza del 95%.

las pérdidas de sacarosa en los patios de la fábrica no hubo una notoria variación climatológica; sin embargo, se detectaron diferencias en la pérdida de sacarosa entre los arrumes que habían recibido mayor precipitación y los que fueron evaluados durante un día seco. Por ejemplo, la caña de la variedad CC 85-92, que se cosechó con quema y se apiló 24 horas en la fábrica bajo una precipitación de 5 mm, presentó una pérdida de sacarosa de 15.5%; esta pérdida fue menor (10.8%) en caña de la misma variedad apilada en un día seco (0.20 mm de precipitación).

Conclusiones

- No es deseable dejar grandes arrumes de caña en los patios de una fábrica más de seis horas;
- Si fuere necesario apilar la caña (aunque no es lo ideal), sería preferible coordinar las labores de cosecha para almacenar la caña en el campo o en los equipos de transporte.

Referencias bibliográficas

- Larrahondo, J.E. 1998. Pérdidas de sacarosa por arrumes de caña poscosecha. Carta Trimestral. Cali, CENICAÑA, v.20, no. 1, p.3-4
- Larrahondo, J.E; Palma Zamora, A.E; Briceño Beltrán, C.O; Luna González, C.A; Martínez, F; Llanos, F; Ospina López, O. 1997. Método para la determinación de pérdidas de sacarosa de la caña de azúcar después del corte. Cali, CENICAÑA, 16p. (Documento de trabajo no.354)

Ecuación de pureza esperada en mieles finales en Colombia (target purity): una herramienta para evaluar el proceso de agotamiento

Nicolás Javier Gil Zapata*
Carlos Omar Briceño Beltrán**
Alberto Palma Zamora***

Introducción

Se ha comprobado, a nivel mundial, que las mieles finales contribuyen con la mayor parte de las pérdidas de sacarosa en el proceso de elaboración del azúcar. Por esta razón, desde hace más de cuarenta años surgió el interés de conocer el grado máximo de agotamiento, o sea, el menor contenido de sacarosa que puede llegar a tener la miel final. El valor de ese menor contenido se conoce como pureza esperada (target purity) y se calcula mediante diversas metodologías. En unos casos, las mieles se agotan hasta un grado máximo desde el punto de vista técnico y económico (agotamiento práctico); en otros, se agotan hasta alcanzar el equilibrio entre la sacarosa presente en los cristales y la remanente en el licor (la miel). Este punto de equilibrio representa el valor mínimo de pureza esperada en la miel.

La capacidad de agotamiento de la sacarosa en las mieles finales ('agotabilidad') depende principalmente de la solubilidad de la sacarosa en la solución impura, la cual recibe el influjo de la temperatura y de la composición y concentración, en esa solución, de compuestos diferentes a la sacarosa. Se ha establecido que los azúcares reductores (glucosa y fructosa) disminuyen la solubilidad de la sacarosa y que la mayoría de las sales inorgánicas (cenizas) tienden a incrementarla.

Si bien es cierto que existen otras metodologías que permiten establecer el grado de agotamiento de las mieles con una aproximación aceptable, ninguna de ellas ofrece el grado de consistencia con el tipo de mieles y el nivel de eficiencia del proceso.

El rango de aplicación de la ecuación de pureza esperada no es universal porque la composición de las mieles finales varía de un sitio a otro por factores como la variedad de caña, las condiciones del suelo y su fertilización, el tipo de cosecha (caña quemada o sin quemar, cosecha manual o mecánica), el contenido de materia extraña en la molienda y el tratamiento a que es sometido el material en la fábrica en los procesos previos como la clarificación. Un factor adicional es el conjunto de procedimientos analíticos empleados para determinar la pureza esperada.

Por estas razones en Australia, en la República Sudafricana y en el estado de Hawai se han obtenido ecuaciones de pureza esperada que reflejan sus condiciones de trabajo; estas ecuaciones se han ajustado cuando las condiciones han variado sustancialmente.

* Ingeniero Químico. Ingeniero de Procesos, Programa de Fábrica-CENICAÑA <njgil@cenicana.org>

** Ingeniero Químico, MSc. Director Programa de Fábrica, CENICAÑA <cobricen@cenicana.org>

*** Matemático, MSc. Biometrista, Programa de Análisis Económico y Estadístico-CENICAÑA <aepalma@cenicana.org>

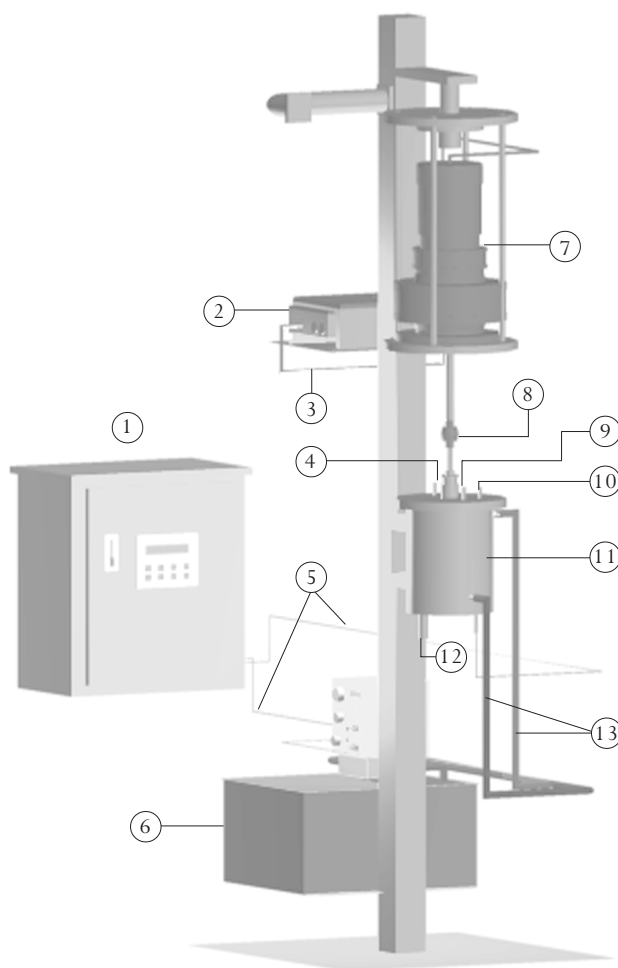
La diferencia que existe entre la pureza predicha por la ecuación y la obtenida operacionalmente en el ingenio es un índice que permite no sólo evaluar la eficiencia del proceso de agotamiento sino también conocer el potencial de mejora en la pureza de la miel final y los efectos asociados a cambios tecnológicos en el proceso de fabricación del azúcar.

Metodología

Los beneficios que se derivan de tener una ecuación de pureza esperada son evidentes y justificaron el desarrollo de ésta para las condiciones de agotamiento de las mieles de los ingenios colombianos. Se tomó por ello como referencia la metodología establecida por el Sugar Research Institute (SRI) de Australia, que consiste en determinar el máximo grado de agotamiento práctico de la miel para unas condiciones dadas de consistencia¹ y de tiempo de agotamiento (Miller et al, 1998).

Los experimentos se llevaron a cabo en un cristalizador experimental diseñado y construido por CENICAÑA a partir de planos desarrollados por el Sugar Milling Research Institute (SMRI) de la República Sudafricana.

La ecuación se estableció a partir de la información obtenida de agotar compuestos trimestrales



Partes del cristalizador

1. Controlador de temperatura (PLC)
2. Variador de velocidad
3. Señal de voltaje
4. Salida al manómetro
5. Señal de control
6. Baño termostático
7. Motorreductor
8. Agitador
9. Salida a la bomba de vacío
10. Alimentación de azúcar
11. Cristalizador piloto
12. Alimentación de miel
13. Entrada y salida de agua

Esquema del cristalizador experimental utilizado en los experimentos para definir la ecuación de pureza esperada (target purity) en la industria azucarera colombiana.

de mieles finales de 11 ingenios del sector, elaborados a partir de caña cosechada en condiciones climáticas imperantes en la región: alta y baja pluviosidad y condiciones normales. Con cada compuesto se realizaron tres ensayos de agotamiento a diferentes valores de la relación impurezas/agua ($\text{Materia seca - sacarosa} / (100 - \text{materia seca})$).

La ecuación de pureza esperada se estableció en términos de pureza real ($\text{sacarosa por doble polarización} / \text{materia seca}$) y términos de pureza aparente ($\text{sacarosa aparente} / \text{sólidos solubles}$, en °Brix).

Resultados

Se establecieron ecuaciones para dos condiciones de consistencia (100 y 250 pa.sⁿ) dadas las diferencias de tecnología (tachos y cristalizadores) en la región. Las mejores correlaciones se obtuvieron cuando las ecuaciones se expresaron en función de la relación *azúcares reductores/*

¹ En fluidos como la miel final, que no cumplen la ley de Newton, la resistencia a fluir se denomina consistencia y no viscosidad. El valor de n que acompaña las unidades que miden esa resistencia indica el tipo de fluido no newtoniano.

cenizas, cuyo valor en las mieles analizadas osciló entre 0.63 y 1.50; los mejores ajustes se obtuvieron en ecuaciones de tipo logarítmico, así:

A. Ecuaciones de pureza esperada a una consistencia de 100 pa.sⁿ (determinada esta última a 50°C):

$$\text{Pureza esperada real} = 38.5 - 7.7 \ln (\text{A.R./Cen.}) \quad R^2 = 0.59$$

$$\text{Pureza esperada aparente} = 40.5 * \exp^{-0.185 * (\text{A.R./Cen.})} \quad R^2_{\text{ajustado}} = 0.70$$

B. Ecuaciones de pureza esperada a una consistencia de 250 pa.sⁿ (determinada esta última a 50°C); se recomienda utilizarlas sólo cuando se haya alcanzado la pureza esperada con las ecuaciones anteriores:

$$\text{Pureza esperada real} = 35.8 - 6.3 \ln (\text{A.R./Cen.}) \quad R^2 = 0.32$$

$$\text{Pureza esperada aparente} = 30.6 - 7.9 * \ln (\text{A.R./Cen.}) \quad R^2_{\text{ajustado}} = 0.70$$

donde:

A.R. = azúcares reductores (método de Lane y Eyon)

Cen. = cenizas sulfatadas

Conclusiones

Las ecuaciones obtenidas presentan coeficientes de correlación (R^2) que no son muy altos (0.32 a 0.70); no obstante, son comparables a los que fueron hallados en otros países (0.40 a 0.55). Para mejorarlos, sería necesario considerar en la ecuación nuevas variables que actualmente no se determinan de manera rutinaria en los ingenios.

Para que se adopte esta ecuación de pureza esperada en los ingenios es preciso que la pureza aparente o la real, las cenizas sulfatadas y los azúcares reductores se determinen en la miel aplicando los métodos analíticos empleados en este trabajo de investigación. Se podrá establecer asimismo el índice de diferencia de pureza esperada (DPE) que se expresaría así:

$$\text{DPE} = \text{Pureza esperada} - \text{Pureza obtenida en el ingenio}$$

Si el índice es positivo, existe un potencial de mejora; si es negativo, el ingenio ha llegado al valor de pureza esperada que le corresponde de acuerdo con la materia prima procesada y la tecnología aplicada.

Establecida la ecuación de pureza esperada, en este proyecto se desarrollarán dos actividades: (a) el seguimiento de la adopción y la aplicación de la ecuación en los ingenios; (b) la validación de la ecuación a partir de nuevos compuestos de miel final, comparando los valores predichos por la ecuación con los obtenidos en el cristalizador experimental.

Referencias bibliográficas

- Gil, N.J.; Briceño, C.O.; Palma, A.E. 2000. Determinación de la pureza esperada (target purity) en mieles finales colombianas. En: Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar, 5, Cali, 4-6 octubre. Cali, TECNICAÑA (en CD)
- Miller, K.F.; Ingram, G.D.; Murry, J.D. 1998. Exhaustion characteristics of Australian molasses. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists. p.506-513.
- Sahadeo, P. 1998. The effect of some impurities on molasses exhaustion. En: Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, v.72. p.285-289.
- Smith, I.A. 1995. Exhaustibility of molasses with very low reducing sugar levels. Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association, v.69. p. 163-165.

Microsatélites: nueva herramienta para estudiar el genoma de la caña de azúcar

Andrés Mauricio Cerón G. *
Fernando Angel S. **

En todos los organismos vivos existe una estructura molecular llamada genoma que comúnmente se conoce como ADN (ácido desoxirribonucleico). El ADN está conformado por compuestos químicos llamados bases, cuya secuencia en la molécula del ácido determina los genes presentes en cada individuo. El genoma es entonces un conjunto de genes que contienen toda la información que necesita un organismo para su desarrollo, codificada en la secuencia estructural de las bases.

Los organismos pueden estudiarse a nivel del genoma. Para hacerlo se emplean fragmentos de ADN conocidos como marcadores moleculares, los cuales permiten marcar a nivel molecular los genes que interesan en la investigación. Los primeros marcadores moleculares fueron descritos en 1980 y se aplicaron a organismos vegetales a partir de 1983. Actualmente hay varios tipos de marcadores moleculares que han aportado información muy valiosa sobre el ADN de diversas especies vegetales; esa información ha servido al mejoramiento, a la fitopatología, a la medición de la diversidad genética y a otras aplicaciones científicas en las plantas.

Hay marcadores moleculares llamados microsatélites, que son altamente específicos (respecto a género y especie vegetal). Los microsatélites son secuencias de ADN compuestas de 2 ó 3 bases que se repiten un cierto número de veces, frecuencia o repetición que es diferente en cada individuo. En razón de su especificidad, estos marcadores tienen las siguientes aplicaciones: en humanos, para casos de paternidad y en medicina forense; en animales, para mejoramiento y selección de padres; y en plantas, recientemente, con fines de registro, de protección de variedades y para mejoramiento genético.

El Consorcio Internacional de Biotecnología de Caña de Azúcar (ICSB, en inglés) ha generado un grupo de microsatélites específicos del género *Saccharum*, al cual pertenece la caña de azúcar. Estos microsatélites no son de dominio público y CENICAÑA dispone de ellos porque pertenece al Consorcio.

Actualmente se están empleando estos microsatélites para caracterizar molecularmente variedades de caña de gran interés, como CC 85-92, MZC 74-275, CC 84-75, CC 89-2000, V71-51, CP 57-603 y 16 variedades más.

En la electroforesis de la Figura 1 se observan las bandas o fragmentos de ADN producidos por el microsatélite SMC 236 CG en un gel de poliacrilamida, el cual permite separar los fragmentos de ADN según su peso molecular.

* Químico. Joven investigador, Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA <amceron@cenicana.org>

** Biólogo Molecular, Ph.D. Biotecnólogo, Programa de Variedades-CENICAÑA <fangel@cenicana.org>

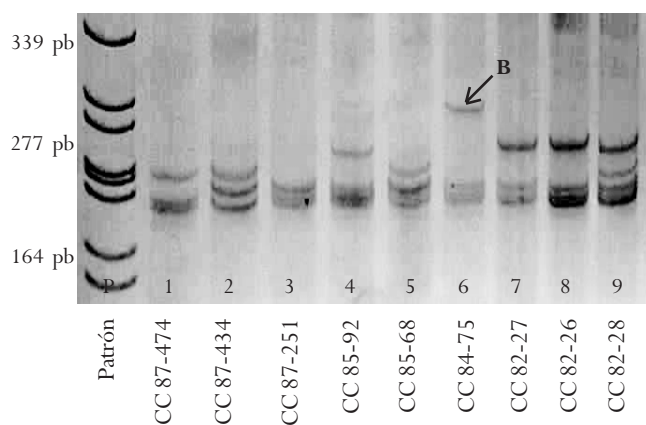


Figura 1. Electroforesis en gel de poliacrilamida de las bandas producidas por el microsatélite SMC 236CG.

En el gel se probaron 9 de las 22 variedades en estudio, cada una ubicada en un carril. El carril **P** contiene un patrón de peso molecular que nos permite calcular el valor (en bases, pb) de las bandas producidas en cada una de las variedades

estudiadas. En el carril **6**, por ejemplo, se encuentra la variedad CC 84-75 mostrando una banda (**B**) de 280 pb que tan sólo está presente en esa variedad.

La caracterización obtenida con microsatélites permitirá complementar los estudios realizados hasta ahora con otro tipo de marcadores moleculares; asimismo, los resultados que produzca esa caracterización podrán asociarse con características importantes, como resistencia o susceptibilidad a los patógenos (especialmente los responsables del raquitismo, la escaldadura y el amarillamiento de la hoja), alto contenido de sacarosa, deshoje fácil, floración y otras características de interés.

Además, los microsatélites proporcionan una identidad molecular única a cada variedad; por consiguiente, son la alternativa óptima para el registro y protección de las variedades.



La eficacia en la toma de decisiones en agricultura está directamente relacionada con la cantidad y calidad de la información técnica disponible para el agricultor y con su capacidad de usarla eficientemente.

CENICAÑA ha ampliado la cobertura de su información técnica y ha rediseñado sus publicaciones para hacerlas más accesibles y comprensibles.

***Apreciado lector:** para mejorar la capacidad de usar la información técnica en su unidad productiva divulgue esta publicación entre los integrantes de su organización y analice con ellos el contenido.*

Conceptualización acerca de los factores que inciden en la producción de caña y sacarosa

Oscar H. Daza *

Conceptos fundamentales

El cultivo de la caña de azúcar está expuesto a diferentes condiciones agroecológicas cuya variabilidad espacial y temporal es alta por naturaleza. Estas variaciones son incontrolables y se convierten en un fenómeno normal en un agroecosistema. La comprensión de ellas y de sus efectos en la producción de caña es limitada. Por tanto, es necesario desarrollar un conocimiento sistemático de estas variaciones con el fin de entender mejor el cultivo y diseñar sistemas administrativos más eficientes y productivos que incorporen esa variación en los agroecosistemas (Almekinders et al, 1995).

Se han propuesto diversas definiciones de un sistema:

- “Una parte limitada de la realidad” (Rabbinge et al, 1989)
- “un conjunto de componentes que interactúan entre ellos porque están conectados de tal forma que la variación o respuesta en el estado de uno de ellos afecta el estado de los demás” (Woods y Lawrence, 1997)
- “un conjunto de partes operativamente interrelacionadas, es decir, que unas partes actúan sobre las otras, y del cual interesa considerar fundamentalmente su comportamiento global” (Aracil, 1992);
- “un grupo de componentes que interactúan y operan juntos para lograr un propósito común, que son capaces de reaccionar como un todo frente a los estímulos externos, que no es afectado directamente por sus propios resultados, y que tiene un límite específico fundado en la inclusión de las fuentes de realimentación más relevantes” (Spedding, 1979).

Es posible tener, en sentido amplio, diferentes tipos de sistemas que describan las unidades operacionales de la agricultura, o sea, sistemas agrícolas; incluirían ellos todas las variaciones en tamaño y complejidad, como son empresas, fincas, plantaciones, agricultura regional y agricultura nacional. Tales son los sistemas

de producción de cultivos, los sistemas de producción en las fincas y los agroecosistemas.

Los sistemas de *producción de cultivos* están restringidos básicamente a un solo cultivo y se dedican, en principio, a sus actividades agronómicas y a su economía.

Los sistemas de *producción en las fincas* tienen que ver con las actividades agronómicas y la economía de diversos cultivos y con la interacción que se establece entre éstos; en estos sistemas predominan los aspectos administrativos o gerenciales, no los agronómicos.

Los *agroecosistemas* son los que han sido afectados o manipulados por el hombre para suplir sus propias necesidades (Rabbinge et al, 1989).

Producción de caña y sacarosa

La producción de caña y sacarosa tiene las características de un *sistema agrícola*. Ahora bien, antes de considerar sistemas más complejos, conviene definir el sistema de producción de caña y de sacarosa en su nivel más básico, destacando los fundamentos que rigen su comportamiento. Se recurre para lograrlo al enfoque del análisis de sistemas, que proporciona un marco de referencia para entender tanto el funcionamiento de un sistema como sus componentes. El interés primordial de este estudio es mejorar el conocimiento del sistema planta-ambiente; se requiere por ello un enfoque cuantitativo fundamentado en el conocimiento de los mecanismos que rigen el crecimiento y el desarrollo de las plantas. Esta investigación proporciona además un mejor entendimiento del sistema, el cual puede incorporarse en un modelo que prediga su comportamiento dado un conjunto de condiciones.

Los modelos matemáticos integran cuantitativamente los mecanismos o procesos en los diferentes niveles jerárquicos de un sistema para suministrar una

* Ingeniero Agrónomo, Ph.D. Investigador Modelos de Decisión, Programa de Análisis Económico y Estadístico-CENICAÑA
<ohdaza@cenicana.org>

explicación de su comportamiento. La abstracción de un sistema permite obtener un modelo que represente debidamente el sistema real. Esta acción puede dar una idea general de la importancia de un modelo, de su construcción y de su uso como herramienta de investigación (Rosenblueth y Norbert, 1945):

“Ninguna parte sustancial del universo es tan simple que pueda ser comprendida y controlada sin abstracción. Esta consiste en reemplazar la parte del universo que se considera por un modelo de estructura similar, aunque más simple. Los modelos. . . constituyen una necesidad fundamental del procedimiento científico”

Un modelo es una representación aproximada del mundo real. Estamos, por tanto, interesados en un modelo del cultivo de caña que sea una representación simple de este cultivo. Una vez se ha logrado que el modelo simule el mundo real adecuadamente y con suficiente confiabilidad, puede utilizarse repetidamente para hacer experimentación virtual y análisis *ex ante* en diferentes condiciones; así se determina la forma de manejar mejor el sistema y aun de controlar su comportamiento.

Se propone en este trabajo conceptualizar y construir un modelo que simule la producción de caña y de sacarosa, para que los investigadores de la industria azucarera tengan una herramienta de análisis que mejore los procesos de investigación y de toma de decisiones. Este tipo de herramientas ayudará a entender mejor las variaciones que experimenta la producción mencionada como efecto de la

interacción clima-variedad-suelo-manejo.

La producción de caña y de sacarosa es un proceso complejo que exige ser conocido cada vez más profundamente si se desea aportar los fundamentos requeridos para la formulación de un modelo de simulación. Para simplificar esta complejidad del proceso y ordenar ese conocimiento, de manera coherente y sistemática, es necesario referirse a la clasificación de los sistemas de producción agrícola según los niveles de producción y según los factores que participan en cada uno de estos niveles; dichos factores pueden distribuirse en tres grupos (Figura 1): los que determinan la producción dicha, los que la limitan y los que la reducen (Kropff et al, 1997; Rabbinge, 1993). Describamos cada grupo:

Producción potencial. Cuando se dispone de buena humedad y suficientes nutrimentos, la

producción potencial de caña y de sacarosa está *determinada* esencialmente por los siguientes factores:

- el clima y sus variaciones, principalmente en cuanto a la radiación solar, a la temperatura y al fotoperíodo;
- las características del cultivo (que están asociadas a la variedad) como la estructura y arquitectura de tallos y hojas, la población y distribución de los tallos, la capacidad de producción de biomasa y sacarosa, y los estados fenológicos (floración y maduración);
- la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Producción obtenible. Es la que depende de la acción de los factores que *limitan* la producción potencial, como son la disponibilidad de agua y de nutrimentos. Estos factores se manifiestan en problemas del cultivo como los siguientes:

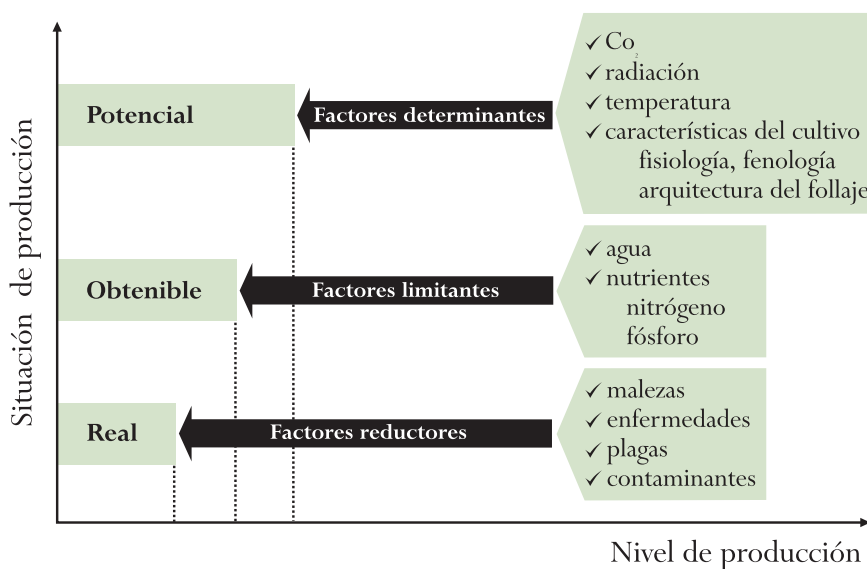


Figura 1. Relación entre los niveles de producción y los correspondientes grupos de factores que determinan, limitan y reducen la producción de cultivos. Adaptado de Rabbinge (1993).

- la disponibilidad de agua y su suministro, es decir, la cantidad, la frecuencia y la efectividad de las lluvias, la disponibilidad y la eficiencia del riego, y la calidad del agua;
- las características físicas y químicas del suelo, que son textura, estructura, profundidad, fertilidad, pH, constantes hidrofísicas, salinidad y concentración de sodio;
- la presencia de niveles freáticos elevados que son nocivos para el cultivo, lo que se relaciona con la existencia, la profundidad, la separación y la eficacia del sistema de drenaje;
- los factores que derivan del genotipo de la caña, como la floración temprana y el grado de erectilidad del tallo.

Producción real o actual. Es la que depende de la acción de los factores que *reducen* la producción obtenible, como los siguientes:

- malezas, plagas, enfermedades, agentes contaminantes y calamidades (inundaciones, heladas, tormentas y quemas accidentales).

Depende también de otros factores que son inherentes al sistema de producción, tales como:

- el nivel tecnológico, por ejemplo la disponibilidad de infraestructura de riego y de drenaje, el conocimiento del sistema;
- el nivel administrativo, en lo relacionado con el manejo del cultivo;
- algunos factores ambientales, económicos, políticos y sociales.

Si se adquieren buenos conocimientos sobre los niveles de producción de caña y de sacarosa, se podrán apreciar tanto la eficiencia de esa producción como las ausencias y deficiencias que tenga la productividad respectiva (caña y sacarosa). El cálculo de los valores de la producción potencial permitirá fijar los límites máximos de producción, que podrán alcanzarse si el cultivo goza de los siguientes beneficios: mejores condiciones de campo; agua y nutrimentos disponibles sin limitaciones y ausencia de plagas y enfermedades.

Un modelo del cultivo puede ayudar, en un comienzo, a obtener los siguientes resultados:

- mejor conocimiento de los factores que más influyen en la producción de caña y de sacarosa;
- identificación de los vacíos de información y de conocimiento de ese proceso de producción;
- reorientación, si es necesario, del método de investigación: por ejemplo, en la creación de hipótesis sobre las estrategias más eficaces (y eficientes) de producción, en el desarrollo de investigación virtual;
- aprovechamiento de las oportunidades existentes para incrementar la productividad (caña y sacarosa) y la rentabilidad del negocio del azúcar; una de ellas es el empleo de mejores prácticas de manejo de los recursos naturales disponibles: agua, suelo, variedades y el clima mismo.

Referencias bibliográficas

- Almekinders, C.J.M; Fresco, L.O; Struik, P.C. 1995. The need to study and manage variation in agro-ecosystems. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 43:127-142.
- Aracil, J. 1992. Introducción a la dinámica de sistemas. Alianza Universidad Textos, Salamanca, España.
- Kropff, M.J; Muchow, R.C; Rabbinge, R; Aggarwal, P.K. 1997. Limits to intensive agricultural systems and opportunities for sustainable agricultural development. En: Keating B; Wilson J (eds.). *Intensive sugarcane production: Meeting the challenge beyond 2000. Proceedings of the Sugar 2000 Symposium*. CAB International, Wallingford, U.K.
- Rabbinge, R. 1993. The ecological background in food production. En: *Crop protection and sustainable agriculture*. CIBA Foundation Symposium 177 reunido en Chichester, Inglaterra. Wiley and Sons, New York.
- Rabbinge, R; Ward, S.A; Van Laar, H.H. 1989. Simulation and systems management in crop protection. Pudoc, Wageningen, Holanda.
- Rosenblueth, A; Norbert, W. 1945. The role of models in science. *Philosophy of Science* 12(4):316-321.
- Rozeff, N. 1999. Limitations to cane and sugar production in the field. *International Sugar Journal* 101(1209E):450-452.
- Spedding, CRW. 1979. An introduction to agricultural systems. Applied Science Publishers, Londres, Inglaterra.
- Woods, R.L; Lawrence, K.L. 1997. Modeling and simulation of dynamic systems. Prentice Hall, New Jersey.

Seguimiento de la sacarosa en el proceso agroindustrial de producción de azúcar

Carlos A. Rebellón *
Carlos A. Luna *
Jesús Larrahondo *
Oscar Ospina **
Joaquín Tafur * *

Una de las variables más empleadas en el análisis de la productividad del negocio azucarero es el rendimiento comercial o porcentaje de azúcar recuperado por cada tonelada de caña molida. Sin embargo, al tratar de explicar el comportamiento de esta variable agroindustrial mediante el mes de cosecha, el año agrícola, el sitio específico, la variedad, la edad de corte y otros factores relacionados, la explicación es parcial porque tales factores sólo afectan de manera directa el desempeño del campo. En un trabajo reciente (Rebellón, 2000) se verificó que algunos modelos lineales que explican el comportamiento del rendimiento comercial incrementan esa explicación entre 60 y 80% cuando se introduce como factor determinante la sacarosa en caña medida en el campo.

Por lo tanto, un sistema de información para el manejo de la caña que sea específico por sitio no sólo necesita datos para clasificar las suertes según las condiciones agroecológicas y de infraestructura, sino que también requiere una valoración adecuada de la productividad en todo el proceso agroindustrial. Por ejemplo, la variación en el promedio del rendimiento comercial del sector azucarero colombiano entre 1999 y 2000 fue aproximadamente de 1.2%, mientras que la sacarosa aparente % caña creció en 0.76%. Lo anterior indica que analizar sólo variables de campo para calcular las variaciones del rendimiento reduce la precisión de la estimación.

Objetivos y métodos

Con el propósito de conocer el comportamiento de la sacarosa a través del proceso agroindustrial de producción de azúcar se realizó un análisis empírico con base en cuatro aspectos:

- El comportamiento de la sacarosa en el tiempo.
- Su relación con el rendimiento comercial.
- Su relación con la edad de corte de la caña.
- Las pérdidas de sacarosa en tres puntos del proceso.

Los cálculos y estimaciones se basan en datos de un ingenio piloto donde se hizo un seguimiento exhaustivo a escala comercial del contenido de sacarosa en la caña, desde que ésta se encontraba sembrada en el campo hasta que se entregó a la fábrica. Los análisis se realizaron por suerte (lote), con más de 2000 observaciones de la sacarosa en la caña antes de la

* En su orden: Economista, Joven Investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA; Ingeniero Agrónomo M.Sc., Director Programa Análisis Económico y Estadístico; Químico Ph.D., Químico Jefe, Programa Fábrica. Todos de CENICAÑA.

** En su orden: Químico, Jefe de Laboratorio; Ingeniero Agrónomo, Gerente Negocio Campo. Ambos del Ingenio Central Castilla.

cosecha y en la báscula antes de pasar a los molinos. Al agregar a esta información el promedio mensual de sacarosa aparente % caña -que resulta del balance en fábrica- y compararlo con el rendimiento comercial, se obtuvo un seguimiento completo de la sacarosa durante el proceso de elaboración del azúcar.

Este seguimiento no es del todo exacto debido a que los valores de sacarosa en campo y en báscula (Core Sampler¹) resultan sobreestimados por el método de medición (Rebellón, 2000) y por tanto las pérdidas estimadas entre la cosecha y la entrada a fábrica también resultan sobrevaloradas. Además, es importante anotar que el valor de sacarosa entrando a fábrica es un promedio mensual de todas las suertes del ingenio (balance por peso del jugo), mientras la sacarosa medida en la báscula es un promedio de los datos del muestreo que se hace de las suertes con el Core Sampler.

La Figura 1 ilustra el comportamiento mensual de la sacarosa en los puntos críticos de la producción de azúcar, entre marzo de 1996 y septiembre de 2000 en el ingenio analizado. En adelante, para simplificar la exposición la sacarosa medida en la caña en pie se denomina *campo*; la sacarosa medida en el Core Sampler se denomina *báscula*; la sacarosa estimada mediante el balance de fábrica se llama *fábrica* y el rendimiento comercial, *Rto*.

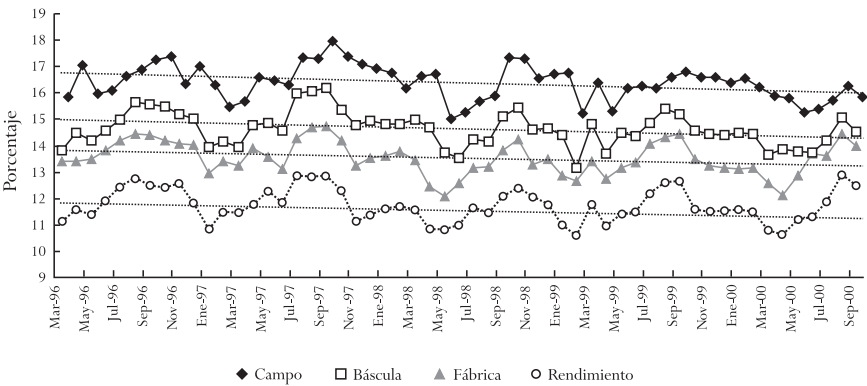


Figura 1. Evaluación de la sacarosa en diferentes puntos del proceso agroindustrial en el ingenio del estudio (1996-2000)

Comportamiento de la sacarosa en el tiempo

El valor de sacarosa en campo decreció a un ritmo de 0.0192 puntos mensuales desde septiembre de 1997, cuando se obtuvo el nivel máximo (17.95%). El patrón decreciente se expresa en el comportamiento anual de la sacarosa a lo largo de estos años (Cuadro 1). Se observa que el comportamiento de la sacarosa en campo en este ingenio difiere de la tendencia del sector, esta última definida por el balance de fábrica (Cuadro 2). Un aspecto importante del comportamiento de la sacarosa en el tiempo es su patrón estacional tan definido. Utilizando medias móviles de seis meses es posible observar la variación estacional de la sacarosa, que en el campo alcanza sistemáticamente los valores más altos en el segundo semestre de cada año (Figura 2).

Cuadro 1. Comportamiento anual de la sacarosa en campo entre marzo de 1996 y septiembre de 2000 en el ingenio del estudio.

Año	1996	1997	1998	1999	2000
Sac (% caña)	17.16	17.35	17.12	16.30	15.77

Cuadro 2. Comportamiento anual de la sacarosa aparente (balance de fábrica) entre marzo de 1996 y septiembre de 2000 para once ingenios del sector azucarero colombiano*.

Año	1996	1997	1998	1999	2000
Sac. aparente (%)	13.48	13.48	13.01	13.08	13.18

* Cálculos basados en datos del Sistema de Intercambio Mensual de Información Estandarizada Inter Ingenios. Fuente: Programa de Fábrica –CENICAÑA.

1 En el análisis directo por prensa hidráulica se asume que el jugo extraído es igual al jugo absoluto.

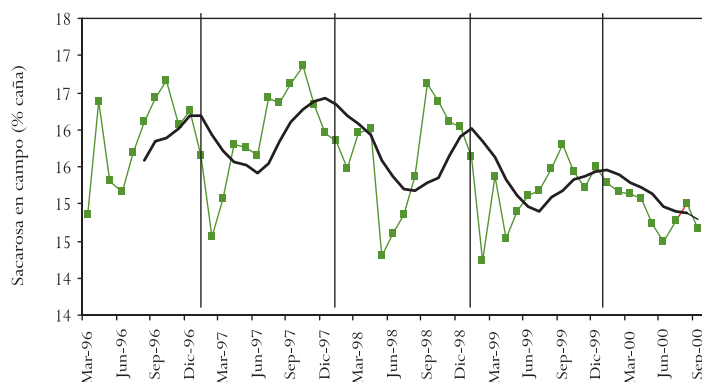


Figura 2. Estacionalidad de la productividad de sacarosa en el campo en el ingenio del estudio

Este comportamiento estacional de la productividad de la sacarosa en el campo se ha atribuido empíricamente al clima. Adicionalmente, se puede inferir que las decisiones de molienda en los ingenios afectan en forma positiva o negativa la variación estacional de la sacarosa, en tanto se aprovechan o desatienden las oportunidades de moler cuando el campo arroja su producción máxima. Esta particularidad de tomar decisiones de molienda sin considerar la estacionalidad de la sacarosa en el campo aumenta la incertidumbre sobre las verdaderas causas de las variaciones mensuales de la productividad agroindustrial, lo cual a su vez merma la efectividad de las decisiones basadas en el análisis retrospectivo.

Sacarosa y rendimiento

Las fluctuaciones de la sacarosa en campo se observan también en la sacarosa en báscula, en el balance de fábrica y, en menor grado, en el rendimiento final de azúcar (Figura 1). Con el propósito de cuantificar el grado de dependencia entre puntos de la cadena productiva, se calculó el coeficiente de correlación (R^2) de la sacarosa medida en cada uno de ellos, de manera que fuera posible verificar la magnitud con la cual el valor de sacarosa en campo afectó la productividad en el resto del proceso productivo (Cuadro 3).

Como se esperaba, la correlación es más elevada entre etapas inmediatas del proceso que entre etapas distantes; mientras la correlación entre campo y báscula es de 62%, entre campo y rendimiento es sólo de 28%. La correlación entre el valor de sacarosa

Cuadro 3. Correlaciones entre la sacarosa (%) estimada en tres puntos del proceso agroindustrial en el ingenio del estudio.

Campo	Báscula	Balance fábrica	Rendimiento
1.00	0.62	0.30	0.28
0.62	1.00	0.63	0.70
0.30	0.63	1.00	0.84
0.28	0.70	0.84	1.00

Un ingenio puede obtener la mayor producción de azúcar vía mayor recuperación de sacarosa si muele procíclicamente, aprovechando el comportamiento estacional de la sacarosa en el campo.

medido en la báscula y el rendimiento en azúcar es de 70% (no obstante que se calculan con diferentes métodos y están separadas por todo el proceso de fabricación), lo cual ofrece confianza a las estimaciones *ex ante* sobre el desempeño promedio de la fábrica en un período determinado tomando como base el contenido de sacarosa de la caña en báscula. Cabe anotar además, según las relaciones evaluadas, que para la agricultura específica por sitio es impreciso cimentar el análisis de la productividad en el porcentaje de azúcar obtenido por tonelada de caña molida (rendimiento) como único indicador.

Un ingenio puede obtener la mayor producción de azúcar vía mayor recuperación de sacarosa si muele procíclicamente, aprovechando el comportamiento estacional de la sacarosa en el campo. Desde esta perspectiva tiene más alcance proyectar las metas de producción desde el campo hacia la fábrica que en el sentido contrario.

Sacarosa en campo, pérdidas de sacarosa y edad de cosecha

Se analizó el efecto de la edad de corte de la caña sobre la productividad y las pérdidas de sacarosa, utilizando una ecuación de rendimiento en función de la edad estimada por Luna, et al (2000) para la variedad MZC 74-275. A partir de la ecuación se definieron tres intervalos de edad, para los cuales se estimaron los contenidos de sacarosa y las pérdidas industriales en el ingenio examinado (Cuadro 4). El valor máximo de sacarosa en campo se obtuvo con cañas cosechadas en edades entre 12 y 13 meses; en edades superiores la sacarosa disminuyó un poco, aunque no tanto como en edades más bajas.

Con respecto a las pérdidas de sacarosa entre campo y báscula se observaron diferencias según la edad, siendo mayor el porcentaje perdido en cañas

El valor máximo de sacarosa en campo se obtuvo con cañas cosechadas en edades entre 12 y 13 meses; en edades superiores la sacarosa disminuyó un poco, aunque no tanto como en edades más bajas.

mayores de 13 meses; lo anterior indica que, al menos en este ingenio, las cañas de edades superiores deben tener prioridad en las etapas de alce y transporte y por supuesto en la molienda. Las diferencias en sacarosa entre la báscula y el rendimiento final fueron idénticas en los intervalos de edades extremas (<11.9 y >12.9 meses) y registraron los menores descensos en la edad de máxima recuperación.

Para corroborar la observación de mayores pérdidas en cañas con alto contenido de sacarosa se estimó la probabilidad de que una suerte se mantuviera en el mismo cuartil² de resultados en la valoración de campo y báscula. Se estimó que suertes con sacarosa en campo igual a 17.4% tienen 54.8% de probabilidad de perder hasta 1.81 unidades de sacarosa al llegar a báscula, mientras aquellas con un valor promedio en campo de 15.77% tienen una probabilidad de 60.7% de perder hasta 1.73 unidades de sacarosa al llegar a la báscula (Figura 3).

Cuadro 4. Porcentaje de sacarosa y pérdidas de sacarosa según intervalos de edad de la caña cosechada (meses) en el ingenio del estudio.

Variable	Intervalos de edad de la caña al corte (EC)		
	EC<11.9	11.9≤EC≤12.99	12.99<EC
Sac. en campo (%)	16.32	16.89	16.65
Sac. en báscula (%)	14.63	15.03	14.79
Rendimiento (%)	11.85	12.29	11.98
Pérdidas entre campo y báscula (%)	10.36	11.01	11.17
Pérdidas entre báscula y rto. (%)	19.00	18.23	19.00

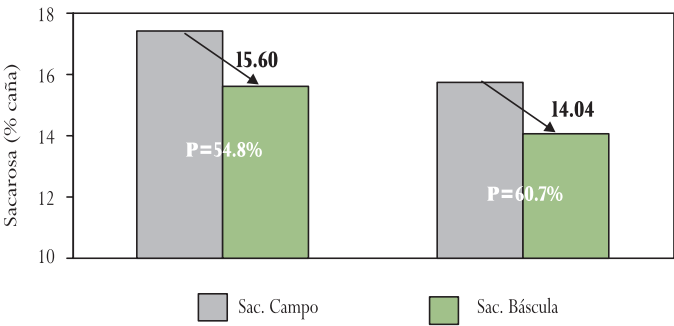


Figura 3. Sostenibilidad de porcentaje de sacarosa entre el campo y la báscula en el ingenio del estudio.

2 Mediante el análisis de cuartiles los datos se agrupan en cuatro rangos (0-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%) y, por ejemplo, si un resultado de producción pertenece al cuartil 3 significa que el 75% de los resultados son inferiores a éste.

Adicionalmente, se calcularon las pérdidas de sacarosa por suerte entre 1996 y 2000 para el ingenio del caso. Los resultados señalan las mayores diferencias absolutas y porcentuales entre los valores de sacarosa en báscula y los valores de sacarosa aparente en el balance de fábrica (Figura 4), seguidas por las pérdidas entre campo y báscula. En este análisis cabe recordar la sobreestimación de la sacarosa determinada en báscula (Core Sampler).

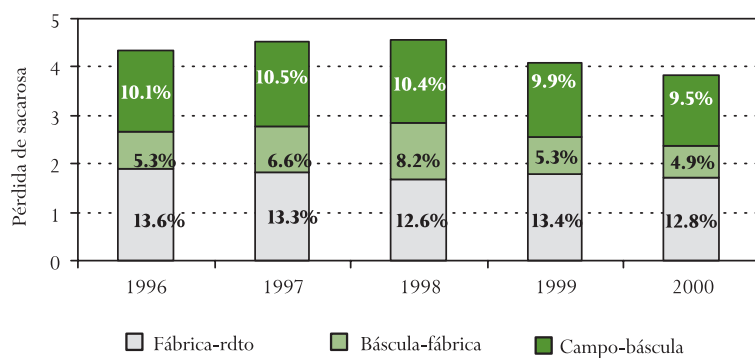


Figura 4. Pérdidas de sacarosa (absoluta y porcentual) en diferentes puntos del proceso agroindustrial.

Conclusiones

- Se demostró el comportamiento estacional (semestral) de la sacarosa en campo, con los menores valores durante el primer semestre de cada año.
- Se verificó que la estacionalidad del rendimiento en azúcar tiene alta dependencia de la estacionalidad de la sacarosa en el campo, al estimar una correlación alta entre la sacarosa en báscula y el rendimiento en azúcar ($R^2=70\%$).
- Debido a que el valor de sacarosa en campo y el rendimiento en azúcar guardan una relación de 28%, considerada baja, se concluye que no es confiable inferir recomendaciones de manejo del campo con base en el rendimiento como único indicador de éxito.
- Cortar la caña en edades cercanas a la edad de maduración óptima asegura contenidos de sacarosa altos en campo y menores pérdidas en los procesos subsiguientes, lo cual se traduce en mejores niveles de recuperación de azúcar.
- En el caso de estudio se observó una tendencia leve de mayores pérdidas de sacarosa en cañas con contenido alto de sacarosa en campo.

Referencias bibliográficas

- Larrahondo, J.E; García E, O. 1997. Análisis directo y determinación del azúcar recuperable de la caña de azúcar. Carta Trimestral CENICAÑA (Colombia). Cali, v.19 no.4 p.3–5.
- Luna, C.A; Moreno, C.A; Palma, A.E; Cabrera, V; Daza, O.H. 2000. La edad de la caña al corte y el rendimiento en azúcar. En: Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar, 5, Cali, 4-6 octubre. Cali, TECNICAÑA (en CD)
- Rebellón, CA. 2000. Análisis de las oportunidades para aumentar la productividad de campos sembrados en caña. Cali, Universidad del Valle, Programa Académico de Economía. 91p. (Tesis de Economista)
- Yamane, T. 1979. Estadística. Ciudad de México, Editorial Harla, 3a. ed. p.202-205.

Variedades de caña de azúcar en la agroindustria azucarera colombiana, año 2000

Carlos A. Luna G. *
Claudia Posada C. **

El año 2000 marca un hito en la historia de CENICAÑA y de la agroindustria azucarera colombiana, puesto que la variedad CC 85-92, desarrollada por investigadores colombianos y con inversión del sector productivo colombiano, llegó a ser la variedad más cosechada en la agroindustria y también la más productiva. El 24% del área total cosechada este año (43,500 ha) estaba sembrada con la variedad CC 85-92 en 5000 suertes.

Lo normal es que la variedad más cosechada ofrezca una productividad cercana al promedio total de la agroindustria. Pero este año con la CC 85-92 se logró una productividad en azúcar 12.5% superior al promedio general (Cuadro 1).

El único precedente acerca de un avance de esta magnitud ocurrió cuando la CP 57-603 reemplazó a la POJ 2878 a comienzos de los años ochenta. Estas variedades se usaron como “todo terreno” y estuvieron sembradas en un área entre el 65 y el 80% del total en caña. El mérito de la CC 85-92 radica en que, contando con apenas el 24% del área cosechada, aumentó la producción y la productividad de la agroindustria. Aumentó los promedios en 3.75 toneladas de caña por hectárea (TCH); 0.03 unidades porcentuales de rendimiento en azúcar;



CC 85-92

Cuadro 1. Ventaja en productividad de azúcar sobre el factor tierra de la variedad más cosechada con respecto al promedio de la agroindustria. Colombia, 1996-2000.

Variable	Año				
	2000	1999	1998	1997	1996
Variedad más cosechada	CC 85-92	MZC 74-275	MZC 74-275	MZC 74-275	MZC 74-275
Ventaja en productividad sobre el promedio de la agroindustria (%)	12.5	-3.9	1.0	0	0.3
Porcentaje del área cosechada con la variedad más cosechada	23.9	23.8	29.9	36.0	40.3

* Ingeniero Agrónomo, M.Sc. Director del Programa de Análisis Económico y Estadístico (PAEE) CENICAÑA.

** Economista. Economista del PAEE, CENICAÑA.

0.48 toneladas de azúcar por hectárea (TAH); 0.038 toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM) y 0.302 toneladas de caña por hectárea por mes (TCHM).

Dada la heterogeneidad de condiciones para la producción de caña en la región azucarera del valle del río Cauca, no se espera que la CC 85-92 llegue a ser sembrada en los altos porcentajes de área registrados con la POJ 2878, la CP 57-603 y la MZC 74-275. Es factible suponer que para la siembra de la CC 85-92 todavía exista un cierto grado de ensayo y error en el proceso de encontrar los sitios donde la variedad pueda expresar mejor su potencial productivo, situación que puede ir subsanándose en el corto plazo. Para los sitios donde la variedad no se esté comportando bien es imperioso acudir a los sistemas de información geográfica (SIG) y a los ejercicios de zonificación agroclimática en busca de mejores alternativas varietales, lo cual es consecuente con la agricultura específica por sitio.

Cuando se desarrolló la CC 85-92 todavía se estaba buscando una variedad de amplio grado de adaptación para los diversos ambientes que hay en el valle geográfico del río Cauca, lo cual se logró en gran medida (Cuadro 2).

En algunos ingenios esta variedad se ha difundido con más facilidad y efectividad que en otros, por su mejor adaptación y el manejo dado. Sin embargo, con la información actual sobre la heterogeneidad de la región azucarera (Cuadro 3), es posible intuir que debe haber algunos sitios no cubiertos con la investigación varietal, para los cuales es importante buscar alternativas pues la mejora en productividad que trae el cambio varietal es contundente.

La composición de variedades en el área sembrada para la producción de azúcar durante el año 2000 se presenta en los Cuadros 4 a 6. Las variedades CENICAÑA Colombia (CC) han ganado considerable importancia en los últimos años.

Cuadro 2. Diferencia en productividad de azúcar por hectárea de la CC 85-92 con respecto a la siguiente variedad más cosechada o a la más cosechada. Año 2000.

Código ingenio azucarero	Posición de la CC 85-92	Diferencia en TAH
1	2	1.60
2	2	3.51
3	2	1.56
4	2	2.42
5	4	1.05
6	2	1.76
7	1	2.46
8	3	3.97
9	3	2.70
10	1	1.07
11	2	3.27
12	1	2.22

Cuadro 3. Fuentes de variabilidad de la producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca.

Entidad	Fuentes de variabilidad
13 Ingenios azucareros	Espacial Temporal Manejo
57 Zonas agroecológicas	Espacial Temporal
274 Conjuntos y fases de suelos	Espacial Temporal
91 Variedades sembradas	Manejo
5 Formas de contratación de la tierra	Manejo
5 Grupos de productores tipificados	Manejo
Coficiente variación molienda mes: 10.4	Manejo

Cuadro 4. Distribución de las variedades CC, VIC y MZC en áreas de los ingenios azucareros, 2000.

Ingenio	Área con CC		Área con VIC		Área con MZC 74-275		Área sembrada (ha)
	(ha)	%	(ha)	%	(ha)	%	
1	7646	34.60	8960	40.55	2988	13.53	22,096
2	5029	41.22	4139	33.93	2656	21.77	12,199
3	11,585	50.37	9267	40.29	1330	5.78	23,000
4	5392	34.65	1731	11.13	6257	40.21	15,563
5	1585	42.60	1445	38.86	487	13.10	3720
6	9792	60.36	3938	24.28	1316	8.12	16,221
7	20,507	61.05	9382	27.93	2702	8.04	33,590
8	4768	39.46	4350	36.00	2420	20.03	12,083
9	7648	38.91	5707	29.03	4559	23.20	19,657
10	13,201	65.86	3305	16.49	2113	10.54	20,044
11	3003	42.77	1727	24.61	1668	23.77	7020
12	1403	90.93	42	2.74	98	6.36	1542
Total	91,559	49.03	53,999	28.92	28,600	15.32	186,742

Cuadro 5. Participación de las variedades principales (sembradas en áreas superiores al 1% del área total) en el área sembrada con caña de azúcar. Año 2000.

Posición obtenida en			Variedades	Área sembrada (ha)	Porcentaje en la industria	Diferencia en participación con 1999 (%) ^{1/}	Porcentaje acumulado
1998	1999	2000					
3	1	1	CC 85-92	59,154	31.68	8.70	31.68
2	3	2	V 71-51	31,173	16.69	-2.51	48.37
1	2	3	MZC 74-275	28,600	15.32	-5.38	63.68
4	4	4	CC 84-75	22,310	11.95	1.67	75.63
5	5	5	PR 61-632	12,152	6.51	-0.59	82.14
6	6	6	RD 75-11	9482	5.08	-0.86	87.22
8	7	7	CC 87-434	5040	2.70	0.20	89.92
7	8	8	MZC 82-11	2752	1.47	-0.20	91.39

Total área sembrada en caña: 186,742.62 ha
 Total área en renovación: 5,868 ha
 Total área en pancoger y pastos: 835 ha
 Total área próxima siembra + tierras nuevas 605 ha
 Total área cachacera: 5 ha
 Total área en potreros: 91 ha
 Área total disponible para el cultivo ^{2/}: 194,146.31 ha

Total área en variedades obtenidas por CENICAÑA: 91,558 ha
 Total área en variedades evaluadas por CENICAÑA: 53,999 ha
 Porcentaje en variedades obtenidas por CENICAÑA: 49.0 %
 Porcentaje en variedades evaluadas por CENICAÑA: 28.9 %

Total área en variedades obtenidas y evaluadas por CENICAÑA: 145,557 ha

^{1/} Diferencia entre el porcentaje del censo actual y el censo anterior.

^{2/} El término disponible encierra los terrenos sembrados con caña. Comprende el área sembrada, el área en renovación y aquella con otros cultivos de pancoger en suertes de caña.

Cuadro 6. Estadísticas descriptivas de producción comercial de las ocho principales variedades de caña de azúcar en la agroindustria azucarera durante el año 2000.

Variedad	Suertes Cosechadas (No)	Área cosechada (ha)	(%)	Tamaño de Suertes (ha)	Edad de corte	TCH Cosecha	TAH Cosecha	qqHC	TCHM	TAHM	RDTO (%)	Caña/ azúcar	Número de corte (Promedio)
CC 85-92	5016	43,456	23.9	8.7	13.3	118.3	13.8	275.5	9.05	1.056	11.64	8.6	2.2
MZC 74-275	3954	36,402	20.0	9.2	13.3	97.1	11.6	231.6	7.40	0.882	11.94	8.4	5.1
V 71-51	4087	34,981	19.3	8.6	13.4	106.3	12.2	243.9	8.06	0.924	11.46	8.7	4.7
CC 84-75	2562	18,304	10.1	7.1	13.2	103.9	11.8	236.2	8.01	0.911	11.36	8.8	3.1
PR 61-632	1489	12,345	6.8	8.3	13.8	112.7	12.8	256.5	8.26	0.938	11.39	8.8	4.5
RD 75-11	1378	11,137	6.1	8.1	13.1	89.3	9.7	193.7	6.93	0.751	10.84	9.2	3.8
CC 87-434	540	4,646	2.6	8.7	12.6	103.6	12.1	242.2	8.33	0.970	11.69	8.6	1.6
MZC 82-11	315	3,048	1.7	9.7	13.1	112.7	13.4	268.7	8.71	1.035	11.92	8.4	3.1

Servicio de diagnóstico de enfermedades de la caña de azúcar

María Luisa Guzmán R. *
Jorge Ignacio Victoria K. **

El laboratorio de Fitopatología de CENICAÑA presta desde 1985 el servicio de diagnóstico de las enfermedades más importantes de la caña de azúcar en Colombia. Los métodos directos utilizados para la detección de patógenos en los primeros años se reemplazaron desde 1999 por métodos serológicos, más sensibles y precisos.

Los principales antecedentes del servicio de diagnóstico ilustran la evolución de la sanidad del cultivo de la caña en la región azucarera del valle del río Cauca, entre 1985 y 2000.

Historia

- De 1985 a 1995 se evaluó únicamente la presencia del raquitismo de la soca (RSD), enfermedad causada por la bacteria *Clavibacter xyli* subsp. *xyli*. En ese tiempo era la enfermedad más importante para el cultivo de la caña por su alta incidencia y por los efectos que causaba en la producción (Victoria, 1985).
- En 1994 se registró por primera vez la escaldadura de la hoja (LSD) en Colombia en el Ingenio Sicarare (departamento del Cesar) y en 1995 se reconocieron los primeros síntomas de esta enfermedad en el valle del río Cauca. La enfermedad es causada por la bacteria *Xanthomonas albilineans*. Durante 1996 se estableció una metodología para diagnosticar, por métodos serológicos, esta nueva enfermedad (Guzmán et al, 1997).

- En 1998 se identificó el síndrome de la hoja amarilla, enfermedad causada por el virus ScYLV (sugar cane yellow leaf virus) y el ScBV (sugar cane bacilliform virus). Estos virus se habían registrado anteriormente en otros países pero no se tenía conocimiento de su presencia en Colombia (Victoria et al, 1998). Se normalizó entonces una metodología de diagnóstico y se empezó a prestar el servicio de evaluación de estas dos nuevas enfermedades virales de la caña de azúcar.
- En 1998 y 1999 se trabajó en una metodología eficiente para detectar simultáneamente los patógenos de cinco enfermedades: el raquitismo de la soca (RSD), la escaldadura de la hoja (LSD), el síndrome de la hoja amarilla (los virus ScYLV y ScBV) y el virus del mosaico de la caña (ScMV). Este último es responsable de la enfermedad de la caña más antigua que haya sido reconocida en Colombia, cuya incidencia disminuyó notablemente desde 1981 por el empleo de variedades resistentes.

Evaluación: métodos e incidencia

Se encontró que los métodos inmunoenzimáticos denominados ‘dot blot’ y ‘tissue blot’ son eficientes para determinar la presencia de estas cinco enfermedades; por tanto, a partir de 1999 se emplearon estas dos metodologías para evaluar los semilleros y las suertes comerciales de ingenios y cultivadores (Guzmán et al, 2000).

La Figura 1 presenta la incidencia promedio de raquitismo, escaldadura y síndrome de la hoja amarilla en las muestras provenientes de semilleros y suertes comerciales; las muestras pertenecen a las variedades más cultivadas durante los cinco últimos

* Bacterióloga. Microbióloga, Programa de Variedades-CENICAÑA <mlguzman@cenicana.org>

** Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Director Programa de Variedades-CENICAÑA <jivictor@cenicana.org>

años en el valle del río Cauca y fueron enviadas al servicio de diagnóstico de CENICAÑA durante el período 1996 - 2000.

Se observa que, en general, la incidencia de RSD en las variedades más cultivadas ha sido muy baja y, en el año 2000, solamente pasa del 1% en la variedad V71-51. La variedad CC 85-92 presenta, durante los años considerados, la incidencia promedio más alta de

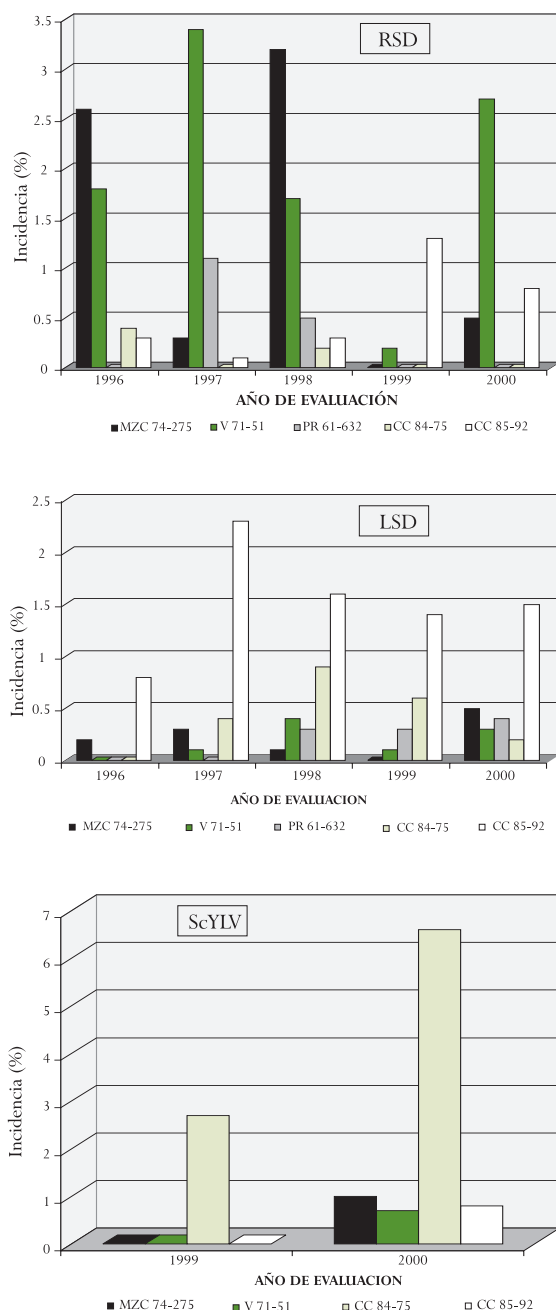


Figura 1. Incidencia del raquitismo de la soca (RSD), la escaldadura de la hoja (LSD) y el síndrome de la hoja amarilla (ScYLV) por variedad de caña. Industria azucarera colombiana 1996-2000.

escaldadura de la hoja (LSD) en las actuales áreas comerciales; no obstante, si se compara esta variedad con las otras cultivadas, la incidencia de la enfermedad permanece baja (menos de 1.5% en cuatro años). Este hecho indica que un control integral efectivo ha bajado la incidencia de LSD permitiendo que esta variedad, susceptible a esa enfermedad, ocupe actualmente el primer puesto en área sembrada en el valle del río Cauca. El síndrome de hoja amarilla (ScYLV) es actualmente la enfermedad de mayor incidencia en el cultivo de la caña; se observa un incremento notorio en el 2000 respecto al año anterior en las cinco variedades más importantes, principalmente en CC 84-75 que llegó a 6.5%.

En el Cuadro 1 se presentan datos generales sobre la incidencia de tres de las enfermedades anteriores en los 15 años considerados. Se observa claramente una disminución de la incidencia del raquitismo de la soca (RSD) en ese período, si se comparan estos resultados con las primeras determinaciones. La incidencia de LSD ha permanecido baja en semilleros y en suertes comerciales. Estos resultados se deben, sin duda, a tres prácticas: la campaña de establecimiento de semilleros limpios, el tratamiento de la semilla con agua caliente y la desinfestación de las herramientas de corte. El síndrome de hoja amarilla (ScYLV) presenta una incidencia alta desde las primeras muestras evaluadas por el servicio (año 2000); aparentemente, la enfermedad se había establecido con anterioridad en la región cañera del río Cauca, pero no se había registrado porque no se disponía de métodos adecuados para su detección.

En semilleros y en suertes comerciales la incidencia del síndrome de la hoja amarilla aumentó de forma notoria entre 1999 y 2000 en las cinco variedades más sembradas. Los porcentajes de incidencia de la escaldadura de la hoja y el raquitismo de la soca continuaron bajos en las muestras analizadas.

Cuadro 1. Incidencia del raquitismo de la soca (RSD), la escaldadura de la hoja (LSD) y el síndrome de la hoja amarilla (ScYLV) en semilleros y en campos comerciales de caña de azúcar. Industria azucarera colombiana 1985-2000.

Año	Incidencia en semilleros						Incidencia en suertes comerciales					
	RSD ¹		LSD ²		ScYLV ³		RSD		LSD		YLSV	
	Muestras (no.)	Promedio (%)	Muestras (no.)	Promedio (%)	Muestras (no.)	Promedio (%)	Muestras (no.)	Promedio (%)	Muestras (no.)	Promedio (%)	Muestras (no.)	Promedio (%)
1985	138	10.5										
1986	250	3.1										
1987	138	1.9										
1988	143	2.7										
1989	205	1.9					4	10.0				
1990	237	0.7					64	1.6				
1991	101	0.1					8	22.5				
1992	212	1.2					89	7.1				
1993	78	0.8					39	21.1				
1994	6	0					702	4.3				
1995	13	1.1					263	4.9				
1996	175	2.2	168	0			1329	1.5	630	0.3		
1997	173	0.4	171	0.6			528	1.1	366	1.3		
1998	282	0.1	228	0.8			535	0.7	672	0.8		
1999	95	0	98	0.3			212	0.6	746	1.1		
2000	229	0.1	232	0.6	534	2.1	795	0.6	855	1.0	140	4.3

1. RSD: Raquitismo de la soca 2. LSD: Escaldadura de la hoja 3. ScYLV: Síndrome de la hoja amarilla

El Cuadro 2 presenta los resultados del servicio de diagnóstico por variedad en el año 2000. En general, se observa un promedio bajo de incidencia de las tres enfermedades más evaluadas: RSD, LSD y ScYLV. Se encontraron, sin embargo, algunas suertes comerciales con promedios altos de incidencia; por ejemplo, 3.1% en RSD (V 71-51), 8.0% en LSD (CC 87-474) y hasta 6.8% en ScYLV (CC 84-75). Se presentan casos aislados de alta incidencia de estas enfermedades; es necesario, por ello, mantener un control estricto de dichas suertes para que no se conviertan en focos de diseminación de los patógenos si sus cañas se utilizaran como semilla.

El servicio de diagnóstico de enfermedades aquí presentado ha sido bien empleado por los ingenios y los cultivadores en los cinco últimos años (Cuadro 3). En el número de evaluaciones indicado están incluidas las que se hicieron al material de siembra antes de plantarlo y establecer las suertes. La Figura 2 muestra la intensidad de uso del servicio de diagnóstico durante sus quince años de existencia y el aumento que experimentó desde la aplicación de los nuevos métodos de diagnóstico.



En una muestra compuesta por 20 hojas se realiza el diagnóstico de cinco enfermedades. Con el método TBIA las nervaduras se imprimen en una membrana de nitrocelulosa y mediante la aplicación de antisueros específicos se detecta la presencia de los patógenos.

Cuadro 2. Diagnóstico de enfermedades por variedad de caña. Industria azucarera colombiana, 2000.

Variedad	RSD		LSD		ScYLV	
	Muestras	Promedio	Muestras	Promedio	Muestras	Promedio
	(no.)	(%)	(no.)	(%)	(no.)	(%)
En semilleros						
CC 85-92	85	0.1	88	0.9	59	0.7
MZC 74-275	46	0	46	0	25	0
CC 87-434	22	0	22	0.2	12	0
CC 84-75	14	0	15	0	9	5.0
V 71-51	13	0	14	0	6	3.3
CC 87-505	6	0	6	0.8	6	28.3
CC 87-474	5	0	5	8.0	3	0
Otras	22	0	22	0	21	0
Total	213	0.02	218	0.6	141	3.7
En suertes comerciales						
CC 85-92	302	0.1	309	1.7	170	1.0
MZC 74-275	204	0.6	216	0.6	133	1.0
V 71-51	74	3.6	87	0.4	59	0.6
CC 84-75	68	0	76	0.3	54	8.0
CC 87-434	26	1.2	26	0.6	16	1.6
PR 61-632	3	0	13	0.4	1	55.0
Mezcla	3	0	7	1.4	1	0
MZC 86-50	3	0	3	0	3	6.7
CC 87-505	3	0	3	0	3	51.7
MZC 86-19	2	0	2	0	2	12.5
PC 1	1	0	1	0	1	50.0
Otras	14	0	18	0	6	0
Total	703	0.7	761	1.0	449	2.4

Cuadro 3. Número de evaluaciones para diagnóstico de enfermedades en caña de azúcar, por ingenio. Industria azucarera colombiana, 1996-2000.

Ingenio	Número de diagnósticos realizados por año				
	1996	1997	1998	1999	2000
Castilla	552	247	454	120	1226
Providencia	495	442	18	321	109
Mayagüez	720	116	13	18	252
Riopaila	73	33	82	83	786
Incauca	60	173	508	165	25
Tumaco	188	0	138	7	3
Sancarlos	20	60	50	28	146
Risaralda	42	36	102	58	42
La Cabaña	72	10	34	12	0
Pichichí	44	34	10	12	9
Manuelita	0	7	4	1	0
Prove. caña	36	80*	301*	350*	187*
Total	2302	1238	1714	1175	2785

* El 80% corresponde a proveedores del Ingenio Central Tumaco.

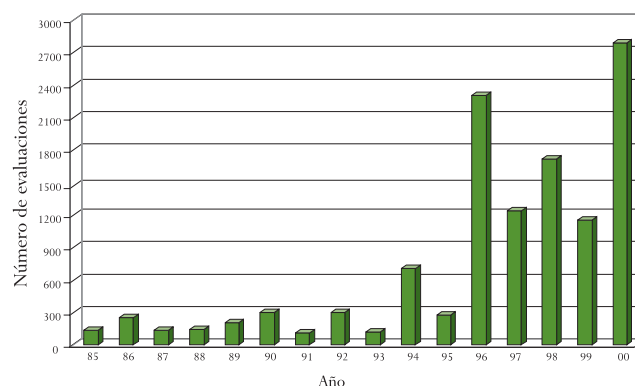


Figura 2. Número de evaluaciones para diagnóstico de enfermedades en caña de azúcar, por ingenio. Industria azucarera colombiana, 1985-2000.

Referencias bibliográficas

- Guzmán, M.L; Angel, J.C; Victoria J.I; Alvarez A. 1997. Diagnóstico de la escaldadura de la hoja *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson en caña de azúcar. Fitopatología Colombiana 21 (1):10-17.
- Guzmán, M.L; Victoria, J.I. 2000. Desarrollo de técnicas para el diagnóstico de enfermedades de la caña de azúcar. En: Congreso Colombiano de la Asociación de Técnicos de la Caña de Azúcar, 5, Cali, 4-6 octubre. Cali, TECNICAÑA (en CD)
- Victoria, J.I; Ochoa, O; Cassalet, C; Gómez, J. 1987. Efecto del raquitismo de la soca en la producción de la caña de azúcar bajo distintas prácticas de manejo. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 2, Cali, 26-28 agosto. Cali, TECNICAÑA. vol.1, p.237-244.
- Victoria, J.I; Garcés, F.F; Guzmán, M.L; Angel, F. 1998. Síndrome de la hoja amarilla de la caña de azúcar en Colombia (ScYL, sugarcane yellow leaf virus). Carta Trimestral CENICAÑA (Colombia) v.20, no.2-3, p.3-7

Comportamiento del clima en el valle del río Cauca durante el año 2000

Enrique Cortés Betancourt *

Condiciones generales

La condición climática externa más representativa del año 2000 fue la disminución paulatina de la intensidad del fenómeno “La Niña” durante el primer semestre. Este fenómeno, de muy larga duración (24 meses) y considerado uno de los más fuertes de su clase en el siglo XX, desapareció por completo en julio del 2000.

Durante el segundo semestre del año, se observaron en el océano Pacífico tropical temperaturas superficiales del mar muy cercanas a los respectivos valores medios multianuales; asimismo, se detectaron núcleos aislados de anomalías negativas de esas temperaturas. Este semestre se convierte así en un período de transición hacia condiciones cálidas de las aguas del océano Pacífico tropical; estas condiciones podrían llevar a la aparición de un nuevo fenómeno “El Niño” a comienzos del segundo semestre del 2001.

Para el área de influencia del cultivo de la caña de azúcar (registros de la Red Meteorológica Automatizada –RMA- del sector azucarero), el 2000 puede considerarse un año de precipitación normal, relativamente frío y húmedo, con valores bajos en la oscilación media diaria de la temperatura y con valores bastante bajos en la radiación solar media diaria. En comparación con los años inmediatamente anteriores, el año 2000 presentó las siguientes características climáticas:

- La **precipitación anual** ‘promedio’ (media ponderada de la precipitación para las 28 estaciones de la RMA) para el valle del río Cauca es de 1294 mm. Por tanto, en el año 2000, cuya precipitación anual fue de 1354 mm, llovió 5% más que en un año climatológicamente normal o promedio (1294 mm), 5% menos que en 1999 (año “Niña”, 1428 mm), 10% más que en 1998 (primer semestre “Niño”, segundo semestre “Niña”, 1229 mm en total) y 12% más que en 1997 (año “Niño”, 1207 mm).
- La **radiación solar media diaria** a nivel anual completó tres años de reducción paulatina:

En 1997 su valor fue $423 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$.

En 1998 fue de $410 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$, o sea, disminuyó en 3.1% (respecto al 97).

En 1999 fue de $403 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$, o sea, se redujo en 1.7% (respecto al 98).

En 2000 fue de $396 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$, un descenso de 1.7% más (respecto al 99).

La reducción acumulada de radiación solar en tres años consecutivos fue de 6.5%, aproximadamente.

* Ingeniero Meteorólogo, M.Sc. Meteorólogo de CENICAÑA <ecortes@cenicana.org>

- La **temperatura media anual** normal o promedio, en la zona cañera, es de 23.0 °C. Los años 1999 y 2000, cuya temperatura media anual fue de 22.5 °C y 22.6 °C, respectivamente, se consideran años fríos (0.5 y 0.4 °C menos de temperatura respecto al año normal). El año 1998 fue un año “cálido” porque su temperatura media anual fue de 23.6 °C.
- El valor medio multianual de la **oscilación media diaria de la temperatura** del aire en el valle del río Cauca es 10.6 °C. En 1998, el valor de esta variable climática fue 10.7 °C, prácticamente igual a la media histórica, mientras, en 1999 y en 2000 fue sensiblemente más baja (10.1 °C y 10.3 °C).

Si se comparan los valores de variables climáticas del primero y segundo semestres de 2000, se observa lo siguiente:

- El primer semestre, con una precipitación de 826 mm (media ponderada), registró el 60% de la precipitación total del año, mientras que el segundo semestre, con 528 mm, llegó apenas al 40% de esa precipitación; así, el primer semestre fue 50% más lluvioso que el segundo.
- El primer semestre fue 0.3 °C más frío que el segundo (22.5 vs. 22.8 °C) y tuvo menor radiación solar media diaria (390 vs. 400 cal/cm² x día). El primer semestre presentó una oscilación media diaria de la temperatura 0.9 °C menor que el segundo semestre (9.9 °C vs. 10.8 °C).
- La humedad relativa del aire fue un poco mayor (2%) en el primer semestre que en el segundo.

Temperatura mínima

Se presentaron temperaturas mínimas absolutas por debajo de los 15.0 °C en las estaciones Yotoco (13.8 °C), Jamundí (14.6 °C) y Palmira-La Rita (14.9 °C). La estación Base Aérea (zona urbana de Cali) registró una temperatura mínima absoluta de 17.1 °C, la mayor registrada en la región cañicultora.

El promedio anual de temperatura mínima media en el valle del río Cauca fue de 18.6 °C, tan sólo 0.1 °C menor que la correspondiente media multianual para el período 1993-2000 (18.7 °C). El menor valor de esta variable (18.2 °C) en toda el área cañicultora se registró en las estaciones Viterbo, Palmira-La Rita, Palmira-San José y Pradera. Valores de temperatura mínima media iguales o superiores a 19.0 °C ocurrieron en las estaciones Risaralda, Cartago, La Paila, Bugalagrande, San Marcos y Base Aérea.

Temperatura media

La temperatura media del aire durante 2000 fue de 22.6 °C, o sea 0.4 °C más baja que su correspondiente valor multianual en el período 1993-2000 (23.0 °C).

Temperaturas medias iguales o inferiores a 23.0 °C se presentaron en las estaciones Viterbo, Palmira-La Rita, Palmira-San José, Miranda, El Naranjo y Corinto; en las estaciones Amaime y Pradera, en cambio, ocurrieron los menores valores de esta variable (22.1 °C).

La mayor temperatura media (23.7 °C) se registró en la estación Base Aérea. Temperaturas medias iguales o superiores a 22.9 °C se registraron también en las estaciones Risaralda, Cartago, Zarzal, La Paila, Bugalagrande, Yotoco, Ginebra y San Marcos.

Temperatura máxima

La temperatura máxima media fue de 29.0 °C, 0.4 °C más baja que su respectivo valor multianual para el período 1993-2000 (29.4 °C).

El mayor valor de temperatura máxima media (30.2 °C) se presentó en la estación Cartago. En las estaciones Risaralda, Zarzal, La Paila y Ginebra se registraron valores de esta variable superiores a los 29.4 °C, mientras que valores iguales o inferiores a 28.6 °C ocurrieron en las estaciones Amaime, Pradera, Cenicaña, Miranda y El Naranjo. El menor valor de temperatura máxima media (27.7 °C) tuvo lugar en la estación Corinto.

Temperaturas máximas absolutas iguales o superiores a los 34.5 °C se presentaron en las estaciones Zarzal (34.5 °C), Santander de Quilichao (34.5 °C) y San Marcos (36.0 °C); en las estaciones Amaime y Bocas del Palo, por su parte, la temperatura máxima absoluta del año fue menor o igual a 32.5 °C (32.5 °C y 31.1 °C, respectivamente).

Oscilación de la temperatura

La oscilación media diaria de la temperatura del aire fue, en promedio anual, 10.3 °C, valor que fue menor en 0.3 °C que el correspondiente valor multianual para el período 1993-2000 (10.6 °C).

El mayor valor de esta variable (11.5 °C) se presentó en la estación Zarzal. Valores de la oscilación de temperatura iguales o superiores a 11.0 °C se observaron también en las estaciones Viterbo, Cartago y Ginebra.

El menor valor de la oscilación de temperatura (9.3 °C) se registró en la estación Corinto. En las estaciones Base Aérea, Cenicaña y El Naranjo se encontraron valores de esta variable menores que 10.0 °C.

Precipitación

La más baja precipitación anual (788 mm) ocurrió en la estación Aeropuerto. Lluvias de 800 a 1000 mm se presentaron durante el año 2000 en Guacarí, San Marcos, norte de Palmira, Arroyohondo y el nororiente de Cali. Hubo precipitaciones de 1000 a 1200 mm en Tuluá, Yotoco, Ginebra, Amaime, el oriente de Palmira y en Candelaria. Entre 1200 y 1400 mm estuvo el total anual de precipitación en Zarzal, Pradera, Cenicaña y El Ortigal. En La Paila, el suroccidente de Cali y Miranda cayeron en el año 2000 lluvias entre 1400 y 1600 mm. En Jamundí, Bocas del Palo y Puerto Tejada cayeron entre 1600 y 1800 mm de precipitación. En Corinto y Santander de Quilichao se registraron, en igual tiempo, 1800 y 2000 mm. Finalmente, la precipitación fue mayor que 2000 mm en La Virginia y Viterbo (2106 y 2645 mm) (Figura 1).

Radiación solar diaria

La radiación solar media diaria fue de $394 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$, valor que representa el 96 % del respectivo valor medio multianual para el período 1993-2000 ($410 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$).

El máximo valor de esta variable ($460 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$) ocurrió en la estación Tuluá. Valores de más de $415 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$ se presentaron en las estaciones Viterbo, Risaralda, Cartago, Ginebra, San Marcos y Aeropuerto.

El menor valor de esta variable ($329 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$) se registró en la estación Palmira-San José. Se observaron también valores anuales de radiación solar media diaria por debajo de $375 \text{ cal/cm}^2 \times \text{día}$ en las estaciones Zarzal, La Paila, Base Aérea, Pradera, Cenicaña, Corinto y Santander de Quilichao (Figura 2).

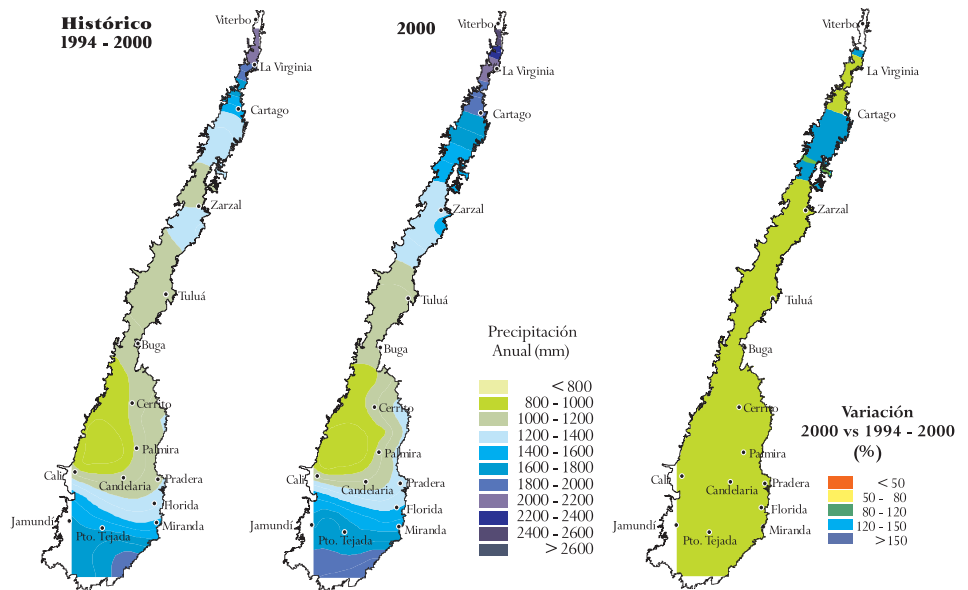


Figura 1. Comportamiento de la precipitación en el año 2000 y su comparación con el promedio histórico (1994-2000) en el valle del río Cauca.

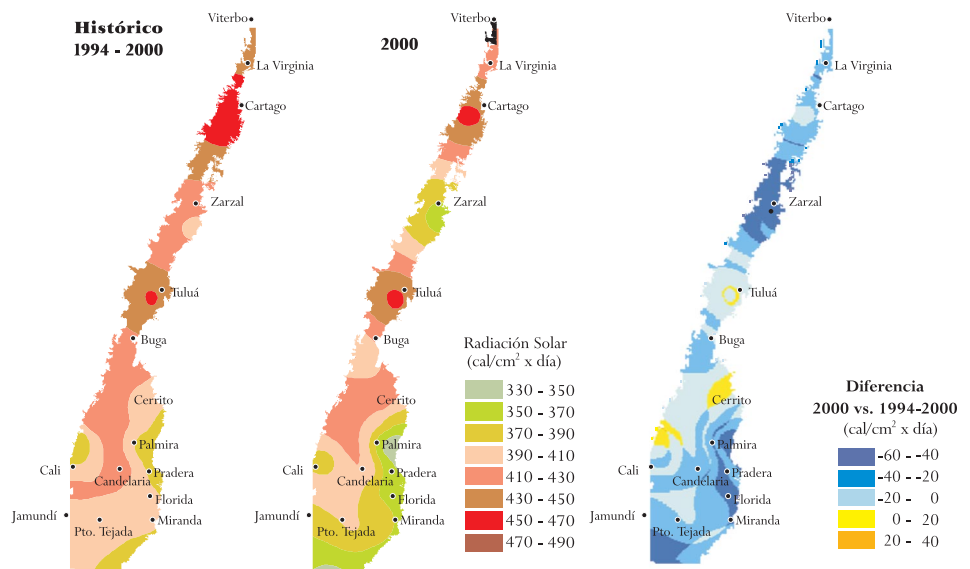


Figura 2. Comportamiento de la radiación solar en el año 2000 y su comparación con el promedio histórico (1994-2000) en el valle del río Cauca.

Resumen climatológico

Valle del río Cauca, enero - marzo de 2001

Enrique Cortés Betancourt *
José Yesid Gutiérrez Viveros **

Precipitación

Las lluvias del primer trimestre del año 2000 en las diferentes zonas del área de influencia del cultivo de la caña de azúcar variaron entre normal y un poco por debajo de lo normal.

Cantidades normales de lluvia, entre 80 y 120% del respectivo valor medio multianual para el trimestre, tuvieron lugar en el extremo suroeste de Caldas y La Virginia (Risaralda), Tuluá, Yotoco, Ginebra, Amaime-El Placer, Palmira, norte y noreste de Cali, Candelaria, Jamundí, Bocas del Palo y Santander de Quilichao.

Precipitaciones escasas, entre 50 y 80% de lo acostumbrado en el trimestre, se presentaron en las

estaciones meteorológicas de Cartago, La Paila, Guacarí, sur de Cali, Pradera, Florida y el extremo noreste del Cauca.

Radiación Solar

En el primer trimestre del año los valores de radiación solar media diaria registrados por la mayoría de estaciones de la Red Meteorológica Automatizada del sector azucarero fueron muy próximos a los respectivos valores medios multianuales para el trimestre, oscilando entre 95 y 105% de estos últimos.

En Tuluá el valor histórico trimestral de la radiación fue superado en 7%, mientras que en La Paila dicho exceso fue del 15%.

Estación	No. de años	Precipitación (mm)				Radiación (cal/cm ² x día)		
		Acumulada Trimest. 1	Máxima en un día	Histórica Trimest. 1	Variación (%)	Media Diaria	Histórica Trimestr.	Variación (%)
Viterbo	5	540.4	45.8	462.1	117	468.2	445.4	105
Risaralda	8	388.0	49.5	392.0	99	432.1	452.8	95
Cartago	6	243.6	23.3	313.9	78	470.2	465.6	101
Zarzal	4	S/D	S/D	259.9	S/D	S/D	430.1	S/D
La Paila	8	189.1	22.9	284.5	66	478.5	414.4	115
Bugalagrande	4	S/D	16.8	302.4	S/D	405.5	414.7	98
Tuluá	8	320.8	57.9	347.4	92	506.3	473.4	107
Yotoco	4	250.8	33.5	237.3	106	442.2	447.8	99
Guacarí	8	164.7	19.9	227.7	72	467.0	448.2	104
Ginebra	5	300.0	42.0	280.9	107	S/D	395.4	S/D
Amaime	8	321.9	63.0	293.6	110	432.5	413.5	105
San Marcos	8	154.1	29.4	183.8	84	454.0	436.9	104
Palmira - La Rita	8	231.3	27.8	269.5	86	404.2	411.4	98
Arroyohondo	5	175.0	30.0	218.1	80	S/D	374.5	S/D
Palmira - S. José	5	294.0	38.4	331.1	89	361.3	382.1	95
Aeropuerto	5	213.7	25.0	199.9	107	452.6	430.4	105
Base Aérea	5	256.7	53.5	256.1	100	400.2	397.1	101
Candelaria	8	272.6	38.0	283.1	96	459.9	438.5	105
Pradera	6	274.1	29.5	386.5	71	411.4	406.2	101
Meléndez	8	285.5	70.5	395.8	72	456.6	427.2	107
Cenicaña	8	249.8	57.3	323.0	77	406.3	421.3	96
Jamundí	6	339.3	34.3	405.5	84	403.5	408.4	99
Bocas del Palo	6	513.0	65.0	430.2	119	S/D	408.2	S/D

Continúa

* Ingeniero Meteorólogo, M.Sc. Meteorólogo de CENICAÑA <ecortes@cenicana.org>

** Ingeniero Agrícola. Administrador Red Meteorológica, CENICAÑA <jygutier@cenicana.org>

Continuación

Estación	No. de años	Precipitación (mm)				Radiación (cal/cm ² x día)		
		Acumulada Trimest. 1	Máxima en un día	Histórica Trimest. 1	Variación (%)	Media Diaria	Histórica Trimestr.	Variación (%)
Ortígal	6	285.1	55.1	445.5	64	427.2	421.5	101
Miranda	8	254.1	27.9	372.6	68	435.8	422.3	103
Naranjo	8	334.8	53.1	465.1	72	432.0	423.8	102
Corinto	6	356.6	32.8	520.7	68	414.5	396.7	104
Santander de Q.	4	432.3	48.8	427.9	101	394.0	406.2	97
Mínima		154.1	16.8	183.8	64	361.3	374.5	95
Media		293.9	40.4	332.7	88	434.0	421.9	102
Máxima		540.4	70.5	520.7	119	506.3	473.4	115
Total		7641.3		9315.7				

S/D - Sin dato.

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media 3	Máxima		Oscilación Media Diaria		Acumulado 3 meses		Media 3 meses
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)	(mm)	(cal/cm²)
Viterbo	13.6	17.8	22.6	30.5	33.9	12.7	83	540.4	398.1	468.2
Risaralda	15.7	18.8	23.3	30.8	34.5	12.1	86	388.0	350.5	432.1
Cartago	16.6	19.1	23.7	31.1	33.9	12.0	82	243.6	396.2	470.2
Zarzal	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
La Paila	16.9	19.0	23.4	30.4	34.0	11.5	85	189.1	613.5	478.5
Bugalagrande	16.1	18.5	23.3	30.3	33.3	11.7	82	145.5	342.0	418.2
Tuluá	15.6	18.7	22.9	29.7	33.7	11.0	87	320.8	546.4	506.3
Yotoco	16.6	19.1	23.6	30.0	33.6	10.9	S/D	250.8	267.0	442.2
Guacarí	16.4	19.0	23.4	29.8	33.2	10.8	82	164.7	592.7	467.0
Ginebra	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	104.0	S/D	S/D
Amaime	15.2	18.4	22.5	29.0	32.7	10.6	83	321.9	405.6	432.5
San Marcos	15.7	19.0	23.4	29.9	32.8	11.0	84	154.1	618.8	454.0
Palmira - La Rita	15.2	18.0	22.3	29.4	32.6	11.4	88	231.3	370.1	404.2
Arroyohondo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	175.0	S/D	S/D
Palmira - S. José	15.0	18.0	22.6	29.8	33.6	11.8	86	294.0	359.0	361.3
Aeropuerto	14.5	18.2	22.9	30.0	33.5	11.7	83	213.7	430.0	452.6
Base Aérea	16.1	19.8	24.0	30.1	37.7	10.2	80	177.7	412.7	400.2
Candelaria	15.3	18.5	22.8	29.5	33.0	11.0	86	272.6	551.3	459.9
Pradera	15.3	18.1	22.3	28.7	32.0	10.5	83	274.1	405.5	411.4
Meléndez	14.9	18.6	23.0	29.7	32.9	11.1	86	285.5	681.3	456.6
Cenicaña	15.8	18.7	22.8	29.0	32.2	10.3	80	249.8	374.8	406.3
Jamundí	14.0	18.2	22.7	29.6	33.0	11.4	88	339.3	369.5	403.5
Bocas del Palo	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	513.0	S/D	S/D
Ortígal	15.4	18.4	22.7	29.4	32.5	11.0	91	285.1	359.5	427.2
Miranda	15.5	18.4	22.6	29.3	32.6	10.9	89	254.1	365.2	435.8
Naranjo	15.4	18.4	22.6	29.2	32.4	10.8	84	334.8	527.4	441.8
Corinto	16.0	18.3	22.5	28.5	31.5	10.1	85	356.6	391.3	414.5
Santander de Q.	15.3	18.3	22.6	29.3	32.6	11.0	88	432.3	360.9	394.0
Mínima	13.6	17.8	22.3	28.5	31.5	10.1	80	104.0	267.0	361.3
Media	15.5	18.6	22.9	29.7	33.2	11.1	85	278.2	437.1	434.9
Máxima	16.9	19.8	24.0	31.1	37.7	12.7	91	540.4	681.3	506.3
Total								7511.8	10,489.3	10,438.6

S/D - Sin dato.

Identificación y cuantificación de pérdidas de sacarosa reportadas normalmente como pérdidas indeterminadas

J.H. Cardona R. *

En razón del significado económico que tienen las pérdidas de sacarosa reportadas como pérdidas indeterminadas y que ocurren normalmente en el proceso de elaboración de azúcar por inversiones o fugas, Manuelita inició trabajos tendientes a la identificación y cuantificación de estas pérdidas. El trabajo comenzó con la cuantificación de pérdidas por efluentes en todas las áreas del proceso y por arrastres en las estaciones de evaporación y cocimiento. Los resultados se presentan a continuación.

Antecedentes

La evaluación de las pérdidas de sacarosa por efluentes y por arrastres se inició en 1995 y se ha ajustado a través del tiempo. Para atender este programa se instalaron los siguientes elementos y equipos:

- un laboratorio para control de aguas, en general;
- un ‘muestreador’ continuo de efluentes con medidor ultrasónico de caudal;
- un registrador de carta y un totalizador de caudal;
- muestreadores de gases en los últimos efectos de los evaporadores (4) y en cada uno de los tachos (14).

Las actividades generales del programa consistieron en:

- Identificar los puntos donde se generaban fugas o derrames tanto del material en proceso como del producto terminado, en cada una de las áreas de ejecución del proceso en la fábrica.
- Desarrollar acciones correctivas de los problemas identificados.

* Ingeniero Mecánico. Gerente de Fábrica, Manuelita S.A. Apartado aéreo 201, Palmira-Valle del Cauca (Colombia)

Se desarrolló un proyecto conjunto con CENICAÑA (Garzón M, 1999) con los objetivos de establecer los métodos de muestreo y medición de los efluentes en las diferentes estaciones del proceso y cuantificar la contribución de cada uno en las pérdidas de sacarosa.

Entre las acciones correctivas se destacan los controles automáticos instalados en tachos y evaporadores para evitar las pérdidas de sacarosa por arrastre. Estas y las pérdidas por efluentes en los mismos puntos son cuantificadas diariamente y consideradas en el balance de sacarosa.

Resultados y conclusiones

En Manuelita, la identificación de los puntos donde se originan algunas de las pérdidas de sacarosa incluidas dentro de las pérdidas indeterminadas y la cuantificación de las mismas ha llevado a reducirlas ampliamente. En las Figuras 1 y 2 se muestran esas pérdidas desde el inicio del programa hasta finalizar el año 2000.

La forma como se expresan las pérdidas indeterminadas de sacarosa (% caña molida) en los balances de una fábrica de azúcar puede opacar la magnitud del problema, pues aunque la cifra puede parecer baja, la cantidad de azúcar perdida por año puede ser alta.

Expresar en dinero o en peso el total de azúcar que se pierde por año permite ver lo que significa pasar por alto las pérdidas indeterminadas de sacarosa, algunas de las cuales pueden ser corregidas sin inversiones económicas altas; existen casos en que sólo algunos cambios en los controles operativos pueden reportar grandes sumas de dinero en corto tiempo.

Reducir las pérdidas de sacarosa por efluentes y por arrastres de 0.061 a 0.020 (% caña) representó para Manuelita un incremento de 0.32 unidades porcentuales en la recuperación BHR.

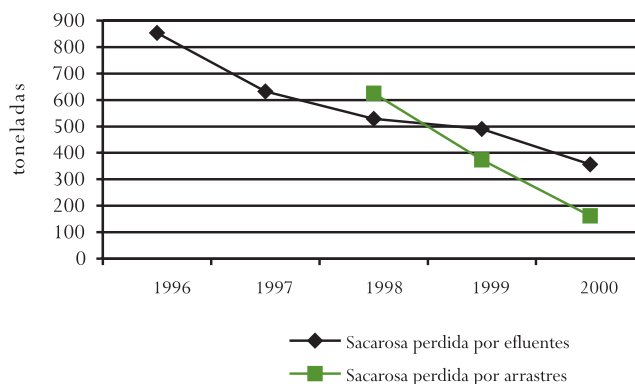


Figura 1. Pérdidas de sacarosa por efluentes y por arrastres entre 1996 y 2000.

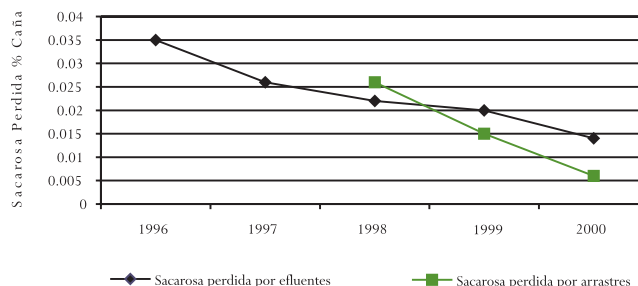


Figura 2. Pérdidas de sacarosa expresadas como porcentaje de la caña procesada.

Referencias bibliográficas

Garzón Marmolejo, M.L. 1999. Informe final del contrato de pasantía Joven investigador Convenio COLCIENCIAS-CENICAÑA. Caracterización ambiental de los procesos de fábrica. Efluentes líquidos. Cali, CENICAÑA. 49p.

El mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

Oportunidades para el sector azucarero colombiano

Claudia Ximena Calero C. *

Liliana María Calero S. **



Los especialistas predicen que para el año 2010 la temperatura de la tierra se incrementaría entre 2 y 5°C (Cabrera, 2000). Ante esta perspectiva, la Cumbre de la Tierra, reunión mundial celebrada en Rio de Janeiro en 1992, adoptó el acuerdo denominado *Convención Marco sobre el Cambio Climático*. En él se establecen las bases de un acuerdo mundial que contribuiría a reducir las emisiones de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) responsables del calentamiento del planeta. En Colombia, el sector azucarero trabaja por la gestión energética nacional, con el aval del Ministerio del Medio Ambiente.

Convención y protocolo

En noviembre de 2000 se reunió en La Haya, Holanda, la sexta conferencia de las partes de la Convención Marco de Cambio Climático (COP6). La expectativa general se centraba en la aprobación de la reglamentación del Protocolo de Kyoto (Black, 2000), particularmente en los siguientes aspectos: los mecanismos de flexibilidad, la financiación de actividades relacionadas con el cambio

climático, el régimen de cumplimiento del Protocolo y el establecimiento de reglas básicas para la Implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). En esta reunión Europa insistió, una vez más, en que no se emplearan las actividades agrícolas y de manejo forestal para obtener una certificación de reducción de gases de invernadero, y en que se restringiera el uso de los mecanismos de flexibilidad. Los

Sustituir el uso de combustibles fósiles en los procesos de combustión representa una oportunidad para el sector azucarero. En Colombia, el Ministerio del Medio Ambiente apoya las iniciativas de inserción al MDL.



* Ing. Sanitaria. Jefe Depto. Manejo Ambiental. Asocaña, Cali, Colombia.

** Química, M.Sc. Especialista en Medio Ambiente, Programa de Fábrica-Cenicaña.

Estados Unidos de América, se manifestaron en contra de esa posición. Se convino, entonces, reanudar las negociaciones en otra reunión que se realizaría probablemente en mayo o junio de 2001 (MINAMB, 2000).

En Colombia hay una serie de barreras que se oponen al desarrollo del potencial contenido en el MDL y son, entre otras: el nivel de riesgo del país, la baja difusión de la información y varios aspectos financieros e institucionales. Para superar estas barreras, el gobierno colombiano diseñó el Plan de Acción para Implementar el MDL.

Plan de acción de Colombia

El estudio del plan concluyó que el país posee un alto potencial frente al nuevo mercado de reducción de emisiones de GEI y podría generar divisas en un nivel similar al de sectores exportadores como el banano y las flores. El estudio considera que los siguientes elementos son la clave del Plan de Acción (MINAMB, 2000):

- Fortalecimiento de la capacidad institucional del país para el diseño de proyectos que implementen el MDL.
- Creación de la capacidad regional, local y sectorial del país para esa misma actividad.
- Apoyo al portafolio de proyectos MDL en Colombia en los procesos de financiación, mercadeo y negociación.

El gobierno colombiano ratificó el Protocolo de Kyoto respecto a la Convención Marco sobre el Cambio Climático adoptada por las Naciones Unidas, mediante la Ley 629 del 27 de diciembre de 2000. Asimismo, la Oficina de Asuntos Económicos del Ministerio del Medio Ambiente diseñó un proyecto sobre la estrategia nacional para el desarrollo y la aprobación de acciones orientadas a implementar el MDL; este mecanismo, por su parte, fue realizado por el National Strategy Studies (NSS) de Colombia y financiado por el Banco Mundial.

Para ejecutar el MDL es necesario que el país apruebe cada proyecto que se presente ante la Convención Marco. Es preciso, por tanto, identificar las oportunidades que se presenten en diferentes sectores del país, difundir la información

necesaria y suficiente a los socios interesados ('stakeholders') que son decisivos para el gobierno central, desarrollar la capacidad de las instituciones (como se indicó antes) y difundir todo tipo de resultados de estudios anteriores y actuales. El componente de información explicará el mecanismo para lograr el desarrollo limpio, ofrecerá oportunidades para su aplicación y estudiará los aspectos operacionales del MDL. La información se difundirá entre todos los actores clave del MDL a escala nacional, regional y local (MINAMB, 2000). Si el país puede financiar y ejecutar proyectos de alta calidad para implementar el MDL, obtendrá de este mecanismo beneficios máximos y lo aprovechará plenamente.

El sector azucarero colombiano tiene un alto potencial para desarrollar este tipo de proyectos. Es necesario, por tanto, identificar áreas en las que pueda establecerse el MDL en nuestros procesos de producción, conseguir el apoyo del gobierno en las labores de negociación y financiación de proyectos para implementar el MDL, fortalecer los esquemas de mitigación del riesgo asociado con esa implementación, e identificar otras fuentes de financiación y de mercadeo para el portafolio de proyectos colombianos relacionados con el MDL (Briceño y Calero, 2000).

Oportunidades para negociar

Cuando se logre la concertación entre los países de alto compromiso en la reducción de emisiones de GEI, el comercio de los certificados de reducción de esas emisiones se centraría en Estados Unidos, Europa y Japón. Los principales oferentes en ese mercado serían China, India y la antigua Unión Soviética. Todos los países oferentes podrían abarcar hasta un 80% del mercado; se prevé, sin embargo, que no alcancen este nivel porque están limitados por los altos costos de transacción y por la información restringida.

Para el 2005 la Unión Europea proyecta establecer reducciones de GEI por medio de un sistema de comercio de emisiones. Inglaterra, Austria, Francia, Dinamarca, Suiza y Noruega están preparando o han implementado tasas retributivas a quien evite la contaminación de CO₂ y también sistemas nacionales de derechos comerciables de emisión de

este gas para empezar a reducirlo. Por su parte, el gobierno de los Estados Unidos prepara un gran programa nacional para la adopción de fuentes alternas de energía que sean renovables y reduzcan la emisión de CO₂.

A cada proyecto de reducción de GEI de un país pueden atribuirse reducciones de esos gases, las cuales se adicionan al marco legal ambiental vigente en dicho país; el proyecto, por tanto, estaría contribuyendo al cumplimiento total de los estándares ambientales. En tales condiciones, los beneficios colaterales podrían ser tan importantes como los directos, tanto en el sector energético como en el forestal. En el sector forestal, la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) no ha sido aún abierta y éstos funcionan como una inversión de capital de riesgo. Es factible, sin embargo, la captura de CO₂ por la regeneración natural del bosque y por la reforestación de las cuencas hidrográficas, hoy deforestadas. Se podría así cofinanciar la restauración de las fuentes de agua y su conservación a largo plazo, controlando, a la vez, varios procesos críticos de erosión.

En el campo energético, los proyectos de sustitución de combustibles fósiles en los procesos de cogeneración y de sustitución de materiales naturales utilizados en la construcción (como la guadua, cuya sostenibilidad está amenazada) tienen grandes posibilidades de financiación: Para lograrlo deben cumplir las condiciones básicas y obtener el apoyo de la Nación. En relación con el sector azucarero colombiano, y a nivel del país, utilizar el bagazo de caña y los residuos de la cosecha de caña en procesos de combustión son aspectos de gran potencial en un proyecto orientado al cambio climático a través del MDL.

Finalmente, el Global Environmental Facility (GEF), a través del Ministerio del Medio Ambiente, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) apoyan actualmente un proyecto del sector azucarero colombiano para identificar, evaluar y priorizar actividades que eliminen las barreras financieras, institucionales, técnicas, sociales, legislativas y de recursos humanos opuestas a la cogeneración y comercialización de energía eléctrica mediante un enfoque ESCO, es decir, desarrollado por las Compañías de Servicios Energéticos (Calero y Briceño, 2001).



Es factible que el mercado de certificados de reducción de emisiones (CRE) ofrezca opciones para cofinanciar la restauración de las fuentes de agua y su conservación en el largo plazo. Parque Nacional Páramo de las Hermosas, Colombia

Referencias bibliográficas

- Briceño, C.O.; Calero, L.M. 2000. Exportación de certificados de reducción de emisiones y uso de la biomasa como combustible. Carta Trimestral CENICAÑA (Colombia). v.22, nos 1 - 2. p. 13-17).
- Calero, C.; Briceño, C.O. 2001. Industrial co-generation in the Colombian Sugar Sector: Introducing and applying an ESCO approach. Propuesta presentada a UNDP-GEF. Asocaña, Cali. Colombia. p. 1-5. (Multicopiado).
- Black, T. 2000. Estudio de Estrategia Nacional para la Implementación del MDL en Colombia. Capítulos 1 y 2. p. 7-18 (Multicopiado).
- Cabrera, G.M. 2000. El calentamiento global. Editorial. Periódico *El País*, Cali, 10 de diciembre de 2000.
- MINAMB (Ministerio del Medio Ambiente, Colombia) 2000. Estudio de la estrategia nacional para la implementación del MDL en Colombia. Informe final del National Strategy Studies. Banco Mundial, Bogotá. 163 p.
- MINAMB (Ministerio del Medio Ambiente, Colombia) 2001. Aspectos de interés sobre el Protocolo de Kyoto. Resumen. Bogotá, 2 p.
- Robledo, C. 2001. Mecanismo de Desarrollo Limpio: posibilidades y riesgos en el sector azucarero colombiano. EMPA, Cali. 35 p.

Sistema de gestión ambiental en el Ingenio Sancarlos*



asocaña

** Documento redactado por el
Departamento de Comunicaciones
de Asocaña a partir de una
entrevista con los ingenieros Víctor
Hugo Gordillo Ayala, Director de
Control Ambiental, y Juan Cristóbal
Becerra Díaz, Director de Calidad
Total. Ingenio Sancarlos S.A.,
febrero 21 de 2001*

Cada día hay más empresas del sector agroindustrial que quieren dar un manejo adecuado al medio ambiente. La responsabilidad ambiental se ha convertido así en una prioridad, apoyada no sólo en las ventajas derivadas del cumplimiento de las normas o en el temor a las sanciones sino en una conciencia objetiva y consecuente con el desarrollo sostenible.

A finales de 1998, el Ingenio Sancarlos inició el desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) que sirviera de base a una estrategia de consecución de la Certificación ISO 14001. Esta, en efecto, le fue otorgada formalmente por el ICONTEC el 15 de diciembre de 2000 en relación con las actividades de cultivo de caña, fabricación y venta de azúcar.

Antecedentes

El Ingenio ha desarrollado una base ambiental sólida desde 1976 a partir de los convenios firmados con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) para el manejo de aguas residuales y de otros aspectos del cultivo como quemas, emisiones contaminantes, residuos sólidos y sustitución de agroquímicos. Existe entonces, una orientación clara hacia un sistema de producción de caña más limpio, que se consolidó formalmente con el *Convenio de Producción Más Limpia* firmado en 1996 entre el sector azucarero y las autoridades ambientales.

El Director de Control Ambiental, Ing. Víctor Hugo Gordillo, ha liderado el proceso de implementación del SGA en el Ingenio Sancarlos. Con su ayuda, el Ingenio decidió buscar la certificación mencionada como una motivación que permitiera adquirir los recursos de control ambiental necesarios, tales como los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas, un sistema básico de manejo de residuos sólidos y los ciclones de la caldera que facilitan el control eficiente de las emisiones en la fábrica, entre otros. Se dispuso, en general, de gran parte de la inversión necesaria para controlar la contaminación y se ejecutó en el cumplimiento de las normas vigentes. Esta ventaja proporcionó elementos adicionales para trabajar por la certificación.

“La misión y la política ambiental de la empresa señalaron la metodología: hallar primero la relación entre los procesos, las personas, la tecnología y los métodos de trabajo de la empresa y descubrir luego la interrelación de esos elementos con su entorno, es decir, con la comunidad, el agua, el aire, el suelo, la flora y la fauna. En consecuencia, a las prácticas ambientales se asignaron los recursos necesarios para que el cultivo de la caña y la fabricación del azúcar se incluyeran en el marco de la filosofía del desarrollo sostenible y de la producción más limpia”, dice Gordillo.

Desde el inicio del proceso SGA se logró la participación conjunta de dos áreas del ingenio: Control Ambiental y Calidad Total; se recibió además el apoyo directo de la Presidencia, de la Gerencia General y de la Gerencia de Producción. “Todos convenían en que un SGA sirve para mejorar el desempeño ambiental y la productividad del ingenio; consideraban además que había requisitos como la planificación, la ejecución, la medición, el control y la evaluación que debían estar directamente relacionados con el desarrollo del medio ambiente en una empresa u organización. Fue importante también integrar el sistema de gestión ambiental de la empresa con el de gestión de la calidad”, añade Gordillo.

Para el director del área de Calidad Total, Ingeniero Juan Cristóbal Becerra Díaz, la motivación principal del personal del ingenio para lograr la certificación está en “mantener el proceso de mejoramiento continuo mediante el cual se han logrado varias certificaciones, por ejemplo los Sellos de Calidad ICONTEC y el Sistema de Aseguramiento de Calidad ISO 9002. Fuimos conscientes de la ventaja de contar con un sistema estructurado y de que la ISO 14001 representaba, principalmente, una herramienta necesaria para identificar las fortalezas y las deficiencias que teníamos; una guía que nos incorporara a un sistema formal de gestión ambiental ajustado a nuestro entorno y a nuestras necesidades particulares”.

Las inversiones en tecnología van acompañadas de logros ambientales. La nueva caldera instalada en la fábrica es un ejemplo de la contribución del Ingenio Sancarlos a la protección de la calidad del aire.

Requisitos y propósitos

La norma ISO 14001 es de carácter general y su formulación es flexible; ofrece, por tanto, opciones a las diversas empresas u organizaciones para que elijan las soluciones que se ajusten mejor a sus necesidades específicas. El Ingenio Sancarlos estableció los siguientes requisitos como guía para el desarrollo del SGA y para la consecución de la certificación:

1. Estructurar la planificación.
2. Establecer una política ambiental coherente con las necesidades de la comunidad, de los empleados y de los clientes, y que esté en armonía con el marco legal.
3. Alinear la política ambiental con las metas de la organización.
4. Asentar los registros y los documentos de los trabajos ambientales que se realicen.



5. Implementar auditorías internas ambientales permanentes.
6. Buscar una mayor competitividad acorde con las proyecciones comerciales de la empresa.

Estrategia

“La estrategia se diseñó a partir del modelo de la ISO 9002” explica el Ingeniero Becerra. “Para asegurar internamente el proceso de fortalecimiento de la gestión ambiental se tomaron como guía las normas de calidad porque presentaban un horizonte más amplio que las exigencias de los clientes. Nuestra meta de mediano plazo era obtener el Premio Colombiano de Calidad presentando un esquema de gestión integral que nos diera la imagen de empresa agroindustrial de clase mundial. Con estos propósitos, dimos más importancia en la estrategia a la planificación y a la sensibilización”.

Sensibilización. Esta acción pretende, primero, crear en todos los actores involucrados en el proceso la conciencia de las necesidades y de los problemas de cada área del ingenio y comprometerlos en su solución. Enseña a considerar tanto el momento en que se halla el proceso como la actividad de las personas que están en contacto directo con el medio ambiente. De esta manera se identifican los impactos y se aplica una metodología de asignación de prioridades que permite optimizar la distribución y el uso de los recursos.

Ingenio Sancarlos, fundado en 1945.



En el Ingenio Sancarlos se involucraron tanto las personas que trabajaban en la empresa como las comunidades situadas en el área de influencia de ésta. Estos últimos se benefician directamente del manejo ambiental que hace el ingenio, cuya responsabilidad ambiental va más allá del perímetro de la empresa.

“Se han establecido cada año, como mecanismo de motivación y capacitación, las jornadas ambientales; en ellas, un grupo determinado de personal visita los sitios de control de la contaminación y entiende así las consecuencias del buen o mal manejo de los recursos. De este modo el personal se capacita en la fuente de la contaminación o en lugares donde se manejen basuras, aguas residuales o bosques, y adquiere conciencia de su actividad diaria y del compromiso que ésta le exige; a la vez, se entera del trabajo ambiental que desarrolla el ingenio”, explica el Director de Manejo Ambiental, Ingeniero Víctor Hugo Gordillo.

Esta capacitación estuvo a cargo de diferentes entidades externas, como la CVC, Asocaña y CENICAÑA; además, a nivel interno se desarrollaron también actividades de instrucción y entrenamiento con la coordinación del área de Salud Ocupacional y Capacitación del Ingenio. Las actividades de difusión hacia la comunidad se irradiaron desde el área de Bienestar Social y Comunicaciones.

Planificación. La estrategia para establecer el SGA comprendió varios planes de acción:

- *Plan de Gestión Ambiental*, diseñado según la política ambiental de la Presidencia del Ingenio.
- *Plan de Aseguramiento*, una acción preventiva derivada del plan anterior.
- *Plan de Control Ambiental*, que identifica factores del proceso, frecuencia de eventos y agentes responsables y es, además, por su naturaleza, un plan de contingencia.
- *Plan de Seguimiento*, que comprueba el desempeño en la ejecución del SGA y se apoya principalmente en las mediciones contenidas en los registros y en la documentación derivada de las auditorías.

Control y verificación. Se nombraron seis auditores internos calificados, quienes recibieron

formación en técnicas de auditoría y en las normas que soportan la ISO 14001; el objetivo fue garantizar la validez y la permanencia del SGA cuando se aplicaran las acciones correctivas.

Comité Directivo de Gestión Ambiental. Este Comité sirve como un mecanismo de apoyo al SGA y le imprime dirección. Está integrado por la Presidencia, la Gerencia General, la Gerencia de Producción, la Dirección de Control Ambiental y la Dirección de Calidad Total. Sus funciones son fijar las directrices del sistema, revisar las necesidades y definir objetivos y actividades para los agentes responsables. De esta manera se garantizan el seguimiento (monitoría) de la ejecución del SGA y el suministro de los recursos necesarios para el establecimiento del sistema y para su mantenimiento posterior.

Además de la sensibilización, se optimizaron otras actividades para implementar el sistema y ponerlo en funcionamiento:

- *Manejo de residuos sólidos:* consiste básicamente en la identificación y el control de los residuos en la fuente, en la capacitación del personal con este trabajo, y en la comercialización, a veces con los mismos proveedores, de residuos para reciclaje; en esta última actividad el Ingenio ha encontrado una fuente de ingresos adicionales para estructurar el SGA.
- *Uso racional de agroquímicos:* consiste en un programa de aplicación de productos biológicos no químicos; más del 50% de la caña cultivada y cosechada por el Ingenio se maneja con ese programa.
- *Control biológico de plagas:* que permitió llegar al nivel 0 en el uso de plaguicidas durante el año 2000.

Costos

El Ingenio Sancarlos contaba con la infraestructura y los elementos necesarios para implantar un control ambiental; por consiguiente, la inversión que se hizo en la implementación del SGA cubrió principalmente los costos de asesoría, auditoría, certificación y capacitación, como indica la tabla siguiente:

Concepto	Valor (en millones de \$)
Asesoría ^a	5
Capacitación ^b	65
Certificación ^a	21
Total	91

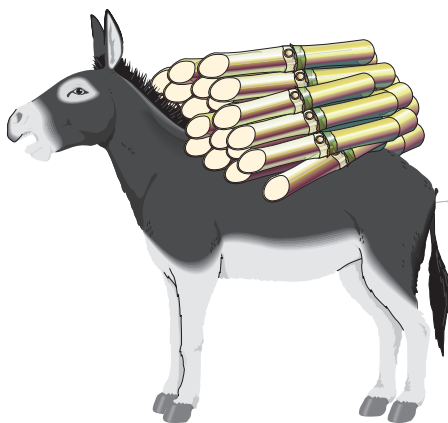
- a. El Plan Nacional de Aseguramiento y Certificación (PNAC) entregó un subsidio equivalente al 50% del costo de los rubros de asesoría y certificación.
- b. Incluye la valoración del tiempo del personal que asistió a la capacitación.

Fuente: Dirección de Control Ambiental Ingenio Sancarlos.

Beneficios y resultados

- Estructuración de un sistema de gestión ambiental que amplió el panorama que tenía el Ingenio Sancarlos en esta materia.
- Sensibilización, respecto a la gestión ambiental, de los empleados del Ingenio y de la comunidad en el área de influencia de éste, y desarrollo de una responsabilidad ambiental.
- Imagen y reconocimiento empresarial de la entidad.
- Generación de nuevas fuentes de ingreso gracias al sistema de manejo de residuos sólidos y al ahorro de recursos.
- Difusión de la experiencia y de los resultados entre las empresas, instituciones, universidades y colegios del área de influencia.

La adopción de un Sistema de Gestión Ambiental es una alternativa económica viable y ecológicamente necesaria que encaja en el marco de la apertura de mercados y de la globalización de la economía mundial. Esta corriente lleva a las empresas a preocuparse cada día más por la conservación de su entorno natural y por un desarrollo equilibrado; ambos propósitos son hoy un requisito indispensable para afrontar los retos de la competitividad tanto en el ámbito nacional como en el internacional.



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

Remite:
CENICAÑA
Calle 58 Norte N° 3BN-110
Cali, Colombia

Adpostal



Llegamos a todo el mundo!

**CAMBIAMOS PARA SERVIRLE MEJOR
A COLOMBIA Y AL MUNDO**

ESTOS SON NUESTROS SERVICIOS

VENTA DE PRODUCTOS POR CORREO, SERVICIO
DE CORREO NORMAL, CORREO INTERNACIONAL,
CORREO PROMOCIONAL, CORREO CERTIFICADO,
RESPUESTA PAGADA, POSTEXPRESS,
ENCOMIENDAS, FILATELIA, CORRA, FAX

LE ATENDEMOS EN LOS TELEFONOS
2438851 - 3410304 - 3415534
980015503
FAX 2833345