

## TEMAS

Reconocimiento al doctor James H. Cock 3

## NOTAS TÉCNICAS

### AVANCES DE INVESTIGACIÓN

CC85-92 y PR61-632  
en suelos arcillosos secos:  
respuestas al nitrógeno y al potasio 7

## INFORMES

Exportación de certificados  
de reducción de emisiones  
y uso de la biomasa como combustible 13

Cogeneración en ingenios azucareros 18

Normalización de la información  
geográfica en Colombia:  
un reto importante 22

Resumen climatológico mensual.  
Red meteorológica automatizada,  
enero a marzo de 2000 24

Comportamiento del clima  
durante 1999 en el valle del río Cauca 27

## COMENTARIOS

Sistema de labranza reducida  
en el Ingenio Manuelita S.A. 30

Labranza reducida en Oriente S.A. 35

Investigación en labranza reducida 37

Comentario sobre biotecnología 38



**cenicaña**

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

## CC 85-92 y PR 61-632 en suelos arcillosos secos...



Variedad CC 85-92

Experimentos de fertilización con nitrógeno y potasio muestran las ventajas en producción de la variedad CC 85-92 en comparación con la PR 61-632 en suelos arcillosos secos.

Los promedios correspondientes a tres cortes señalan que la variedad CC 85-92 superó a la PR 61-632 en 17 toneladas de caña por hectárea, 0.9 unidades porcentuales de rendimiento y 2.9 toneladas de azúcar por hectárea.

Los suelos arcillosos secos corresponden al Grupo de Manejo No.6, según la clasificación realizada por CENICAÑA.

**Página 7**

## Experiencias comerciales con labranza reducida

El sistema de labranza reducida para la renovación de plantaciones de caña de azúcar se está utilizando en el valle del río Cauca con resultados satisfactorios. Se presentan las experiencias y los datos de producción obtenidos en el Ingenio Manuelita S.A. y en Oriente S.A., empresas que han logrado disminuir hasta en 35% los costos de renovación en comparación con el sistema convencional.

También se incluyen los temas de la investigación actual con el sistema.

**Páginas 30 y 35**

# Presentación

El planeta entero sufre hoy los efectos de la contaminación ambiental. Sin importar el lugar donde se generen, los contaminantes finalmente afectan el sistema global.

Por fortuna, cada día existe más consciencia sobre la necesidad de desarrollar acciones de compromiso compartido para reducir al mínimo posible los daños ambientales.

En este número presentamos un recuento de las propuestas analizadas en la Tercera Conferencia sobre Cambio Climático realizada en Kyoto (Japón) en 1997, en relación con la posibilidad de establecer el comercio mundial de Certificados de Reducción de Emisiones. La iniciativa abre oportunidades de inversión de los países más avanzados para reducir las emisiones de gases efecto invernadero en los países en vías de desarrollo. En el artículo se analizan las ventajas que puede tener la industria azucarera colombiana para participar en este nuevo sistema comercial (página 13).

Bienvenido.

Victoria Carrillo C.  
Coordinadora editorial



## Antes de traer

variedades a la región azucarera 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

## Carta Trimestral

Año 22, Nos. 1 y 2 de 2000

ISSN 0121-0327

### Comité Editorial

Camilo Isaacs Echeverry  
Alvaro Amaya Estévez  
Nohra Pérez Castillo  
Lupe Bustamante Álvarez  
Victoria Carrillo Camacho

### Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación editorial y edición de textos:  
Victoria Carrillo Camacho - Alberto Ramírez

Diagramación, pre prensa e impresión: Feriva S. A.

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

Centro Experimental San Antonio de los Caballeros  
Vía Cali-Florida km 26  
Oficina de enlace: Calle 58N N° 3BN-110  
Cali, Colombia.

Teléfonos: (092)6648025 al 30 Fax: (092)6641936



Si cambia de dirección por favor infórmenos.  
Remita sus datos a Victoria Carrillo C.

**buzon@cenicana.org**

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

# Reconocimiento al doctor James H. Cock, director general de CENICAÑA hasta marzo 31 de 2000

Llegó en noviembre de 1990. No tenía mucho conocimiento sobre la caña de azúcar ni sobre la industria azucarera en general. Con su espíritu investigador, guía inseparable en su devenir por el mundo, comenzó por formarse una imagen general del sector. Analizó la información de producción comercial y exploró la estructura y organización de la industria. Vio, entre los datos, oportunidades para mejorar la productividad. Eran oportunidades que requerían investigación.

Más allá de los promedios generales, los análisis mostraron que al interior de la industria existía una variación muy amplia en el contenido de sacarosa y en las producciones de caña y azúcar. Aunque conocíamos con cierto nivel de detalle los efectos del suelo, el agua y la planta sobre la producción, no disponíamos de información sobre los efectos del clima. Necesitábamos establecer una red meteorológica con estaciones en puntos estratégicos de la región para ir acopiando información histórica. El apoyo y liderazgo del doctor Cock para hacer realidad esta iniciativa fueron esenciales en su momento. Actualmente la red apoya los propósitos ambientales del sector y es útil para fortalecer la investigación y el conocimiento sobre las condiciones de producción.



*Al iniciar sus actividades en CENICAÑA conocimos a James H. Cock como investigador, fisiólogo, administrador de investigación, ex funcionario del Banco Mundial y especialista en el cultivo de la yuca. Con un deseo enorme de profundizar en el conocimiento de la caña de azúcar, su procesamiento y aprovechamiento industrial, al poco tiempo fue sumando experiencias que ampliaron su visión para contribuir desde CENICAÑA al desarrollo tecnológico de la industria azucarera nacional. Dejó su cargo como director general del Centro el 31 de marzo de 2000.*

## RECONOCIMIENTO AL DOCTOR JAMES H. COCK

En 1991, ante las perspectivas nacionales de apertura económica, la industria realizó un ejercicio de planeación estratégica. Buena parte de los planes incluía el desarrollo tecnológico. Para asegurar que los programas de investigación se proyectaran en la misma dirección que las necesidades de la industria, una planeación estratégica se realizó también al interior del Centro.

Del análisis abierto y conjunto surgieron nuevos retos: enfocar la investigación agronómica hacia la producción de azúcar por la vía del contenido de sacarosa, desarrollar tecnología para el cultivo de la caña en verde y auscultar y mejorar los detalles de la cosecha, la molienda y la elaboración de azúcar; estos últimos, temas nuevos para el Centro.

En su interacción permanente con los investigadores durante las etapas de formulación y desarrollo de los proyectos, el doctor Cock dejó ver las ventajas del trabajo en equipo. Al mismo tiempo mostró la importancia de contar con un sistema de administración de la investigación capaz de integrar las áreas relacionadas en proyectos específicos, con la visión de futuro que un centro de investigación debe tener. Este enfoque nos llevó a estructurar la investigación con el esquema de los actuales macroproyectos.

Se caracterizó por ser enfático en la necesidad de tener objetivos claros y metas concretas antes de asignar tareas y recursos.

En cuanto fue posible apoyó y practicó el diálogo y la discusión, dejando siempre la mente y la puerta abiertas para nuevas reflexiones. Con seguridad sus ideas y aportes están plasmados en muchos proyectos y resultados actuales.

Es un convencido de que la gente representa el capital más valioso del Centro y en tal sentido trabajó permanentemente para contar con personas capacitadas y creativas. Con el concurso de los directores de programas y jefes de servicios proyectó las necesidades de recursos económicos en el corto y largo plazo. Fue así como en 1995 presentó a la industria el Plan de Investigación Siglo XXI, actualmente en marcha. Su constancia y empuje en la búsqueda de otros recursos abrieron las puertas de instituciones nacionales y extranjeras que hoy muestran a CENICAÑA como un ejemplo de los beneficios que representa la inversión en investigación.

Consideró de gran importancia fortalecer las relaciones de CENICAÑA con otras entidades del sector y con centros de investigación pares nacionales e internacionales. Como resultado se establecieron convenios con UNIVALLE, SENA, CORPOICA, ICA, CIAT, CENICAFÉ, COLCIENCIAS, entre otros. En el ámbito internacional, con el Consorcio de Biotecnología de la Caña de Azúcar, entidades de la industria azucarera de Australia y el SPRI de Louisiana.

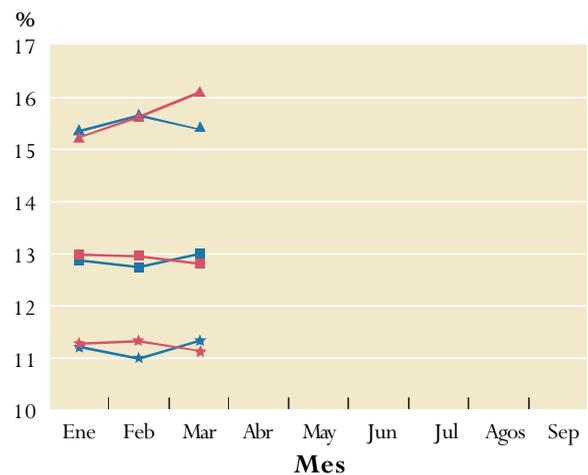
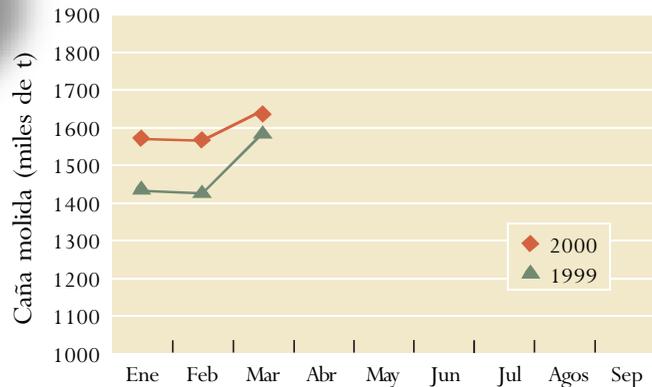
# NOTAS TÉCNICAS

## Cifras del Sector Azucarero Colombiano

Durante el primer trimestre del año 2000 la industria azucarera de Colombia molió 4,783,009 toneladas de caña y produjo 534,896 toneladas de azúcar. El rendimiento real con base en 99.7°, acumulado a marzo, fue de 11.24%.

Con respecto al mismo período del año anterior la molienda se incrementó en 340,514 toneladas de caña, el rendimiento en 0.1 unidades porcentuales y la producción de azúcar en 40,172 toneladas.

Las cifras corresponden a los ingenios Central Castilla, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos.



Fibra % caña		Sacarosa % caña		Rendimiento (%)	
▲	2000	■	2000	★	2000
▲	1999	■	1999	★	1999

## Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar

### Decreto 596 del 30 de marzo de 2000

El Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar es un mecanismo creado por el gobierno colombiano para mantener en equilibrio los precios del azúcar en el mercado doméstico. El mecanismo facilita el manejo ordenado de los excedentes exportables del producto al hacer indiferentes las ventas en el mercado doméstico frente a las realizadas en el mercado externo. Funciona con base en un precio de referencia y un flujo de dineros de compensación y cesión.

El Fondo recibe dineros derivados de ventas que superan el precio de referencia y con éstos compensa las ventas realizadas a precios inferiores; descontando los gastos de administración, cada mes la cuenta queda en ceros. El Fondo es administrado por la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia –ASOCAÑA, de acuerdo con el contrato suscrito con el Ministerio de Agricultura de Colombia. La Junta Directiva está integrada por dos representantes del gobierno (Ministerio de Agricultura y Ministerio de Comercio Exterior), siete representantes de los ingenios azucareros y cuatro representantes de los proveedores de caña de azúcar; los representantes del sector azucarero se elegirán mediante el sistema de votación.

### Nuevas Aplicaciones de la Espectroscopia de Infrarrojo Cercano -NIR

Jesús E. Larrahondo A.  
Químico jefe de CENICAÑA

La espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR, sigla en inglés) tiene un gran potencial tecnológico para los análisis químicos del proceso azucarero.

CENICAÑA comenzó hace tres años las calibraciones y validaciones con esta técnica para análisis de tejidos de caña, jugo, caña desfibrada y otros materiales como mieles, masas y licores.

Actualmente la técnica se utiliza en el laboratorio de química del Centro para determinar elementos mayores en tejido foliar, sacarosas aparente y real y sólidos solubles (brix) en jugos de caña y en otros materiales del proceso fabril.

En marzo de este año se concluyeron los procesos de validación y calibración para las determinaciones de sacarosa en caña, brix en caña y humedad en caña desfibrada.

Para los análisis de sacarosa se utilizaron las técnicas de polarimetría y HPLC como métodos primarios, encontrando errores estándares de predicción bastante aceptables y altos coeficientes de correlación entre éstas y la técnica de NIR (E.S.=0.17 y R=0.96).

Para los constituyentes de la caña desfibrada se seleccionó como método primario el análisis directo vía húmeda; en general, los mejores ajustes se encontraron con el modelo matemático PLSR o de primera y segunda derivadas. Para los análisis de humedad, sacarosa y brix se hallaron coeficientes de correlación entre 0.92 y 0.96 durante la etapa de calibración y entre 0.86 y 0.91 durante la etapa de validación (ver cuadro). Estos resultados y el método establecido son una buena base para los futuros análisis de rutina de la caña desfibrada.

Calibración y validación de la técnica NIR para determinaciones de humedad, sacarosa y brix en caña desfibrada. Método primario: análisis directo vía húmeda. CENICAÑA, 1999.

Determinación <sup>1</sup>	Modelo matemático de ajuste	Rango (%)	Calibración		Validación	
			R	EE	R	EE
Humedad (%)	Primera derivada PLSR 1300-1850 nm	61 – 80	0.96	0.6	0.86	1.0
Sacarosa (%)	Primera derivada PLSR 1900-2300 nm	6.3 – 18.0	0.92	0.5	0.91	0.9
Brix (%)	Segunda derivada PLSR 1900-2300 nm	10.3 – 22	0.92	0.5	0.89	1.0

1. En todos los casos se realizaron 276 observaciones.

R: coeficiente de correlación; EE: error estándar; nm: nanómetros

PLSR: “Partial linear square regresion”

# CC 85-92 y PR 61-632 en suelos arcillosos secos respuestas al nitrógeno y al potasio

Rafael Quintero Durán<sup>1</sup>  
Luis Enelio Alvarado Castillo<sup>2</sup>

## Introducción

La parte plana del valle del río Cauca tiene una extensión aproximada de 400.000 hectáreas y cerca del 50% se dedica a la producción de caña de azúcar. Los estudios semidetallados de suelos realizados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (C.V.C.) indican que en toda esta zona plana, incluida la zona de influencia del Ingenio Risaralda, existen 101 suelos (conjuntos o series) diferentes, clasificados como Mollisols, Inceptisols, Vertisols, Entisols, Alfisols y Ultisols.

Con el propósito de hacer más eficaz la investigación y la transferencia de los resultados experimentales obtenidos con la caña de azúcar en este valle interandino, en CENICAÑA se hizo una agrupación con base en la conformación del perfil del suelo, la posición geomorfológica, el régimen de humedad, la textura y los drenajes interno, externo y natural de cada uno. De esta forma se obtuvieron diez grupos de manejo de suelos.

Los suelos arcillosos secos corresponden al Grupo de Manejo No. 6; se caracterizan principalmente por presentar texturas finas a muy finas, régimen de humedad ústico (seco), drenaje natural pobre a muy pobre y niveles de fertilidad relativamente altos. Pertenecen a este Grupo los conjuntos de

suelos Galpón, Herradura, Esneda, Ricaurte, Las Fuentes, La Victoria, Corintias, Piedras y Tablazo; ocho de ellos corresponden al orden Vertisols y el suelo restante, Ricaurte, al orden Inceptisols. Por tanto, el Grupo de Manejo No. 6 está conformado principalmente por Vertisols secos, ocupa aproximadamente el 18% de la extensión total de la zona plana del valle del río Cauca y se encuentra distribuido a lo largo del valle desde los municipios de Florida y Candelaria hasta Cartago (Figura 1).

En general, estos suelos tienen un potencial de producción de caña relativamente alto y la mayoría de las variedades comerciales que actualmente se siembran en el valle se adaptan a sus condiciones agroclimáticas. Las variedades V 71-51, CC 84-75, CC 85-92, MZC 74-275 y PR 61-632 son las más utilizadas en este tipo de suelos.

CENICAÑA, en coordinación con los ingenios azucareros, ha adelantado investigaciones relacionadas con la fertilización de la caña de azúcar con nitrógeno (N) y potasio (K). La finalidad de estas investigaciones es incrementar la capacidad de producción de azúcar mediante los aumentos de la producción de caña y del contenido de sacarosa de algunas variedades caracterizadas por su alto potencial de producción de caña pero de rendimientos medianos o bajos.

1. I.A., M. Sc.. Edafólogo CENICAÑA.

2. I.A., Jefe Área de Agronomía Ingenios Central Castilla y Riopaila.



**Figura 1.** Distribución espacial de suelos arcillosos secos (Grupo de Manejo No.6) en el valle del río Cauca.

## Metodología

Entre las investigaciones sobre fertilización con N y K, en Central Castilla se establecieron simultáneamente dos experimentos con las variedades CC 85-92 y PR 61-632 en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) en la suerte Castilla 321. De esta manera se tuvo la posibilidad de evaluar las respuestas de las dos variedades a las aplicaciones de N y K y comparar los potenciales de producción de ellas en condiciones de suelo y clima muy similares.

En los sitios experimentales ocupados por las variedades CC 85-92 y PR 61-632 el suelo Galpón se caracterizó por presentar una textura fina; reacción casi neutra; contenidos altos de materia orgánica, fósforo (P) disponible y bases intercambiables y relaciones  $(Ca + Mg)/K$  amplias (Cuadro 1).

En plantilla, el K se aplicó en el fondo del surco al momento de la siembra y el N se aplicó en banda e incorporado al suelo a los 45 días después de la siembra. En socas, los dos nutrientes se aplicaron en banda e incorporados al suelo a los 45 días después del corte.

La urea (46% de N) se usó como fuente de N y el cloruro de potasio (60% de  $K_2O$ ) se usó como fuente de K.

**Cuadro 1.** Textura y algunas propiedades químicas de un suelo Galpón (Vertisols - Grupo de Manejo No. 6) de Central Castilla. Profundidad: 0-20 cm.

Propiedades	Experimentos	
	CC 85-92	PR 61-632
Textura	Arcillosa	Arcillosa
pH	7.00	6.70
Materia orgánica (%)	4.90	4.00
P disponible* (ppm)	81.00	26.00
Ca (cmol/kg)	23.40	19.60
Mg (cmol/kg)	9.60	9.10
K (cmol/kg)	0.37	0.37

\* Método Bray 2.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos durante tres cortes consecutivos con las variedades CC 85-92 y PR 61-632 mostraron grandes diferencias entre las dos variedades en la longitud de los tallos, los contenidos de N y K foliares, la sacarosa en caña, el azúcar recuperable estimada (ARE) y las producciones de caña y de azúcar. Las producciones de azúcar se calcularon a partir del ARE y la producción de caña.

Ambas variedades presentaron poblaciones o número de tallos por hectárea normales y muy similares, pero la mayor altura de tallos alcanzada con la CC 85-92 desde edades tempranas pudo conducir a un cierre o cubrimiento del suelo más rápido y a un control de malezas más eficaz que los obtenidos con la PR 61-632.

Los contenidos de N foliar, determinados a los 3.0, 4.5 y 6.0 meses de edad, fueron consistentemente más altos en la variedad PR 61-632 que en la CC 85-92; con los contenidos de K foliar ocurrió lo contrario y fueron más altos en la CC 85-92. Esto hizo que las relaciones N foliar/K foliar fueran más amplias en la variedad PR 61-632 que en la CC 85-92. Estas relaciones amplias pueden ser el resultado de la capacidad relativamente baja que tiene la PR 61-632 para absorber K del suelo, variedad que normalmen-

te presenta láminas foliares ligeramente amarillas y márgenes necrosados en las hojas de la parte media de las plantas. Desde el punto de vista práctico, las relaciones N foliar/K foliar amplias pueden indicar anticipadamente contenidos bajos de sacarosa al momento de la cosecha o maduraciones tardías.

La variedad CC 85-92 superó en forma altamente significativa a la PR 61-632 en producción de caña, contenido de sacarosa de los tallos y producción de azúcar. Los promedios correspondientes a tres cortes consecutivos (Cuadro 2) muestran diferencias de 17 t de caña/ha (TCH), 0.9 unidades porcentuales de sacarosa en caña y 2.91 t de azúcar/ha (TAH). Al considerar las producciones totales de los tres cortes, las diferencias mencionadas equivalen a decir que la siembra de la CC 85-92

en suelos arcillosos secos, correspondientes al Grupo de Manejo No. 6, puede representar incrementos de 51 TCH y 8,73 TAH en relación con la PR 61-632.

En términos relativos, la CC 85-92 superó a la PR 61-632 en 13.4 % en TCH, en 7.3% en sacarosa en caña y en 21.5% en TAH. Además, es importante destacar el factor calidad de caña, ya que el mayor contenido de sacarosa de los tallos molederos de la CC 85-92 representa un valor agregado en cuanto a corte, alce y transporte se refiere.

En relación con las respuestas de las dos variedades al N y al K, las aplicaciones de estos nutrientes favorecieron el desarrollo y número de tallos, las producciones de caña y azúcar y los contenidos de sacarosa en caña.

Cuadro 2. Respuestas de variedades CC 85-92 y PR 61-632 a las aplicaciones de N y K en un suelo Galpón (Vertisols - Grupo de Manejo No. 6) de Central Castilla.

N (kg/ha)	K <sub>2</sub> O (kg/ha)	Promedios de tres cortes					
		Caña (t/ha)		Sacarosa en caña (%)		Azúcar (t/ha)	
		CC 85-92	PR 61-632	CC 85-92	PR 61-632	CC 85-92	PR 61-632
76	30	144	129	13.1	12.2	16.33	13.72
76	70	146	119	13.3	12.1	16.77	12.56
124	30	147	131	13.3	12.4	16.95	14.16
124	70	147	130	13.5	12.5	17.22	14.08
100	50	142	120	13.3	12.1	16.37	12.62
46	30	143	120	13.2	12.1	16.39	12.65
154	70	149	137	13.2	12.6	17.06	15.13
76	5	146	128	13.2	12.3	16.57	13.71
124	95	147	134	13.0	12.3	16.54	14.34
0	0	125	119	13.1	12.0	14.29	12.44
Promedios		144	127	13.2	12.3	16.45	13.54

Los contenidos de N foliar aumentaron al incrementar la dosis de N aplicada al suelo pero tendieron a disminuir con la aplicación de K; este efecto se observó en las evaluaciones realizadas a los tres meses de edad del cultivo. Los contenidos de K foliar tendieron a aumentar con las aplicaciones de N y de K al suelo; resultados similares se han observado con éstas y otras variedades de caña en suelos con contenidos de K intercambiable relativamente altos.

La respuesta en TCH de ambas variedades fue mayor al N que al K; así mismo, la respuesta de la PR 61-632 al N fue mayor que la respuesta de la CC 85-92 (Figuras 2 y 3). En sacarosa % caña, las respuestas al N y al K fueron bajas; sin embargo, con respecto de la respuesta al N, la PR 61-632 mostró una tendencia ligeramente lineal y positiva y la CC 85-92 mostró ligeros aumentos hasta la dosis de 124 kg de N/ha; a partir de esta dosis el contenido de sacarosa bajó (Figura 4). De acuerdo con los datos de la Figura 5, se ratifica la mayor respuesta al N que al K en TAH y la mayor respuesta al N por parte de la PR 61-632. No obstante los altos contenidos de K intercambiable del suelo usado para esta experimentación, los contenidos de sacarosa % caña y las TAH de la CC 85-92 obtenidos con la dosis de 70 kg de K<sub>2</sub>O/ha fueron mayores que los obtenidos con la dosis de 30 kg de K<sub>2</sub>O/ha.

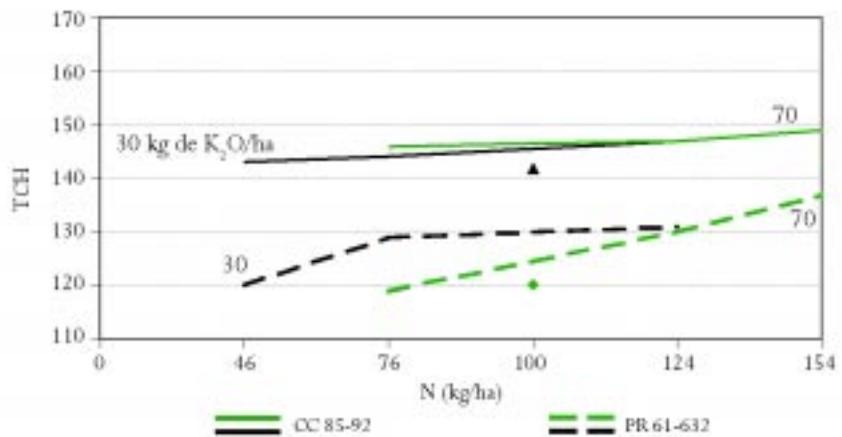


Figura 2. Producciones de caña (promedios de tres cortes) de las variedades CC 85-92 y PR 61-632 obtenidas con diferentes dosis de N y con 30 y 70 kg de K<sub>2</sub>O/ha en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) de Central Castilla.

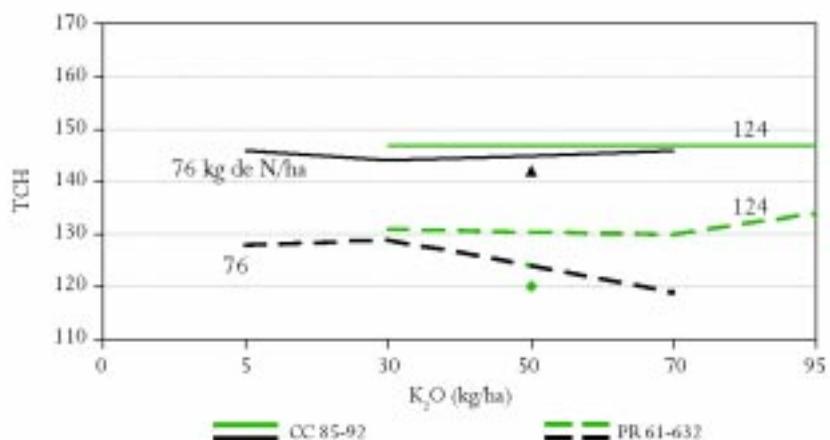


Figura 3. Producciones de caña (promedios de tres cortes) de las variedades CC 85-92 y PR 61-632 obtenidas con diferentes dosis de K<sub>2</sub>O y con 76 y 124 kg de N/ha en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) de Central Castilla.

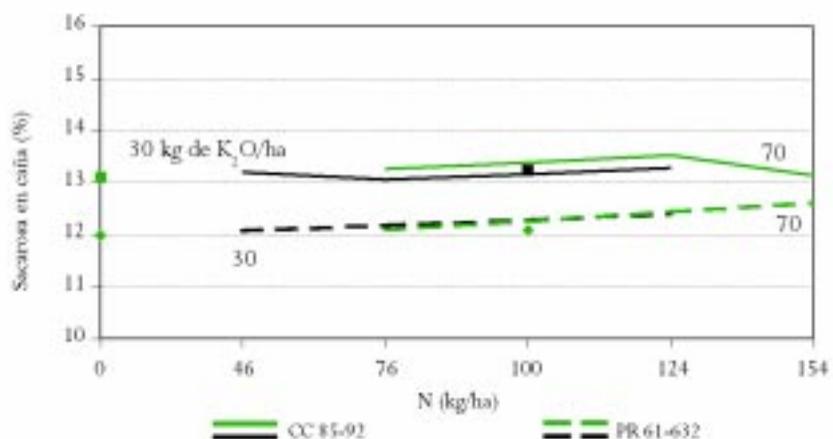


Figura 4. Contenidos de sacarosa % caña (promedios de tres cortes) de las variedades CC 85-92 y PR 61-632 obtenidos con diferentes dosis de N y con 30 y 70 kg de K<sub>2</sub>O/ha en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) de Central Castilla.

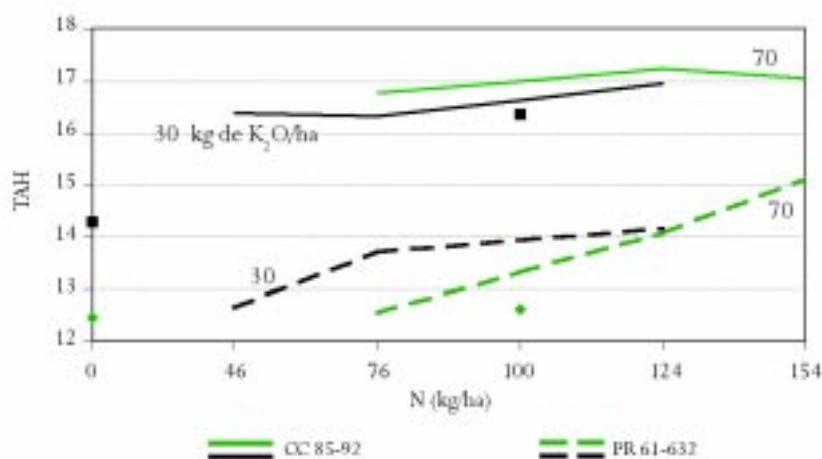


Figura 5. Producciones de azúcar (promedios de tres cortes) de las variedades CC 85-92 y PR 61-632 obtenidas con diferentes dosis de N y con 30 y 70 kg de K<sub>2</sub>O/ha en un suelo Galpón (Typic Pellusterts) de Central Castilla.

En las figuras mencionadas se observan los beneficios derivados de la siembra de la CC 85-92, comparada con la siembra de la PR 61-632, debido a las diferencias que se presentaron en variables tan importantes como los contenidos de sacarosa y las producciones de caña y de azúcar en suelos del Grupo de Manejo No. 6.

Las producciones de azúcar obtenidas en los tres cortes consecutivos con las dos variedades disminuyeron al aumentar el número de corte (Cuadro 3).

La disminución de la producción de caña en el tercer corte fue de gran magnitud; diez días antes del corte de la primera soca hubo precipitaciones pluviales del orden de 80 mm y durante los tres primeros meses de desarrollo de la segunda soca hubo una precipitación acumulada de 394 mm que pudo haber afectado la toma de nutrientes del suelo por exceso de humedad o muy baja aireación en el espacio de exploración del sistema radical.

**Cuadro 3.** Respuestas de las variedades CC 85-92 y PR 61-632 al N y al K en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) en un suelo Galpón (Vertisols - Grupo de Manejo No. 6) de Central Castilla. Promedios de tres cortes.

N (kg/ha)	K <sub>2</sub> O	TAH variedad CC 85-92			TAH variedad PR 61-632		
		Plantilla	1a. soca	2a. soca	Plantilla	1a. soca	2a. soca
76	30	21.24	16.58	11.15	17.94	13.94	9.27
76	70	21.66	17.33	11.33	16.80	12.80	8.07
124	30	19.40	18.25	13.20	17.55	15.09	9.83
124	70	20.18	17.92	13.56	16.65	15.92	9.68
100	50	21.19	17.41	10.52	16.28	12.80	8.78
46	30	22.48	15.77	10.93	16.13	12.82	8.99
154	70	20.33	18.36	12.49	17.72	17.52	10.15
76	5	22.43	15.70	11.59	17.57	14.18	9.39
124	95	20.25	17.18	12.20	17.24	15.80	9.98
0	0	21.37	13.44	8.06	16.54	12.88	7.88
Promedios		21.05 a*	16.79 b	11.50 d	17.04 b	14.37 c	9.20 e

\* Valores conectados con la misma letra no son significativamente diferentes.

---

Las diferencias en los contenidos de sacarosa y en las producciones de caña y de azúcar detectadas entre estas dos variedades más los beneficios que se generan en el transporte de caña de mejor calidad hacen que al escoger entre la CC 85-92 y la PR 61-632 para los suelos arcillosos secos del Grupo de Manejo No. 6 sea más conveniente optar por la CC 85-92.

---

Las respuestas al N variaron con el número de corte y con la variedad de caña. En suelos del Grupo de Manejo No. 6 con características químicas similares al usado en esta experimentación se justificaría aplicar entre 46 y 76 kg de N/ha para la plantilla de la CC 85-92 y entre 124 y 154 kg de N/ha para las socas; para la plantilla de la PR 61-632, entre 76 y 124 kg de N/ha y para las socas 154 kg de N/ha.

La respuesta al K definitivamente fue baja, pero, dado que los contenidos de K intercambiable variaron entre 0,32 y 0,37 cmol/kg de suelo en los primeros 40 cm de profundidad y las relaciones (Ca+Mg)/K variaron entre 78 y 89 (amplias), se podrían justificar las aplicaciones de 30 ó 45 kg de K<sub>2</sub>O/ha en suelos con condiciones similares a las determinadas en este sitio experimental para tratar de mejorar la calidad de la caña producida.

### Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en estos dos experimentos durante tres cortes consecutivos se concluye:

- Los suelos correspondientes al Grupo de Manejo No. 6 tienen alto potencial de producción pero los excesos de

humedad durante los primeros meses de desarrollo de la caña de azúcar afectan drásticamente la producción de caña.

- En este grupo de suelos, las variedades CC 85-92 y PR 61-632 mostraron diferencias importantes en altura de tallos, contenidos foliares de N y K, producciones de caña, contenidos de sacarosa y producciones de azúcar.
- La CC 85-92 superó a la PR 61-632 en 13.4% en producción de caña, en 7.3% en sacarosa % caña y en 21.5% en producción de azúcar.
- La respuesta al N fue mayor que la respuesta al K en este tipo de suelos. La PR 61-632 mostró una mayor respuesta al N que la CC 85-92 y esta respuesta aumentó con el número de cortes en ambas variedades.
- Las diferencias en los contenidos de sacarosa % caña y en las producciones de caña y de azúcar detectadas entre estas dos variedades más los beneficios que se generan en el transporte de caña de mejor calidad hacen que al escoger entre la CC 85-92 y la PR 61-632 para los suelos arcillosos secos del Grupo de Manejo No. 6 sea más conveniente optar por la CC 85-92.

# Exportación de certificados de reducción de emisiones y uso de la biomasa como combustible

Carlos Omar Briceño B.<sup>1</sup>  
Liliana María Calero S.<sup>2</sup>

## Introducción

El objetivo de este documento es dar a conocer los alcances de la Cumbre del Clima de Kyoto y las oportunidades que la industria azucarera colombiana puede aprovechar en relación con los acuerdos establecidos.

La Cumbre del Clima de Kyoto, conocida como la Tercera Conferencia de las Partes del Convenio Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas, se llevó a cabo entre el 2 y el 11 de diciembre de 1997 y agrupó a más de diez mil asistentes.

Esta cumbre despertó gran interés en todo el mundo porque en ella se dieron las pautas para la estructuración y aceptación de un protocolo legalmente vinculador que busca, de manera concertada, limitar las emisiones de los principales gases invernadero en los países más prósperos. De esta forma, en el Protocolo de Kyoto, 39 países se comprometieron a limitar sus emisiones durante el período 2008 a 2012.

Los países de la Unión Europea (UE), en conjunto, reducirán las emisiones en 8%, EE.UU. en 7% y Japón en 6%. Ucrania, la Federación Rusa y Nueva Zelanda mantendrán los niveles actuales y Noruega, Australia e Islandia aumentarán las emisiones en 1%, 8% y 10%. En términos globales, la reducción propuesta es de 5.2%. Los demás países no han asumido limitación alguna en las emisiones de gases invernadero, a pesar de la insistencia de EE.UU. y otros países desarrollados para que, al menos los líderes del grupo “en vía de desarrollo”, adoptaran algún compromiso en la limitación de emisiones.

Sin ninguna medida para controlar las emisiones, hacia el año 2010 los países comprometidos estarían emitiendo gases en un nivel superior en 30% al convenido en el Protocolo. Esto señala la importancia de que el mensaje llegue hasta las industrias para que aceleren la creación de productos y servicios que tengan como premisa el cuidado del medio ambiente.

1. Ingeniero químico, MSc.; Director Programa de Procesos de Fábrica. CENICAÑA.

2. Química, MSc., Especialista en medio ambiente. CENICAÑA.

El acuerdo otorga a los países cierta flexibilidad en la selección de los mecanismos para medir y alcanzar las metas de reducción. Se estableció la creación de un régimen internacional de intercambio de emisiones que permite a los países industrializados comprar y vender sus excedentes de crédito de emisiones. Además, el protocolo urge a los gobiernos a mejorar el aprovechamiento de la energía, reformar los sectores de transporte, proteger los bosques y otros medios absorbentes de carbono, promocionar las fuentes renovables de energía, eliminar las medidas fiscales inapropiadas y perfeccionar los sistemas de comercialización.

### **El comercio de emisiones**

En el Convenio de Cambio Climático y en el Protocolo de Kyoto se establecieron las bases para activar un mercado de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI). Para ello, se creó el Mecanismo de Desarrollo en Limpio (MDL) que busca disminuir el costo de cumplimiento de las metas de reducción de gases asumidas por los países industrializados y promover el desarrollo sostenible en países en vía de desarrollo. Debido a que el efecto climático de una reducción de gases de este tipo es independiente del sitio donde ésta ocurra, el Mecanismo de Desarrollo en Limpio permite a los grandes emisores invertir parte de sus recursos en proyectos de cumplimiento en países en desarrollo. La idea es que un país que desarrolla un proyecto para reducir emisiones (o aumentar sumideros) puede vender las unidades de reducción de emisiones (UREs) a otro país.

Expertos y entidades multilaterales comprometidos con el tema estiman que si el Protocolo llega a ser ratificado por las partes, el MDL tiene el potencial de generar inversiones en países en desarrollo por un valor cercano a los US\$7,500 millones anuales (Minambiente, 2000).

El comercio de emisiones aparece previsto en los artículos 3 (objetivos de limitación y reducción de emisiones y sumideros), 6 y 16 del Protocolo de Kyoto, pero hasta ahora se restringe a los países

---

En el Convenio de Cambio Climático y en el Protocolo de Kyoto se establecieron las bases para activar un mercado de reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

Se creó el Mecanismo de Desarrollo en Limpio a través del cual los grandes emisores podrán invertir parte de sus recursos en proyectos de cumplimiento en países en desarrollo.

---

desarrollados (listados en el anexo I del Convenio sobre Cambio Climático). Los argumentos a favor del comercio de emisiones son teóricamente económicos; es decir que éstas se reducirían donde fuera más barato hacerlo.

Hasta el momento no hay un acuerdo acerca de la proporción de rebajas asignadas a un país que podrían obtenerse mediante el canje de emisiones. Estados Unidos, por ejemplo, sostiene que podría cumplir virtualmente con la totalidad de sus obligaciones (7% menos que los niveles de 1990) a través de los canjes. Sin embargo, muchos países europeos insisten en que debe ponerse un límite a la cantidad de URE canjeables.

## La ejecución conjunta

Es claro entonces que para alcanzar el desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la convención, los países desarrollados podrán contabilizar como propias las reducciones que se realicen en países en desarrollo. Estas reducciones certificadas se podrán obtener a partir del año 2000. El mecanismo proporciona grandes oportunidades de negocio en la compraventa de los “Certificados de Reducción de Emisiones (CRE), que puede implicar a entidades públicas y/o privadas” (Art. 12.9). Para llevar a cabo estas actividades se han planteado los siguientes enfoques:

**El Enfoque de las Emisiones Netas.** Para estimar las emisiones netas, en cada país se deben calcular las emisiones industriales de gases de invernadero y luego restar las absorciones netas de estos últimos por parte de los ecosistemas. Este enfoque se podrá aplicar voluntariamente a partir del primer período (2008 – 2012) y de forma obligatoria a partir del segundo (2013 – 2017). Por el momento, sólo se podrán descontar las absorciones de carbono resultantes de cambios directamente inducidos por el ser humano y de actividades de forestación, reforestación y deforestación a partir de 1990 (Art. 3.3).

Actualmente, una limitación de este enfoque es la poca precisión de los cálculos de flujos de carbono en los ecosistemas y el carácter transitorio de los sumideros naturales de carbono como los bosques, que pueden convertirse en fuentes de carbono si se degradan. El desarrollo de sumideros de carbono vía reforestación es una medida interesante pero deberá llevarse a cabo con prudencia debido a sus posibles impactos negativos (ambientales y sociales). De otra parte, se podrían establecer objetivos separados para la creación de sumideros y para la reducción de emisiones.

**El Enfoque de la Cesta de Gases.** Este enfoque busca establecer una equivalencia entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y las correspondientes al conjunto de los seis gases o grupos de gases de

invernadero acordados en Kyoto: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, compuestos hidrofluorocarbonados (HFCs), compuestos perfluorocarbonados (PFCs y hexafluoruro de azufre). Para ello se utilizan los *potenciales de calentamiento global* de estos gases, los cuales toman en cuenta el aporte de cada uno en el calentamiento. Sin embargo, la precisión del cálculo de las emisiones de gases de invernadero – aparte del CO<sub>2</sub> – es muy baja, lo que puede conducir a que las reducciones conseguidas con la cesta de gases sean en realidad mucho menores o nulas. Los objetivos de reducción de emisiones se deberían hacer gas por gas, a fin de evitar todos estos problemas.

## Oportunidades para el sector azucarero colombiano

El desarrollo de proyectos comunes entre los países desarrollados (compradores de CRE) y los países en desarrollo (potenciales vendedores) establece un mecanismo de *exportación de reducción o secuestro de emisiones de los gases de efecto invernadero*, que conduciría a la compensación económica por el esfuerzo e inversiones adelantados por el país *sede*, siempre y cuando *comparta* sus logros. Sin embargo, aún existen grandes incertidumbres asociadas con la reglamentación y la entrada en vigencia del Protocolo de Kyoto. Los precios actuales, entre 1 y 3 US\$/t de CO<sub>2</sub>, reflejan dichas incertidumbres. Se espera que la reglamentación de los mecanismos de flexibilidad y funcionamiento del MDL esté lista en el 2002 y el protocolo entre en vigencia en el 2003.

De forma positiva, y aún sin ratificación del Protocolo de Kyoto, empresas de energía como British Petroleum y Shell Oil han implantado programas internos de reducción de emisiones que ya están produciendo resultados. En el Japón, Tokyo Power and Light está invirtiendo en proyectos forestales en el Asia para compensar sus emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de carbón. En Londres, la empresa multinacional Arthur Andersen consolidó un nuevo fondo de inversión para proyectos de reducción de

---

El sector azucarero colombiano ofrece un gran potencial de mercado de Certificados de Reducción de Emisiones (CRE) a través de proyectos conjuntos para cogeneración y generación directa de energía utilizando bagazo y residuos de la cosecha de caña.

---

emisiones y el comercio internacional de derechos de emisión. En Australia, se estableció el Sydney Carbon Trading Exchange, una bolsa de comercio internacional de derechos de emisión. El Fondo Prototipo de Carbono en el Banco Mundial colocará 150 millones de dólares en proyectos MDL en países en desarrollo (Minambiente, 2000).

En el caso colombiano, inicialmente habría que adelantar proyectos con naciones cuyo compromiso con el Protocolo de Kyoto exija un nivel de emisiones que requiera el aporte de otros países. Así por ejemplo, si Canadá, que no debe sobrepasar el nivel de 4.574.410.000 toneladas anuales de emisiones (Montoya, N.L.G., 1999) llega a desarrollar con Colombia un proyecto específico para producir 12 megavatios totales a partir de residuos de cosecha de caña de azúcar con una reducción estimada de 30 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>, aportaría a la inversión colombiana US\$1.0 por tonelada de CO<sub>2</sub> reducida (valor estimado por los autores de este artículo como probable compensación). De esta forma, Colombia tendría un

ingreso de US\$30 millones por año (para obtener los valores reales, estas cifras deberán calcularse con base en un convenio específico, de acuerdo con los artículos 3, 6 y 16 del Protocolo de Kyoto).

Como se puede apreciar, el desarrollo de proyectos energéticos fundamentados en biomasa empieza a ofrecer alternativas a los inversionistas de los países en desarrollo, lo que hace menos gravosa su implantación.

El sector azucarero colombiano ofrece un gran potencial de mercado de CRE a través de proyectos conjuntos con países avanzados para cogeneración y generación directa de energía con destino a la red pública utilizando bagazo y residuos de cosecha. Estos proyectos deberán mejorar los actuales sistemas de producción y uso de energía, reducir sus costos, alcanzar niveles más altos de eficiencia, productividad y competitividad y generar beneficios sociales y ambientales. Sobre estos aspectos hay que señalar la iniciación del Estudio de Factibilidad de Cogeneración Industrial del Sector Azucarero Colombiano, liderado por ASOCAÑA y cofinanciado por los ingenios azucareros y el GEF (Aldana, S., 1998).

### **El mecanismo de desarrollo en limpio (MDL) en Colombia**

El país goza de gran potencial frente al nuevo mercado internacional de CRE. En condiciones óptimas de información y riesgo y contando con instituciones y mecanismos nacionales e internacionales, la economía colombiana podría reducir competitivamente hasta 22.9 millones anuales de toneladas de CO<sub>2</sub>, generando divisas hasta por US\$435 millones al año. La inversión internacional podría transferir tecnología moderna de producción más limpia y el “know-how” crítico para incrementar la productividad y la calidad en los sectores involucrados.

Sin embargo, en el ámbito internacional, varios factores pueden llegar a afectar el modelo y el nivel de participación de Colombia. La negociación en la próxima Conferencia de las Partes del Convenio de

Cambio Climático establecerá el diseño y modo de operación del MDL, y existen propuestas que podrían afectar en forma crítica el potencial de los países en desarrollo, especialmente Colombia. Por ejemplo:

- Países como Alemania y China han manifestado su posición de excluir sumideros del MDL.
- La Comunidad Económica Europea propone la imposición de la *suplementariedad*, un límite severo al uso del MDL respecto a otras alternativas de cumplimiento.
- India y China insisten en un modelo rígido de inversión bilateral en el cual Colombia estará sujeta a que inversionistas del Anexo B la escojan para su inversión extranjera. Esto impone altos costos de búsqueda, negociación, contratación y administración de proyectos. Dados los riesgos percibidos de invertir en Colombia, este modelo bilateral pondrá al país en clara desventaja.

En el ámbito nacional, existen varios factores que pueden restringir el desarrollo del MDL y la obtención de los beneficios potenciales, incluyendo:

- Riesgos: los riesgos de invertir en Colombia se perciben como altos.
- Información: es escasa la información circulante sobre el programa MDL, el mercado y las reglas de formulación de proyectos.
- Financiación: falta de fuentes de financiación para estudios de factibilidad, costos de formulación y ejecución de proyectos.
- Factores institucionales: Colombia no podría participar en el MDL si el Congreso Nacional no ratifica el Protocolo de Kyoto.

Dando respuesta a una buena parte de estas inquietudes, la Oficina de Asuntos Económicos del Ministerio del Medio Ambiente desarrolló un pro-

yecto sobre la Estrategia Nacional de Desarrollo y Aprobación de Proyectos para el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual fue realizado por el National Strategy Studies (NSS) de Colombia con financiación del Banco Mundial. El estudio evalúa las ventajas comparativas y la competitividad en la reducción de gases de efecto invernadero en los principales sectores de la economía colombiana. Se desarrollan herramientas de “capacity building” con el fin de que potenciales ejecutores de proyectos puedan formularlos con características de alta calidad. Los resultados incluyen la estimación de la curva nacional de costos marginales de reducción y el potencial anual de CRE generados (Minambiente, 2000).

Por último, se presenta el diseño de una Oficina de Fomento y Aprobación de Proyectos MDL, desarrollada con base en las características operativas del modelo MDL y la filosofía de que la única forma en que Colombia puede competir en este mercado es con proyectos de muy alta calidad y que el Estado debe asegurar la adicionalidad<sup>1</sup> de sus proyectos.

Es claro que para lograr que Colombia sea competitivo en este mercado no sólo se requieren proyectos que ofrezcan buena rentabilidad (bajos costos de reducciones o capturas de CO<sub>2</sub>) sino también el control y reducción de los riesgos, de manera que los proyectos sean atractivos para los inversionistas extranjeros y locales.

## Referencias bibliográficas

- Aldana, S. Industrial co-generation in the colombian sugar sector: introducing and applying an ESCO approach. A proposal presented to UNDP-GEF. Cali, ASOCAÑA, 1998.
- Ministerio del Medio Ambiente. Santafé de Bogotá (Colombia) Convención marco de cambio climático – Estrategia nacional para el mecanismo de desarrollo limpio. Minambiente, abril 2000.
- [Http://www.minambiente.gov.co/oe/mdl](http://www.minambiente.gov.co/oe/mdl) (abril 2000)
- Montoya, N.L.G., Información preliminar sobre el establecimiento de una planta generadora de energía con base en residuos de la cosecha de caña de azúcar. Cali, 1999.

1. La adicionalidad es el término adoptado en el Protocolo de Kyoto para determinar que los proyectos de reducción o captura de gases efecto invernadero, postulados ante el mecanismo de producción en limpio y orientados a compensar las emisiones citadas en el Anexo B del documento base del Protocolo, realmente sean adicionales a lo que se habría hecho si no hubiese existido este protocolo.

# Cogeneración en ingenios azucareros

Carlos Omar Briceño Beltrán<sup>1</sup>

El interés creciente de los ingenios azucareros colombianos por la comercialización de energía eléctrica justifica revisar las definiciones y conceptos alrededor del tema, establecer el potencial de producción de energía en el sector y mostrar el desarrollo de proyectos de cogeneración en otros países.

## Cogeneración industrial y comercial

La cogeneración se ha definido como *el proceso de producción combinada de energías eléctrica y térmica (que hace parte integrante de una actividad productiva) destinadas al consumo propio o de terceros en procesos industriales o comerciales*. Esta definición se ha acogido en Colombia para todos los propósitos oficiales (Ley 143 de 1994; Resolución 085 de 1996 de la CREG, Comisión Reguladora de Energía y Gas).

El esquema de cogeneración es un principio operacional en los ingenios azucareros, en los cuales se produce vapor para el proceso fabril a partir de un energético primario (bagazo) y energía eléctrica utilizando el vapor sobrecalentado.

Hasta hace pocos años la industria azucarera internacional no había desarrollado proyectos para la generación de energía eléctrica con destino a la red pública debido al bajo costo de la energía, la ausencia de facilidades para distribución (redes, sistemas de comercialización, precios atractivos, etc.) y el uso de calderas y turbinas de vapor con bajas eficiencias. Sin embargo, en algunos países con requerimientos de energía que no habían podido ser suplidos por medios hidráulicos o utilizando otros combustibles como carbón, petróleo, diesel, fuel oil, etc., la industria azucarera emprendió proyectos energéticos utilizando básicamente el bagazo. Así, en Mauritius, doce ingenios suministraron

260,000 Mwh a la red pública en 1998, siendo el bagazo el 75% del combustible (MSIRI, 1999).

De otra parte, en los diez últimos años varios países productores de caña de azúcar han desarrollado campañas para mejorar la eficiencia de los procesos generadores y consumidores de energía térmica, mecánica y eléctrica, con el fin de lograr excedentes de electricidad que se pongan a disposición de la red pública.

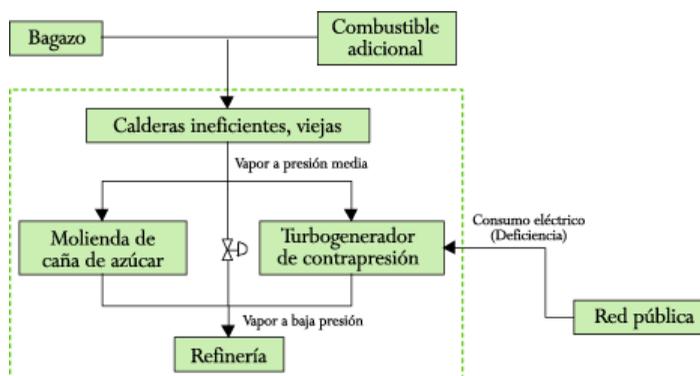
Para configurar una instalación en la que al mismo tiempo se obtenga azúcar y se lleve energía a la red pública se deben analizar diferentes escenarios. Los elementos de variación de estos escenarios están dados por las dimensiones, el diseño, la colocación y secuencia de los equipos y procesos y la utilización de los vapores vivo, de escape y los extraídos de las diferentes unidades de evaporación con destino a los tachos y otros procesos consumidores de energía térmica (Arkel International Inc., 1991).

Para los cálculos y balances de los procesos del ingenio se suelen utilizar programas computacionales, como los desarrollados por CENICAÑA (CENICAÑA, 1999). Estos programas permiten analizar diferentes escenarios, buscando el máximo de eficiencia térmica sin disminuir la producción y calidad de los productos, hasta encontrar la mejor situación (por inversiones, ajustes, costos, medio ambiente y riesgos) para el suministro de energía eléctrica a la red pública.

1. Director del Programa de Procesos de Fábrica, CENICAÑA.

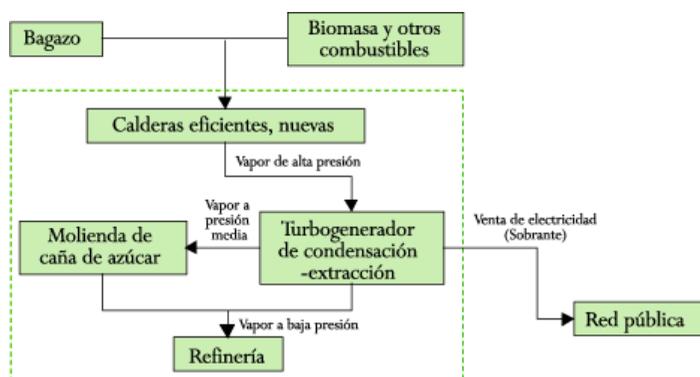
## Modificaciones de las estaciones de generación para exportar energía

Para convertir una fábrica azucarera existente (Figura 1) en una instalación generadora de energía eléctrica o diseñar una nueva unidad (Figura 2), se deben tener en cuenta fundamentalmente tres áreas: Procesos consumidores de vapor de baja presión, Mejoras en la eficiencia de las calderas y Turbogeneradores.



Fuente: TASCOGEN, Robert F. Tamaro, 1994

Figura 1. Sistema energético típico de un ingenio azucarero.



Fuente: TASCOGEN, Robert F. Tamaro, 1994

Figura 2. Sistema energético moderno de un ingenio azucarero.

## Procesos consumidores de vapor de baja presión

El suministro de vapor de baja presión deberá centrarse en la extracción de vapor del pre-evaporador y, en lo posible, de todos los efectos de un sistema de evaporación cuádruple o quíntuple (con 4 ó 5 evaporadores en serie), reduciendo la demanda de vapor de escape de las turbinas o de la estación generadora.

## Mejoras en la eficiencia de las calderas

En algunos casos las calderas deberán ser modificadas, ajustadas o ampliadas (en número) para lograr mayores eficiencias dentro de límites prácticos. Los equipos más utilizados con este fin son precalentadores de aire, economizadores, supercalentadores y hasta secadores de bagazo. En instalaciones nuevas se han venido utilizando equipos para trabajar con temperaturas y presiones más altas que las usuales en la industria azucarera.

## Turbogeneradores de extracción-condensación

La turbina de vapor es una máquina diseñada para reproducir potencia mecánica en movimiento rotatorio a costa de la disminución de energía interna y de presión de vapor de agua. El principio de extracción de energía es el de reducir la energía de alta presión convirtiéndola en energía cinética.

Las turbinas de mayor uso hoy en día en la industria azucarera son las de tipo de no-condensación y contrapresión. Estas unidades normalmente son empleadas en el rango de capacidades de 1000 a 20,000 Kw, con la opción de construir también rangos mayores con diseños de una sola carcasa.

Las turbinas de condensación, con una extracción automática, son máquinas muy versátiles, capaces de operar con contrapresión y/o con-

densación. La posibilidad de suministrar energía y vapor de proceso en un amplio rango de condiciones operativas ha llevado a que su empleo se extienda, brindando en muchos casos una solución sólida y económica.

## Nuevos proyectos energéticos con base en la caña de azúcar

### Proyectos actuales en la India

Hasta la década de los años ochenta, las plantas de cogeneración de los ingenios azucareros de la India se interesaban únicamente en colmar la demanda de los procesos durante la zafra (Cane Cogen India, 1999).

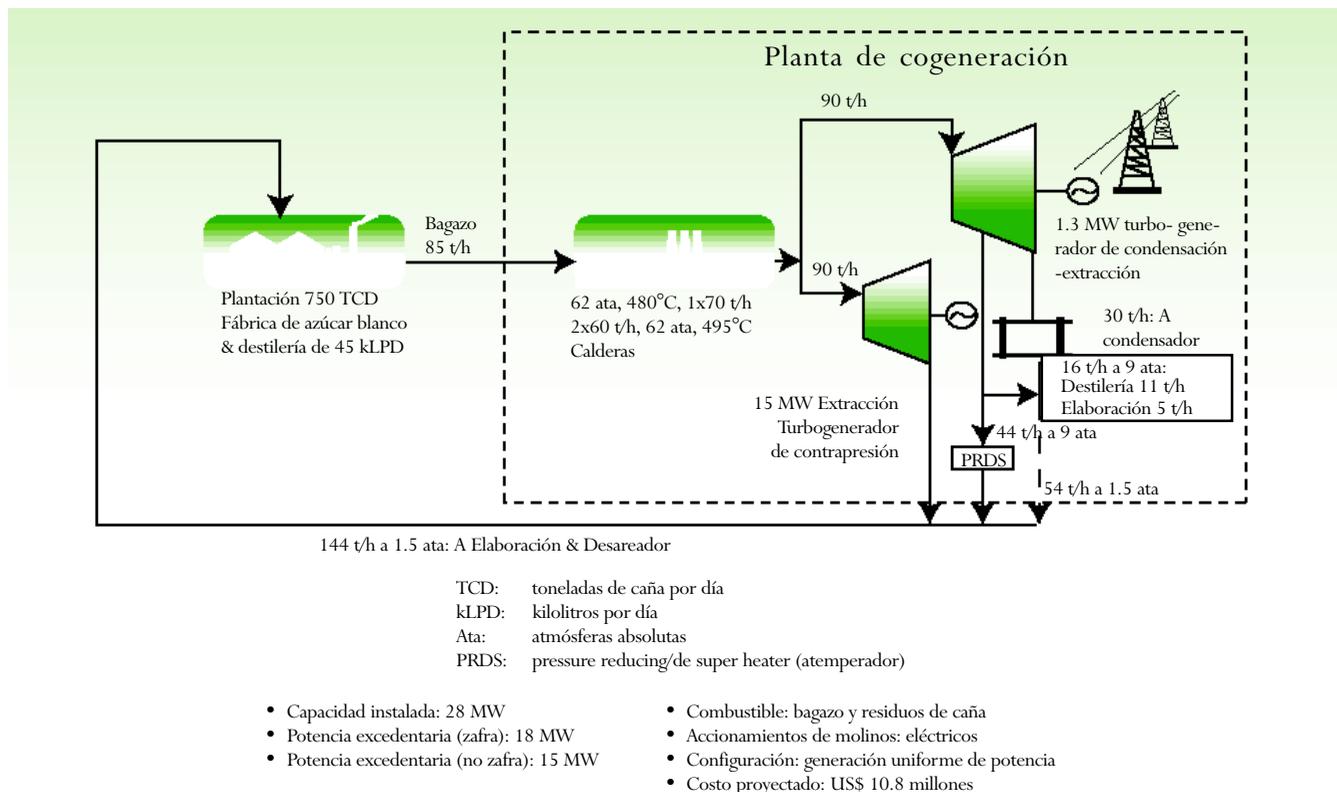
Para lograr este propósito utilizaban calderas de baja presión y temperatura (LPLT: low pressure, low temperature) en combinación con turbinas de contrapresión. Al principio se instalaron sistemas con 13 kg/cm<sup>2</sup> y 250°C y más tarde sistemas con 32 kg/cm<sup>2</sup> y 380°C, ambos con capacidades muy

bajas de generación del orden de 0.07 Kwh/kg de vapor.

En los años noventa se diseñaron, construyeron e instalaron nuevas unidades de cogeneración con calderas de alta presión y temperatura (HPHT), 65 kg/cm<sup>2</sup> y 485°C, combinadas con turbinas de extracción-condensación. Estas unidades presentaron capacidades de generación del orden de 0.2 Kwh/kg de vapor utilizado, significativamente mayores que las anteriores.

Estos ingenios generaron un total de 262 millones de Kwh entre 1997 y 1998, de los cuales 160 millones se llevaron a la red pública.

En la Figura 3 se esquematiza el proyecto correspondiente a la unidad Ugar – Khurd, Karnataka (India) de la compañía Ugar Sugar Works Ltd., que cuenta con el apoyo del programa de asistencia técnica GEP-EBC (Green House Gas Pollution Prevention-programas de desarrollo profesional en las técnicas modernas de generación eléctrica diseñados por Winrock International) de USAID/India.



**Figura 3.** Esquema proyectado de cogeneración para la planta Ugar- Khurd, Karnataka. (Fuente: Cane Cogen India, 1999).

## El proyecto colombiano

Según el estudio de Shaffer, F.C. y Asociados (1991) se estima que los once ingenios afiliados a la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña) y localizados en el valle geográfico del río Cauca tienen el potencial de proporcionar a la red eléctrica alrededor de 123 MW de electricidad producida a partir de bagazo, generando vapor de agua a 650 psig. Además, utilizando mayores presiones de vapor de agua por cambios en el manejo del vapor en la fábrica, se podría llegar a ofrecer más de 150 MW.

Estos planteamientos constituyen la base de los proyectos de generación comercial de energía que están desarrollando algunos ingenios. Su viabilidad técnica se fundamenta en las auditorías energéticas y en la inversión en equipos, mientras que la viabilidad jurídica y comercial depende, en gran parte, de las políticas estatales definidas en la Ley 143 de 1994 – Ley Eléctrica.

Desde 1997 los ingenios Incauca y La Cabaña están colocando para la red pública 94,000 y 11,500 MW/año; a partir de 1999 el Ingenio Providencia introduce 2916 MW/año.

Con el propósito de analizar áreas detectadas como obstáculo para el desarrollo de proyectos de cogeneración basados en la utilización de la biomasa cañera, este año se iniciará un proyecto que cuenta con la cofinanciación del UNDP–GEF

(United Nations Development Programme-Global Environment Facility), los ingenios colombianos y el apoyo logístico y técnico de ASOCAÑA y CENICAÑA (Aldana, S., 1998). El proyecto se orienta a estudiar la factibilidad de cogeneración en el sector azucarero colombiano, siguiendo los lineamientos de una Compañía de Servicio de Energía (ESCO, su sigla en inglés).

## Referencias bibliográficas

- Aldana, S. Industrial co-generation in the colombian sugar sector: Introducing and applying an ESCO approach. A proposal presented to UNDP-GEF. Cali, ASOCAÑA, 1998.
- Arkel International Inc., Sugar industry cogeneration for export of electrical power, Baton Rouge, Louisiana, 1991. 30 pp.
- Cane Cogen India. v.5. New Delhi, Winrock International India (vii), 1999. p.6
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. Manual de auditoría energética para los ingenios azucareros de Colombia. Cali, CENICAÑA, 1999. 199 p.
- Mauritius Sugar Industry Research Institute. Annual Report 1998. MSIRI, 1999. p. 41.
- Shaffer & Associates F.C., Inc. Baton Rouge (EE.UU.) Evaluation of potencial for electric co-generation in the Cauca valley, colombian sugar industry. Washington, Inter-American Development Bank, 1999. 3 v.
- Tamaro, R.F.; Life, L.; Smith, K.C. Tascogen, 1994. Financiamiento de sistemas de producción de energía. En: Seminario Internacional Cogeneración Comercial de Energía Eléctrica en la Agroindustria Cañera, Guatemala, 15-18 Junio, 1994. Memorias. Guatemala, GEPLACEA, 1995. p.89-107.

# Normalización de la información geográfica en Colombia: un reto importante

Brenda Valeska Ortiz Uribe\*

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han consolidado en el mundo como una herramienta de apoyo para la toma de decisiones. Estos permiten que día a día se genere información geográfica con el fin de tener un mejor conocimiento de fenómenos, procesos y actividades.

La disponibilidad de una buena infraestructura que soporte la información geográfica y garantice su adecuada normalización es requisito básico para su conocimiento, distribución, utilización y mercadeo. Muchas veces se piensa que en un SIG lo costoso es la tecnología y lo barato es la información; sin embargo, ambas son igualmente costosas si no pueden ser utilizadas debido a que no se encuentran adecuadamente documentadas, normalizadas o se presentan incompletas o son inconsistentes.

Para garantizar el uso y la calidad de la información geográfica generada en diferentes institu-

ciones colombianas, un grupo de profesionales de distintas entidades conformó el Comité ICONTEC 0034-Normalización de Información Geográfica.

El propósito fundamental del comité es liderar la búsqueda de acuerdos libres y voluntarios entre los diferentes productores y usuarios sobre aspectos de especial relevancia para la comunidad involucrada en el trabajo de la información geográfica, que garanticen el soporte a los procesos de toma de decisiones económicas y sociales del país. Entre estos aspectos se pueden mencionar: métodos, herramientas y servicios para administración de datos geográficos; adquisición, procesamiento, análisis, acceso, presentación y transferencia de información geográfica mediante diferentes formas digitales y no-digitales entre los usuarios, sistemas y ubicaciones. Entre los objetivos de los acuerdos sobre normalización y estandarización de datos geográficos se encuentra el

de eliminar o reducir la duplicidad de esfuerzos en la captura y mantenimiento de datos, racionalizar su producción y potenciar su uso.

El Comité ICONTEC 0034 intenta cubrir las áreas de percepción remota, cartografía, catastro, agrología, geografía y disciplinas relacionadas que permitan mejorar el conocimiento de los recursos naturales existentes en Colombia.

Entre las entidades que pertenecen al Comité 0034 y que participan activamente en los grupos de trabajo se encuentran el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), el Departamento Nacional de Estadística (DANE), el Ministerio del Ambiente, el Departamento de Planeación Nacional (DNP), la Universidad Distrital, la Universidad de Manizales, Ingeominas, el Instituto de Hidrología y Meteorología (IDEAM) y CENICAÑA.

\* Ingeniera agrícola, Analista de Sistemas de Información Geográfica. CENICAÑA.

El trabajo dentro del Comité se desarrolla a través de grupos, conformados por designados y personas con amplia experiencia y conocimientos, interesados en un tema en particular. Son responsables de generar y ayudar en el desarrollo de proyectos sobre normas técnicas en un tema específico de trabajo.

### **Grupos de trabajo: estado actual**

Los grupos de trabajo que existen en el Comité 0034 y su estado actual se resumen a continuación.

#### **Metadatos.**

Los metadatos son datos acerca de los datos geográficos; es decir, son la documentación que debe tener cada dato geográfico. El grupo de trabajo encargado del tema produjo la Norma ICONTEC-NTC 4611/99 Versión 1.0 y actualmente tiene programada una segunda versión que se pretende sea una norma técnica en el 2000.

#### **Calidad.**

Busca definir los componentes de calidad aplicables a la información geográfica y facilitar la evaluación de la aptitud de dicha información para uso en múltiples aplicaciones. Se pretende que el anteproyecto de norma técnica salga a consulta pública en el segundo trimestre del 2000.

#### **Posicionamiento geoespacial.**

Tiene como finalidad definir estándares en esta área y para ello se han creado los subgrupos de trabajo sobre redes geodésicas, exactitud de datos, levantamientos de ingeniería, construcción e instalaciones, cartas de navegación y levantamientos hidrográficos.

#### **Geociencias.**

Se encarga de elaborar un catálogo de objetos geocientíficos y su descripción respectiva, incluyendo sus relaciones y la definición de sus atributos. Además, debe desarrollar un estándar nacional de símbolos, colores y patrones de mapas geocientíficos.

#### **Terminología de información geográfica.**

Este grupo de trabajo tiene la responsabilidad de establecer las definiciones de los términos relacionados con información geográfica como una ayuda para los usuarios, especialmente para quienes desarrollan software y SIG.

#### **Catálogo de objetos.**

Define los objetos geográficos de uso común y sus atributos. Con ellos se pretende establecer un marco semántico común para facilitar la integración de datos producidos por diferentes fuentes.

CENICAÑA, reconociendo la importancia de la normalización geográfica no sólo a nivel del sector azucarero sino también a nivel nacional, participa en el comité 0034. Se espera que los ingenios azucareros y los profesionales del Centro conozcan la importancia de un marco de trabajo normalizado y apliquen y adopten las normas que fije el Comité 0034. Además que su participación sea un puente de comunicación para divulgar las tecnologías desarrolladas y aplicadas a nivel nacional en general y en el sector azucarero colombiano en particular.

### **Referencias bibliográficas**

Comité ICONTEC 0034. Manejo y políticas de trabajo del Comité ICONTEC 0034. Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), STN/CI0034 N001. 1999

Comité ICONTEC 0034. Manejo y políticas de trabajo de los grupos temáticos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC), STN/CI0034 N002. 1999

Comité ICONTEC 0034—Secretaría Técnica. Normalización de Información Geográfica. Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). Informe de Avance Febrero 1999.

# Resumen climatológico mensual

## Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

Enrique Cortés Betancourt\*

### Enero de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media Mensual	Máxima		Oscilación Diaria				
	Absoluta	Media		Absoluta	Media		(%)	( mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
Viterbo	16.4	18.0	22.0	29.1	32.1	11.1	85	76.9	117.2	412.1
Risaralda	17.8	18.9	22.6	29.4	32.5	10.5	88	104.2	113.3	414.9
Cartago	17.4	18.8	22.8	29.7	32.9	10.9	85	88.8	136.0	444.8
Zarzal								73.0		
La Paila	17.6	18.9	22.5	28.9	31.6	10.0	88	92.9	147.8	335.2
Bugalagrande								49.0		
Tuluá	16.1	18.5	22.2	28.2	31.1	9.7	89	101.7	174.7	453.3
Yotoco	17.0	18.8	22.6	28.4	31.7	9.6	S/D	64.6	86.2	427.4
Guacarí	16.8	18.8	22.5	28.4	30.9	9.6	84	47.8	177.5	406.9
Ginebra										
Amáime	16.5	18.0	21.6	27.6	30.3	9.6	86	109.5	124.4	396.2
San Marcos	17.9	19.1	22.8	28.9	31.8	9.8	84	47.0	195.7	413.8
Palmira - La Rita	16.0	18.0	21.7	28.4	30.8	10.4	89	83.1	128.0	387.8
Arroyohondo								34.0		
Palmira - S. José	16.5	18.1	21.8	28.4	30.8	10.3	86	75.7	111.3	313.3
Aeropuerto	16.7	18.4	22.2	28.6	31.5	10.2	83	54.3	138.1	411.5
Base Aérea	18.3	19.7	23.2	28.8	31.3	9.1	82	86.1	80.4	345.2
Candelaria	16.8	18.6	22.1	28.3	30.5	9.7	88	60.4	169.0	406.7
Pradera	16.9	18.2	21.6	27.4	30.6	9.2	85	75.8	127.9	355.9
Meléndez	16.9	18.6	22.2	28.3	30.7	9.7	88	197.2	194.4	401.0
Cenicaña	17.2	18.6	21.9	27.7	30.1	9.1	83	135.8	119.5	378.3
Jamundí	17.0	18.4	22.1	28.1	30.2	9.7	90	118.2	114.6	360.6
Bocas del Palo	17.5	18.7	22.1	28.5	30.7	9.8	90	136.2	118.4	373.8
Ortival								216.0		
Miranda	17.3	18.6	21.8	28.1	30.6	9.5	91	154.0	117.7	384.2
Naranjo	17.3	18.5	21.9	28.0	30.1	9.5	90	165.9	168.4	383.3
Corinto	17.1	18.2	21.7	27.2	29.6	9.0	87	163.2	127.4	373.4
Santander de Q.	17.3	18.5	22.0	28.3	30.7	9.8	90	214.8	119.7	387.2
Mínima	16.0	18.0	21.6	27.2	29.6	9.0	82	34.0	80.4	313.3
Media	17.1	18.6	22.2	28.4	31.0	9.8	87	104.7	135.1	389.9
Máxima	18.3	19.7	23.2	29.7	32.9	11.1	91	216.0	195.7	453.3
Total								2826.1	3107.6	8966.8

S/D: Sin dato.

\* Meteorólogo de CENICAÑA

## Febrero de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media Mensual	Máxima		Oscilación Diaria				
	Absoluta	Media		Absoluta	Media		(%)	( mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
Viterbo	17.1	18.3	22.1	29.2	31.9	10.9	85	273.5	117.3	426.8
Risaralda	17.8	19.1	22.8	29.8	32.3	10.7	88	235.2	114.4	446.2
Cartago	17.8	19.1	23.2	30.3	32.8	11.2	83	84.9	113.0	488.5
Zarzal								123.0		
La Paila	17.4	19.2	23.0	29.5	31.8	10.3	87	95.0	149.6	331.7
Bugalagrande								150.0		
Tuluá	17.0	18.5	22.3	28.7	31.3	10.2	89	99.1	177.1	480.6
Yotoco	16.6	18.8	22.8	28.8	31.3	10.0	S/D	106.9	84.8	445.7
Guacarí	17.5	18.8	22.5	28.7	31.1	9.9	85	69.4	168.1	396.9
Ginebra										
Amaime	17.1	18.4	21.9	28.3	30.9	9.9	85	117.1	120.4	405.7
San Marcos	17.1	19.0	22.9	29.1	31.3	10.1	86	70.2	195.5	450.3
Palmira - La Rita	16.1	18.2	22.0	28.9	30.9	10.7	89	121.2	124.9	411.9
Arroyohondo								100.0		
Palmira - S. José	16.6	18.1	22.0	29.2	31.2	11.1	87	207.0	111.4	368.4
Aeropuerto	16.2	18.3	22.4	29.3	31.2	11.0	84	83.5	130.7	431.5
Base Aérea	18.1	19.8	23.4	29.5	32.1	9.7	81	S/D	83.2	380.7
Candelaria	16.8	18.7	22.3	28.9	31.1	10.2	88	146.6	164.0	420.4
Pradera	17.3	18.3	21.9	28.1	30.7	9.8	85	163.0	122.0	389.6
Meléndez	16.5	18.6	22.4	29.1	30.9	10.5	88	126.5	200.2	443.7
Cenicaña	17.4	18.8	22.2	28.3	30.7	9.5	82	126.1	118.7	413.2
Jamundí	15.6	18.2	22.2	28.9	30.7	10.7	89	169.1	117.0	401.9
Bocas del Palo	16.3	18.5	22.3	29.0	31.1	10.5	89	177.2	121.3	405.0
Ortígal (*)	17.2	18.5	21.9	28.5	30.8	10.0	92	173.1	80.7	421.9
Miranda	17.3	18.5	22.1	28.5	31.2	10.0	90	152.3	112.0	403.2
Naranjo	16.8	18.4	22.0	28.5	31.0	10.1	90	181.0	164.2	400.6
Corinto	16.1	18.1	21.7	27.7	30.2	9.6	88	308.5	124.2	396.2
Santander de Q.	15.9	18.3	22.1	28.6	31.1	10.3	90	212.3	116.4	395.6
Mínima	15.6	18.1	21.7	27.7	30.2	9.5	81	69.4	80.7	331.7
Media	16.9	18.6	22.4	28.9	31.2	10.3	87	148.9	130.5	414.8
Máxima	18.1	19.8	23.4	30.3	32.8	11.2	92	308.5	200.2	488.5
Total								3871.7	3131.1	9956.2

S/D: Sin dato.

(\*) Datos para 19 días; precipitación para el mes

## Resumen climatológico mensual

### Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

#### Marzo de 2000

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa	Precipitación	ETP x PENMAN	Radiación solar
	Mínima		Media Mensual	Máxima		Oscilación Diaria				
	Absoluta	Media		Absoluta	Media		(%)	( mm)	(mm)	(cal/cm <sup>2</sup> )
Viterbo	16.7	18.4	22.3	29.4	31.1	11.0	85	243.1	133.2	438.0
Risaralda	18.2	19.3	23.0	29.7	32.1	10.4	89	145.4	125.3	442.1
Cartago (*)										
Zarzal	17.9	19.0	22.8	28.8	30.5	9.8	83	135.9	148.8	401.6
La Paila	17.9	19.3	22.8	29.1	30.7	9.8	89	218.1	164.2	338.7
Bugalagrande	17.0	18.9	22.8	29.3	30.8	10.4	87	121.5	151.9	453.0
Tuluá	17.1	18.9	22.5	28.6	30.3	9.7	89	97.2	192.0	484.1
Yotoco	17.4	18.8	22.7	28.8	30.3	10.0	S/D	186.9	95.6	460.8
Guacarí	17.8	18.8	22.7	28.8	30.3	10.0	86	114.2	192.8	426.7
Ginebra										
Amaime	17.1	18.4	22.0	28.0	29.5	9.6	86	103.2	129.4	388.5
San Marcos	17.5	19.0	23.1	29.3	31.0	10.3	86	64.2	217.8	463.5
Palmira - La Rita	17.0	18.4	22.1	28.7	31.0	10.3	90	128.0	136.9	401.6
Arroyohondo								77.0		
Palmira - S. José	16.7	18.4	22.1	28.8	30.9	10.4	87	116.0	118.9	342.3
Aeropuerto	17.4	18.5	22.4	28.9	30.3	10.4	85	87.7	136.0	429.1
Base Aérea	18.4	19.7	23.6	29.1	30.8	9.4	83	S/D	98.5	387.5
Candelaria	16.9	18.7	22.4	28.8	30.7	10.1	89	101.4	178.3	427.5
Pradera	17.0	18.5	21.9	27.9	29.6	9.4	87	217.5	133.7	379.9
Meléndez	16.9	18.9	22.7	28.8	30.3	9.9	88	160.1	211.3	430.4
Cenicaña	17.4	18.8	22.2	28.1	30.2	9.3	84	173.3	125.0	395.5
Jamundí	16.6	18.8	22.5	28.7	30.1	9.9	89	164.7	133.8	401.2
Bocas del Palo	17.7	19.1	22.7	29.0	30.7	9.9	90	267.8	136.6	386.8
Ortival	17.6	18.8	22.4	28.5	30.2	9.7	92	124.9	122.4	401.6
Miranda	17.6	18.9	22.4	28.4	30.6	9.5	90	125.2	117.7	383.5
Naranjo	17.6	18.7	22.2	28.3	30.1	9.6	89	181.8	180.2	411.4
Corinto	17.3	18.5	22.0	27.5	29.7	9.0	88	157.3	129.1	361.3
Santander de Q.	17.4	18.6	22.3	28.8	30.5	10.2	89	166.7	120.0	310.9
Mínima	16.6	18.4	21.9	27.5	29.5	9.0	83	64.2	95.6	310.9
Media	17.4	18.8	22.5	28.7	30.5	9.9	88	147.2	145.2	405.9
Máxima	18.4	19.7	23.6	29.7	32.1	11.0	92	267.8	217.8	484.1
Total								3679.1	3629.4	10147.5

S/D: Sin dato.

# Comportamiento del clima durante 1999 en el valle del río Cauca

Enrique Cortés Betancourt.<sup>1</sup>

## Generalidades

Las condiciones climáticas durante el año 1999 en todo el territorio colombiano se caracterizaron por la influencia del fenómeno de La Niña. Este evento Niña ha sido el más atípico, tanto por la forma ex abrupta como se inició a mediados de 1998 (inmediatamente terminado el fenómeno de El Niño) como por su duración tan prolongada; este evento se extendió durante 18 meses, hasta diciembre de 1999, en comparación con el promedio de 12 meses.

La intensidad de La Niña a través del año varió entre débil y fuerte, presentando anomalías negativas de la temperatura superficial del mar entre 0.5 y 2.5°C. El fenómeno tuvo varias reactivaciones y la más fuerte se presentó entre noviembre y diciembre.

Se puede afirmar que 1999 fue un año frío en todo el valle del río Cauca, con temperatura media de apenas 22.5°C, es decir 1°C menos que la correspondiente media multianual. Las temperaturas mínima y máxima, tanto absolutas como medias, también presentaron valores relativamente bajos durante 1999. De igual forma, la oscilación media diaria de la temperatura registró valores relativamente bajos al nivel anual.

El total anual acumulado de precipitación para todo el valle del río Cauca fue aproximadamente 20% mayor que el respectivo valor en 1998. Por el contrario, el valor anual acumulado de la evaporación fue entre 5 y 10% menos que el del año anterior.

Los registros de radiación solar media diaria a nivel anual fueron muy similares en 1998 y 1999, con 404 y 403 cal/cm<sup>2</sup>xdía.

## Temperatura mínima

La temperatura mínima absoluta más baja se presentó en Viterbo (13.5°C). Temperaturas mínimas absolutas por debajo de los 14°C tuvieron lugar en Jamundí (13.8°C) y Santander de Quilichao (13.9°C).

Las temperaturas mínimas absolutas más altas (16.2°C) se registraron en Cartago y en Yotoco. Temperaturas mínimas absolutas por encima de los 16°C ocurrieron en Zarzal y en La Paila (16.1°C).

La temperatura media mínima más baja se presentó en Pradera (18.1°C). Valores bajos de temperatura media mínima tuvieron lugar en Viterbo, las áreas de Amaime – El Placer, Palmira, Arroyohondo, Candelaria, el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y Jamundí (18.3 – 18.5°C), así como en la zona plana del extremo noreste del departamento del Cauca (18.4 – 18.5°C).

1. Meteorólogo de CENICAÑA

La temperatura mínima media más alta (19.7°C) se registró en la estación Base Aérea. Valores altos de temperatura mínima media (18.8 – 19.6°C) ocurrieron en San Marcos, Yotoco y el extremo norte del departamento del Valle del Cauca.

## Temperatura media

La temperatura media anual varió entre 21.9 y 23.6°C, valores que se registraron en Pradera y la Base Aérea.

Viterbo, Amaime-El Placer, Palmira, Candelaria, Jamundí, San Antonio de los Caballeros y la parte plana del noreste del departamento del Cauca se pueden catalogar como zonas con temperaturas medias anuales bajas (22.0 – 22.3°C). Por el contrario, se presentaron temperaturas medias anuales altas (22.8 – 23.3°C) en el extremo norte del departamento del Valle del Cauca y en el piedemonte de la cordillera Occidental (Yotoco, San Marcos y Arroyohondo).

## Temperatura máxima

La temperatura máxima absoluta más alta (33.6°C) tuvo lugar en la estación Base Aérea. Este parámetro registró valores iguales o por encima de los 33°C en el extremo norte del departamento del Valle del Cauca, el área del aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón y el extremo suroriental de Cali (Meléndez).

La temperatura máxima absoluta más baja (31.2°C) ocurrió en El Naranjo (muy cerca del Ingenio La Cabaña). Valores de temperatura máxima absoluta por debajo de 32°C se presentaron en Amaime–El Placer, Pradera y Corinto.

La temperatura máxima media más alta (29.7°C) se registró en Cartago. Temperaturas máximas medias iguales o mayores que 29°C tuvieron lugar en Viterbo, el extremo norte del departamento del Valle del Cauca, Yotoco, San Marcos, la Base Aérea y Bocas del Palo.

La temperatura máxima media más baja (27.6°C) se presentó en Corinto. Otros valores bajos de este parámetro (28.0 – 28.5°C) ocurrieron en las zonas de Ginebra, Amaime–El Placer, Pradera, San Antonio de los Caballeros y en la parte plana del extremo noreste del departamento del Cauca.

## Oscilación diaria de la temperatura

La oscilación media diaria más baja de la temperatura (9.2°C) se registró en Corinto, mientras la más alta (10.9 °C) tuvo lugar en Viterbo.

Valores anuales bajos de este parámetro (10.0°C o menos) ocurrieron en Tuluá, Ginebra, Amaime–El Placer, la Base Aérea, Pradera, San Antonio de los Caballeros y la parte plana del

extremo noreste del departamento del Cauca.

Por el contrario, la oscilación media diaria de la temperatura presentó valores relativamente altos (10.5°C o más) en Zarzal, Bugalagrande y el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón.

## Precipitación

Se registraron tres áreas con precipitaciones altas relativas: en Viterbo y La Virginia las lluvias de 1999 alcanzaron los 2307 y 2050 mm. En las zonas de Jamundí las lluvias acumuladas durante el año fueron de 1824 mm, en El Naranjo y Corinto la precipitación anual ascendió a 1898 y 1820 mm.

Un área de baja precipitación anual acumulada (menor que 1200 mm por estación) la constituyó la zona central del Valle del Cauca, que se extiende desde Tuluá en el norte hasta Candelaria en el sur. Se exceptúan las estaciones de Ginebra, Amaime–El Placer y Palmira-La Rita, donde las precipitaciones anuales fueron cercanas o un poco superiores a los 1300 mm.

Las menores precipitaciones acumuladas durante 1999 ocurrieron en San Marcos (758 mm) y el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón (971 mm) (Figura 1).

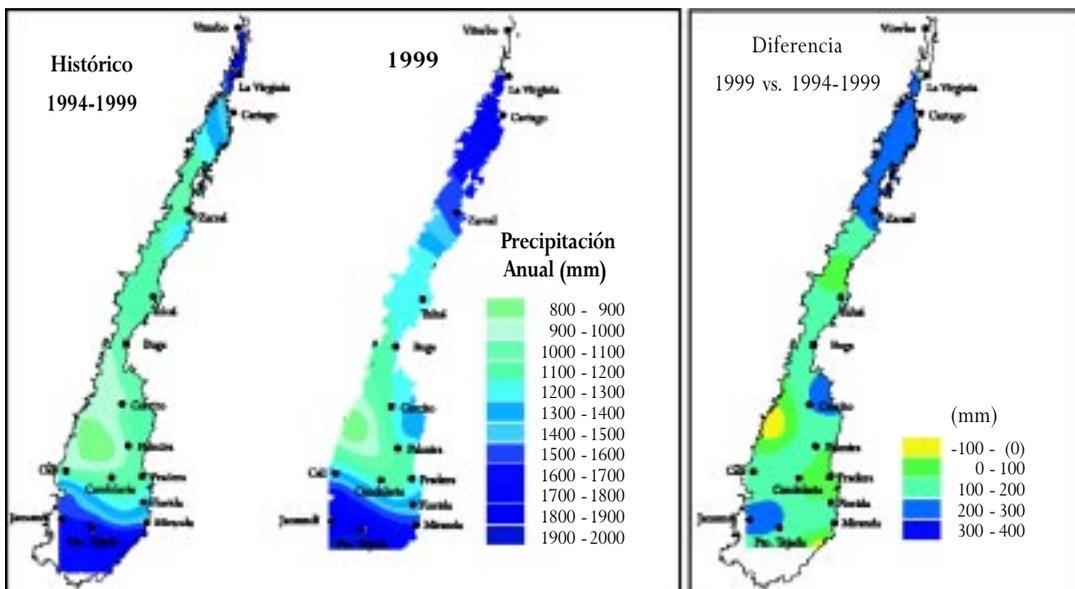
## Radiación solar

La mayor radiación solar media diaria a nivel anual tuvo lugar en

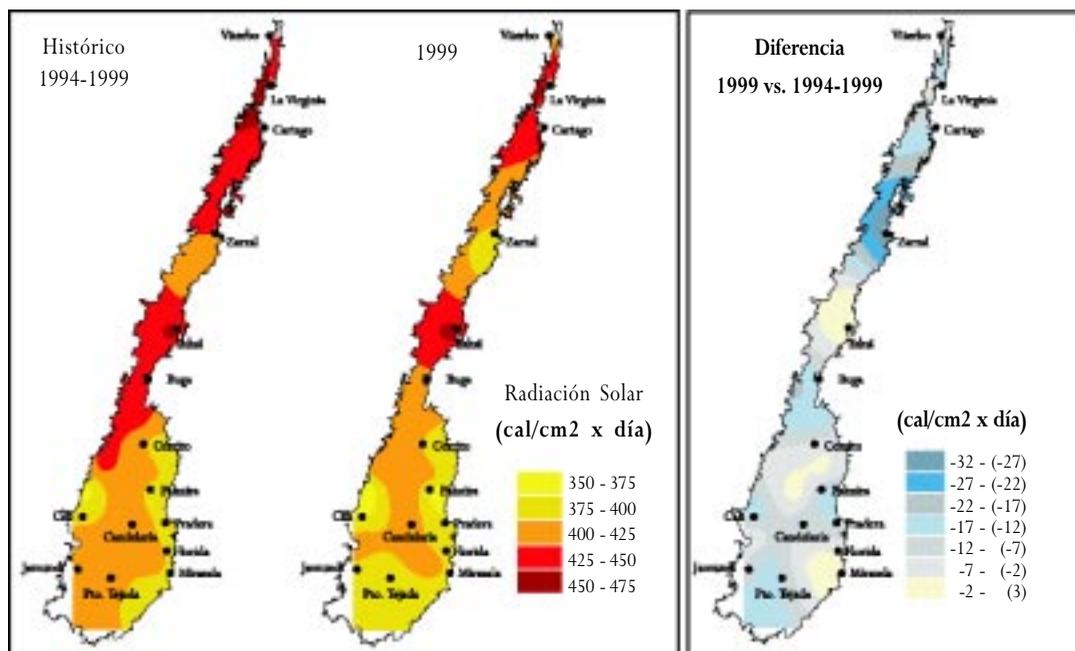
Cartago y fue de  $474 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ . Otras áreas donde se registraron valores altos son: La Virginia ( $433 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ), Tuluá ( $457 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ), San Marcos ( $426 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ) y el aeropuerto Alfonso

Bonilla Aragón ( $420 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ). Los valores más bajos de la radiación solar media diaria a nivel anual en el valle del río Cauca ocurrieron en Arroyohondo y Palmira—San José ( $353$  y  $358 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ).

Valores por debajo de  $380 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$  se presentaron también en la Base Aérea ( $371 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ), Pradera ( $377 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ) y Corinto ( $369 \text{ cal/cm}^2 \text{xdía}$ ) (Figura 2).



**Figura 1.** Comportamiento de la precipitación en 1999 y su comparación con el promedio histórico (1994-1999), en el valle del río Cauca.



**Figura 2.** Comportamiento de la radiación solar en 1999 y su comparación con el promedio histórico (1994-1999), en el valle del río Cauca.

• Mapas elaborados por Brenda V. Ortiz, área SIG-CENICAÑA.  
Fuente de los datos: Red meteorológica automatizada del sector azucarero colombiano

# Sistema de labranza reducida en el Ingenio Manuelita S.A.

Juan Pablo Rebolledo R.<sup>1</sup>  
Jaime F. Gómez<sup>2</sup>

La labranza reducida es un sistema de renovación de plantaciones que reduce significativamente la utilización de maquinaria agrícola en las labores de preparación de tierras sin afectar el establecimiento y desarrollo del cultivo.

Para el cultivo de la caña de azúcar la labranza reducida es utilizada en los países con zafra como Mauricio, Estados Unidos, Suráfrica y Guatemala pero las labores que se realizan varían, principalmente en función de los suelos, al igual que en la labranza convencional.

Este sistema fue implementado comercialmente en el Ingenio Manuelita S.A. en 1997, después de diferentes experimentos desarrollados por el Departamento de Tecnología Agrícola del Ingenio en conjunto con CENICAÑA; a partir de estos experimentos se definió una metodología única con labores complementarias a las establecidas en las evaluaciones iniciales del sistema.

La gerencia de campo del Ingenio determinó utilizar la labranza reducida con el objetivo fundamental de disminuir los costos de renovación que se presentaban al utilizar la labranza convencional.

## Metodología

Como resultado de las investigaciones se definieron los siguientes parámetros para garantizar el éxito del sistema de labranza reducida:

- Efectuarla durante los meses secos (enero a marzo y julio a septiembre).
- Realizarla en cañas con quema antes del corte o en campos que se encuentren por fuera del área restringida de quema de residuos poscosecha (requema) a fin de disminuir la carga de éstos por manejar.
- Utilizarla en campos no compactados, que no hayan sido cosechados en condiciones de suelo húmedo.

Las prácticas culturales indicadas son:

- Encalle mecánico.
- Bateas y/o pie de surcos.
- Erradicación (descepada) química.
- Subsuelo por la cepa.
- Subsuelo con Cenitándem.
- Subsuelo por la calle.
- Cultivo-surco.
- Nivelación de vía de riego y construcción de desagüe.

1. Ingeniero agrónomo, Jefe Adecuación y Preparación de Tierras. Ingenio Manuelita S.A.

2. Ingeniero agrónomo, MSc., Jefe del Departamento de Agronomía. Ingenio Manuelita S.A.

**Encalle mecánico.** Con esta labor se retiran completamente los residuos vegetales poscosecha que quedan en el campo, principalmente las hojas. Cuando el campo por renovar se encuentra fuera de la zona de restricción de requema, los residuos se queman para facilitar el encalle. La labor se lleva a cabo inmediatamente después de cosechar el campo, entre 2 y 8 días después del corte, utilizando encalladoras tipo Toft. Al limpiar la cepa la dominancia apical estimulada por la luz solar induce el rebrote de las cepas.

**Bateas y opie de surcos.** Una vez encallados los residuos se construye un drenaje al final del surco, con forma de batea de 30 a 35 cm. El objetivo es garantizar el desagüe de aguas de escorrentía, ocasionadas por lluvias, que se puedan acumular en la parte inferior del lote afectando la realización de las labores mecanizadas. Esta labor se realiza con un bulldozer CAT D5B de 125 HP.

**Erradicación química.** La erradicación de la cepa se hace mediante la aplicación de un herbicida sistémico, en este caso Round up (glifosato), en dosis de 8 litros por hectárea. Para la erradicación química de variedades de altos contenidos de fibra se utiliza el herbicida Fusilade en dosis de 6 litros por hectárea. Al agua utilizada para la mezcla se adiciona un estabilizador (Cosmoaguas, 200 gramos por hectárea) y un surfactante en dosis que varían entre 0,2 litros por hectárea en épocas de secas y 0,4 litros por hectárea en épocas de lluvias.

La aplicación se realiza entre los 25 y 30 días después del corte, cuando el cultivo ha desarrollado suficiente área foliar.

**Subsuelo por la cepa.** Esta labor complementa la aplicación del herbicida y se ha denominado Control Integrado de la Cepa. Se realiza luego de 15 días de la aplicación química y consiste en cortar mecánicamente las cepas y roturar el suelo a una profundidad de 40 cm. Por la característica del implemento de brazo recto las cepas son roturadas pero no invertidas, conservando su posición original. Con este control integrado se han logrado erradicaciones entre 95 y 98% de las cepas.

**Subsuelo con Cenitándem.** Esta labor permite descompactar y roturar el suelo en la calle (futura cama de la semilla) con el objetivo de desagregarlo. Se realiza con el implemento desarrollado por CENICAÑA a dos profundidades de roturación, 30 y 60 cm. Requiere una máquina de alta potencia (275 HP) y se lleva a cabo entre los 15 y 20 días después de la aplicación química, una vez finalizado el control integrado de la cepa.

**Subsuelo por la calle.** En suelos pesados de texturas franco-arcillosas y arcillosas es necesario realizar otro pase de subsuelo por la calle para aumentar la roturación del suelo y mejorar la calidad del surco.

Para esta labor se utiliza un subsuelo de tres vástagos por calle, con una máquina de 175 HP de potencia. Se cubren dos calles, roturando a una profundidad de 50 cm.

**Cultivo-surco.** Se utiliza el implemento para cultivar y aporcar plantillas. Este cultivo-surco consta de dos cuerpos de rastrillos que roturan el suelo a altas velocidades, disminuyendo el tamaño del terrón, y dos vertederas que dan forma al surco. Se utiliza un tractor de 175 HP con doble transmisión a una velocidad de operación de 15 km/hora.

**Nivelación de la vía de riego y construcción de desagüe.** Debido a que la vía de riego es tapada para la cosecha de la suerte, ésta queda en un nivel inferior al del terreno donde está la cepa, lo cual dificulta las labores del riego e induce desperdicios de agua en los callejones. Para evitar esta situación se realiza el levantamiento de la vía de riego con tierra del callejón, utilizando un bulldozer Caterpillar D5B de 125 HP de potencia.

El mismo bulldozer se utiliza para construir el desagüe en la parte inferior del campo (batea recibidora de las escorrentías del riego), con el objetivo de evitar una alta humedad en la parte inferior del surco que pueda beneficiar el rebrote de las cepas controladas.

# Secuencia de labores de labranza reducida en el Ingenio Manuelita

## Resultados

Las suertes renovadas con labranza reducida no han presentado disminuciones en su productividad. Las producciones de caña han sido similares o superiores que las obtenidas presentadas con el sistema de renovación convencional (Cuadros 1 y 2).

En el último año, el área renovada con labranza reducida no ha sido mayor por decisiones institucionales consistentes en disminuir las renovaciones en general.

**Cuadro 1.** Producción de caña y rendimiento en azúcar de tres variedades establecidas con el sistema de labranza reducida en el Ingenio Manuelita S.A.

Variedad	Área cosechada (ha)	Producción de caña		Rendimiento (%)
		(t/ha)	(t/ha/mes)	
CC 85-92	69	150	11.44	12.12
MZC 82-11	25	145	11.11	11.94
MZC 84-04	31	164	12.37	11.99
Promedio ponderado		152	11.60	12.05

**Cuadro 2.** Área renovada con el sistema de labranza reducida y con el sistema de labranza convencional en el Ingenio Manuelita S.A. entre 1997 y 1999.

Año	Labranza convencional (ha)	Labranza reducida (ha)
1997	1,536	197
1998	1,362	157
1999	480	56
Total	3,378	410

Debe prestarse interés especial a la secuencia de labores de la labranza reducida y a la **oportunidad de su ejecución en los días establecidos.**

Estas variables determinan el éxito de la renovación con el sistema.



**1** Los residuos poscosecha se retiran del campo entre 2 y 8 días después del corte para inducir el rebrote rápido de las cepas por renovar. La labor se realiza con una encalladora mecánica Toft.

**2** Se construyen drenajes al final del surco, en forma de bateas entre 30 y 50 cm de profundidad. El propósito es canalizar las aguas de escorrentía causadas por la lluvia.

**3** Entre los 25 y 30 días después del corte se aplica un herbicida sistémico para erradicar las cepas de caña.



**4** Las cepas muertas se cortan con el subsuelo de la fotografía, 15 días después de haber aplicado el herbicida. Con esta práctica adicional se complementa el Control integrado de la cepa.



**5** Luego se usa el subsolador Cenitándem para descompactar y roturar el suelo de la calle donde se sembrará el nuevo cultivo. La labor se realiza 5 días después de concluida la erradicación.



**6** Se utiliza un subsuelo triple para mejorar la calidad del nuevo surco y aumentar la roturación en suelos pesados de texturas franco-arcillosas y arcillosas.



**7** Con el cultivo-aporque se da forma al nuevo surco y se disminuye el tamaño de los terrones que han quedado en el suelo, preparando el terreno para la siembra.

**8** Se nivela la vía de riego utilizando un bulldozer Caterpillar D5B de 125 HP de potencia. Luego se siembra el nuevo cultivo.

**9** La siembra se realiza con distancias de 12 metros entre paquetes de semilla; cada paquete contiene 30 trozos de 0.60 m cada uno.

## Costos de la labranza reducida

Para valorar el costo actual de este sistema de renovación se ha cuantificado el costo de cada una de las labores descritas anteriormente, de la siguiente forma:

Labor	Rendimiento (h/ha)	Costo unitario (\$/ha)
Encalle Toft	1.50	37,000
Descepada química	0.90	130,000
Subsuelo triple sencillo	0.6	87,000
Subsuelo Cenitándem	0.95	100,000
Subsuelo triple por la calle	0.80	35,000
Cultivo-surco	0.35	25,000
Nivelación vías y desagües	0.50	23,000
Total	5.60	437,000

Estos valores tienen en cuenta el costo de supervisión con personal de la empresa, el cual corresponde a \$42.000 por hectárea.

El valor del subsuelo triple por la calle ha sido ponderado en su costo debido a que es una labor opcional.

El Ingenio Manuelita S.A. utiliza actualmente una combinación de maquinaria propia y contratada para las labores de preparación de tierras, con un costo de la labranza convencional de \$670,000.00 por hectárea. Así, la labranza reducida significa una disminución en costos de \$233,000.00 por hectárea, equivalentes al 35%.

---

Las suertes renovadas con labranza reducida no han presentado disminución en su productividad.

Las producciones de caña han sido similares o superiores que las obtenidas con el sistema de renovación convencional.

---

## Beneficios de la labranza reducida

- Disminución de 35% en los costos de renovación en comparación con la labranza convencional, con la maquinaria que se utiliza actualmente. Este es un beneficio importante y con base en él se ha justificado el uso de este sistema de labranza en el Ingenio.
- Disminución de los requerimientos de maquinaria para renovar un campo. Con la labranza convencional se utilizan aproximadamente 9 horas por hectárea para surcar un campo; con la labranza reducida se utilizan 5,6 horas por hectárea. La disminución de las horas máquina es de 38%.
- Evita pérdidas de suelo debidas a la erosión ocasionada por la acción del viento y del agua.
- A largo plazo puede aumentar los contenidos de materia orgánica del suelo causada por la descomposición in situ de las cepas de la soca anterior.
- Se cree que mejora las propiedades físicas del suelo por la gran disminución de las labores mecanizadas que se realizan para preparar el terreno.
- Una vez se logra erradicar las cepas, la preparación del suelo y la siembra del nuevo cultivo se pueden realizar inmediatamente.

# Labranza reducida en Oriente S.A.

Rodrigo Villegas Tascón\*

El sistema de labranza reducida para renovar las plantaciones de caña de azúcar se comenzó a utilizar en Oriente S.A. en 1995, luego de conocer sus ventajas en un día de campo programado por CENICAÑA en la finca de Luis Felipe Villegas. En 1999 hicimos labranza reducida en el 65% del área renovada, acumulando en estos cuatro años un total de 310 hectáreas plantadas con el sistema.

La labranza reducida tiene importantes beneficios económicos por reducción de costos, cuando se compara con la labranza convencional; hasta el momento hemos cuantificado un 34% de ahorro y creemos que puede ser mayor pues aún existen muchos aspectos por aprender y corregir.

La secuencia que seguimos en Oriente S.A. para renovar con labranza reducida es:

- Manejo de los residuos: en algunos casos sacamos los residuos de cosecha a los callejones; en otros, utilizamos despajadoras tipo Lelly y colocamos los residuos encima de las cepas viejas al 4x1 (cuatro surcos limpios y uno con residuos). Con este último sistema tenemos dos formas de manejo: en las áreas donde es prohibido quemar los residuos (requemar) debido al convenio de producción más limpia hemos utilizado una guadaña para picarlos, de manera que queden desfibrados y puedan ser incorporados fácilmente al suelo; en las áreas donde aún es posible requemar, así lo hacemos.

- Destrucción de cepas viejas: el control oportuno de la cepa es fundamental para no afectar por competencia al cultivo nuevo. Más o menos 30 días después de cortar la caña, cuando ha brotado la planta vieja, aplicamos entre 6 y 8 litros de herbicida Round up por hectárea dependiendo de la variedad.

Hemos visto que para lograr la muerte de la cepa es necesario tener tiempo seco durante las ocho horas siguientes a la aplicación química; en otras palabras, es muy importante programar la aplicación esperando que no llueva en ese lapso.

- Preparación del suelo: entre 15 y 20 días después de aplicar el herbicida procedemos a erradicar la cepa vieja y a preparar el suelo. Utilizamos un chuzo de tres vástagos halado por un tractor de alta potencia (250 HP en adelante), de manera que logramos preparar el 50% del área (Figura 1). Luego, en un solo pase, preparamos la otra mitad del área con el Cenitándem y dejamos listos los surcos para la siembra (en la parte de atrás del Cenitándem colocamos un implemento que posee dos vertederas, las cuales se usan para surcar el campo).

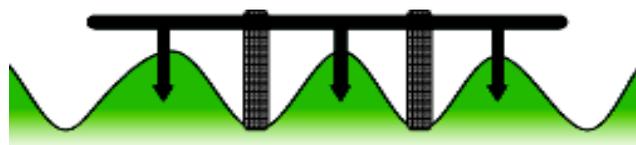


Figura 1. Esquema de la labor de preparación del suelo con un implemento de tres vástagos.

\* I.A.. Gerente de Producción, Oriente S.A. Apartado aéreo: 592 de Palmira  
E-mail: rodrigo\_villegas@oriente.com.co

- Siembra: la siembra se realiza con el sistema manual, con distancias entre paquetes de semilla de 30 trozos cada uno que oscilan entre 12 y 16 metros. Consideramos interesante realizar las siembras en época de lluvias para que la etapa de máximo crecimiento del cultivo coincida con éstas y sea posible tener un ahorro adicional por concepto de riego.

Los resultados de producción son satisfactorios, máxime cuando se relacionan con los menores costos del sistema. No hemos encontrado diferencias importantes entre órdenes de suelo, distancias entre surcos, variedades de caña ni número de corte (Cuadros 1 a 5). La producción máxima se logró en 1995, sin una explicación precisa sobre los factores que influyeron en los resultados; creemos que fue debido a la buena erradicación de cepas lograda ese año.

**Cuadro 1.** Producción de caña obtenida en el área renovada con labranza reducida entre 1995 y 1999 en Oriente S.A.

Año	Área		Producción de caña (t/ha)	
	(ha)	Porcentaje <sup>1</sup>	Máxima	Mínima
1995	43	14	166	111
1996	92	37	148	62
1997	44	23	144	100
1998	37	12	121	87
1999	94	65	141	102

1. Porcentaje del área total renovada cada año.

**Cuadro 2.** Productividad de las áreas renovadas con labranza reducida entre 1995 y 1999 en Oriente S.A. según número de corte (promedios).

Corte (no.)	Área (ha)	Edad (meses)	Caña (t/ha)	Rendimiento (%)	Azúcar (t/ha)
Plantilla	310	13.3	118	11.11	13.13
1ª soca	201	12.8	131	11.75	15.39
2ª soca	176	12.8	118	11.44	13.45
3ª soca	130	13.4	122	11.12	13.53
4ª soca	56	13.3	122	11.26	13.74

**Cuadro 3.** Productividad de las áreas renovadas con labranza reducida entre 1995 y 1999 en Oriente S.A. según orden de suelo (promedios).

Orden de suelo	Área (ha)	Edad (meses)	Corte (no.)	Caña (t/ha)	Rendimiento (%)	Azúcar (t/ha)
Inceptisols	151	13.1	1.8	105	10.73	11.24
Mollisols	533	12.9	2.5	123	11.54	14.27
Vertisols	189	13.6	2.3	103	11.22	14.61

**Cuadro 4.** Productividad de las áreas renovadas con labranza reducida entre 1995 y 1999 en Oriente S.A. según distancia entre surcos (promedios).

Distancia (m)	Área (ha)	Edad (meses)	Corte (no.)	Caña (t/ha)	Rendimiento (%)	Azúcar (t/ha)
1.50	579	13.1	2.2	122	11.39	13.88
1.75	295	13.0	2.5	122	11.25	13.69

**Cuadro 5.** Productividad de las variedades (primera soca) sembradas en áreas renovadas con labranza reducida entre 1995 y 1999 en Oriente S.A. (promedios).

Variedad	Área (ha)	Edad (meses)	Corte (no.)	Caña (t/ha)	Rendimiento (%)	Azúcar (t/ha)
CC 85-92	12	14.1	1	128	13.40	17.27
CC 87-434	5	13.0	1	141	12.53	17.69
PR 61-632	34	13.8	1	127	11.45	14.58
V 71-51	178	13.2	1	115	10.46	12.0
CC 85-92	40	12.2	2	135	12.05	16.32
PR 61-632	23	13.3	2	133	10.91	14.50
V 71-51	137	12.8	2	129	11.80	15.28

Lo importante es tener conciencia de que la labranza reducida existe como una alternativa al sistema convencional de renovación. La clave para contribuir a su desarrollo es compartir las vivencias y experiencias de quienes lo hemos utilizado, de manera que sea posible identificar las variantes específicas según el caso.

La labranza reducida exige una cultura nueva y la consideración de que aún existen muchos aspectos por aprender y corregir. Es común que nos inclinemos por buscar las soluciones más complejas cuando quizá debamos comenzar por solucionar los problemas simples.

En este momento es fundamental continuar las investigaciones sobre los detalles de la eliminación química de la cepa, en cuanto al momento (hora del día y condiciones de clima en las horas siguientes a la aplicación), dosis, producto y técnicas de aplicación. La efectividad de la eliminación química es diferente según la variedad (por macollamiento), el número de corte y el tamaño de la cepa por efecto de las prácticas culturales.

Finalmente, también debemos continuar analizando la mejor forma de preparar el suelo.

## Investigación en labranza reducida

Las primeras experiencias con labranza reducida (LBR) fueron presentadas por CENICAÑA en un día de campo, con el fin de mostrar el potencial de una nueva tecnología para reducir los costos de renovación de cultivos de caña.

Las expectativas fueron tan favorables que varios agricultores adoptaron la idea inmediatamente; los resultados fueron buenos en algunos casos y malos en otros.

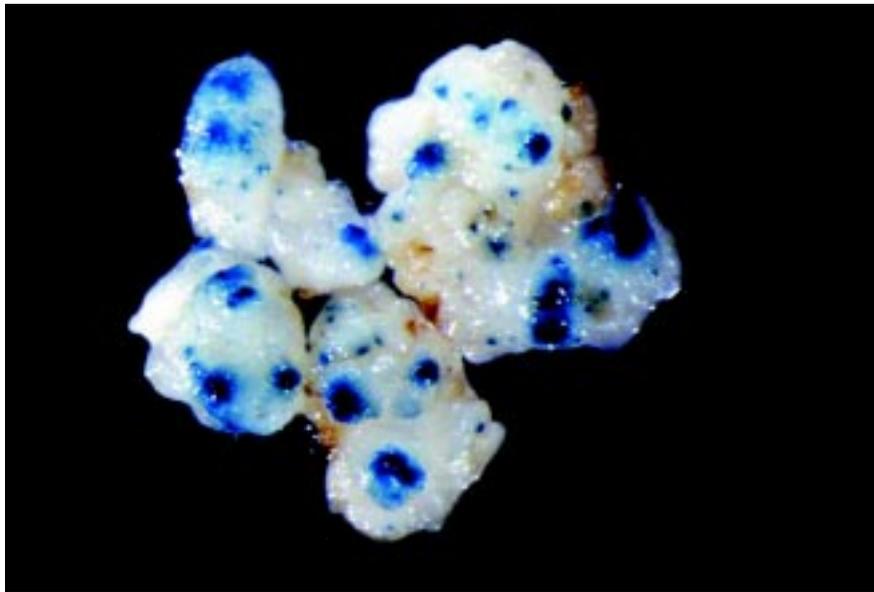
La LBR es una práctica que se debe adaptar a las condiciones específicas de suelo, cultivo y clima de cada campo y, por tanto, no se puede establecer un esquema de manejo generalizado. CENICAÑA ha venido trabajando en la definición de algunos detalles agronómicos que determinan el éxito o fracaso de la LBR, para lo cual ha contado con el apoyo de Monsanto. Inicialmente se ha hecho mucho énfasis en la identificación de las condiciones y factores que determinan la erradicación química eficiente de las cepas viejas, con resultados confiables que ya están siendo adoptados por los agricultores. CENICAÑA continuará estudiando la LBR hasta lograr establecerla como una práctica segura y atractiva económicamente para la renovación de plantaciones de caña.

JORGE TORRES A., DIRECTOR PROGRAMA DE AGRONOMÍA-CENICAÑA.

# Comentario sobre Biotecnología

Fernando Ángel Sánchez\*

Se estima que para el año 2050 la población mundial se duplicará (hoy somos aproximadamente 5500 millones de personas) y que el 97% de los nuevos habitantes se concentrará en países en vía de desarrollo. En estos países, un gran número de personas vive en áreas rurales, en condiciones de pobreza absoluta, y depende para su subsistencia de la producción agrícola. Así, resulta cierto que para el 2050 la producción de alimentos debe, por lo menos, duplicarse y que para hacerlo en la misma cantidad de área que se utiliza actualmente se usarán prácticas sostenibles de cultivo que garanticen la conservación de los recursos naturales. Este es, sin duda, uno de los grandes retos que se presenta a la comunidad científica y a los productores agrícolas. Es evidente que mediante las tecnologías tradicionales disponibles será imposible alcanzar este objetivo, siendo necesario introducir nuevas metodologías de mejoramiento y cultivo, conocidas en su conjun-



La coloración azul obtenida mediante una prueba bioquímica confirma la transgénesis. A partir de este tejido se obtiene una planta completa transgénica.

to como *biotecnología*. Una de ellas, que tiene particular importancia, es la producción de cultivos transgénicos mediante ingeniería genética, en la que se introducen uno o varios genes deseables usando técnicas moleculares.

En 1986 se sembraron en campos de Estados Unidos y Francia las primeras plantas transgénicas de tabaco. A partir de ese momento el área con cultivos

transgénicos ha aumentado de forma acelerada, pasando de 2.8 a 39.9 millones de hectáreas entre 1996 y 1999, con incrementos constantes a través del tiempo en este período. Actualmente existen más de 60 especies cultivables con genes introducidos que les confieren resistencia a estrés biótico por plagas y enfermedades, y abiótico, como resistencia a daño por herbicidas; también

\* Biotecnólogo de CENICAÑA.

genes que mejoran la calidad nutritiva de las plantas o retardan su maduración. El aumento en los rendimientos y por ende en los ingresos económicos de los productores son algunos de los beneficios obtenidos con la siembra de especies vegetales transgénicas, por ejemplo: como resultado de la resistencia al ataque de insectos es posible que las pérdidas mundiales en cultivos de vegetales, frutas, maíz y arroz se reduzcan en más de US\$90,000 millones al año; mientras los costos por uso de insecticidas podrían disminuir anualmente en más de US\$9000 millones; adicionalmente, se logra una mejor conservación del ambiente, lo que beneficia tanto a los productores como a los consumidores.

La soya, el maíz, el algodón, la colza y la papa cubren aproximadamente el 50% del total de cultivos transgénicos. En menor proporción se encuentran el arroz, el trigo, la remolacha, el banano, la papaya, el tomate, el melón y el manzano. El 82% del área total con cultivos transgénicos se encuentra en países industrializados y el 18% en países en vías de desarrollo.

Las primeras plantas transgénicas de caña de azúcar fueron obtenidas en 1993 en Australia, utilizando genes marcadores, que son fáciles de evaluar y permiten desarrollar y calibrar las

metodologías para obtener este tipo de planta. En los tres últimos años se han obtenido de manera experimental plantas transgénicas de caña de azúcar resistentes al daño por herbicidas, a escaldadura de la hoja y al virus del mosaico.

La vinculación con el Consorcio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar (ICSB, sigla en inglés) ha permitido a los técnicos de CENICAÑA conocer los avances en biotecnología con los cultivos más importantes, incluyendo la caña de azúcar. El Consorcio agrupa científicos de universidades e instituciones nacionales de investigación, quienes se encargan de definir las áreas prioritarias de estudio y proponer soluciones a los problemas frecuentes en este cultivo. Como resultado de estas investigaciones se espera en un futuro cercano desarrollar genes que confieran resistencia a estrés biótico y abiótico y aumenten la eficiencia de síntesis de sacarosa. CENICAÑA cumplirá con las normas nacionales e internacionales que regulan el estudio y experimentación de cultivos transgénicos, en el caso de llevar a cabo trabajos en esta área de la biotecnología.

Indudablemente los cultivos transgénicos ocupan un lugar importante en la agricultura

actual y futura. No obstante, existen grupos opuestos al consumo de productos derivados de este tipo de cultivos, lo cual surge de información errada entre consumidores que saben poco sobre genes y plantas transgénicas. Esto ha sido agravado por la manipulación de los medios de comunicación que informan mal sobre las características de estos cultivos, debido a que no conocen la base científica y tecnológica y no consultan las fuentes de información apropiadas. Por esta razón, las personas que conocen y trabajan en este campo de la investigación deben informar claramente a los consumidores y agricultores sobre el manejo de los productos derivados de plantas transgénicas.

## Referencias bibliográficas

- Bower R; Elliot A.R.; Potter B.A.M.; Birch R.G. 1996. High efficiency microprojectile-mediated cotransformation of sugarcane using visible or selectable markers. *Molecular Breeding* 2:239-249.
- Irvine J.E.; Marllov T.E. 1997. The development of genetic transformation of sugarcane in Texas. *Sugar J.* p. 25-29.
- James, C. 1999. Global review of commercialized transgenic crops: 1999. Ithaca, Nueva York, ISAA (International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications). Briefs no. 12.

Remite:  
CENICAÑA  
Calle 58 Norte No. 3<sup>BN</sup>-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, POST EXPRESS,  
ENCOMIENDAS, FILATELIA, CORRA, FAX

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

TARIFA POSTAL REDUCIDA NO. 395 DE ADPOSTAL (VENCE DIC. DE 2000)