

# Carta Trimestral

Año 28 No. 2 CALI, COLOMBIA 2006

Abril - junio

[www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)

## TEMAS

### Notas técnicas e informativas

*Jaynesleskia jaynesi*: otra alternativa para el manejo de *Diatraea* spp. 3

### Avances de investigación

Valores objetivo para la extracción de sacarosa en el proceso de molienda de caña de azúcar 6

### Notas de investigación

Elaboración de compost a partir de cachaza, carbonilla y vinaza en el Ingenio Manuelita S.A. 10

Evaluación de dosis de maduradores en cultivos de caña de azúcar del Ingenio Sancarlos S.A. 14

### Nota sobre bioetanol

Aspectos estructurales y de entorno para proyectos e inversiones en bioetanol 18

### Informes

Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, primer semestre de 2006 26

Boletín climatológico, segundo trimestre y primer semestre de 2006 34



**cenicaña**

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia



### Valores objetivo para la extracción de sacarosa

A partir de evaluaciones en los procesos de preparación y molienda, realizadas entre los años 2000 y 2005 en doce ingenios colombianos, Cenicaña presenta una primera aproximación a los rangos de extracción objetivo o valores máximos que se pueden obtener con prácticas en operación y mantenimiento. *Página 6*

### Elaboración de compost a partir de cachaza, carbonilla y vinaza en el Ingenio Manuelita S.A.



En condiciones de campo abierto, durante 17 días de compostaje, se caracterizaron cinco mezclas compuestas por cachaza y carbonilla (en proporción de 4 a 1) más cantidades variables de vinaza concentrada. El abono orgánico seleccionado será evaluado en dos suelos del Ingenio Manuelita. *Página 10.*

### Aspectos estructurales y de entorno para proyectos en bioetanol

Una revisión de las características que enmarcan los proyectos de producción de bioetanol carburante desde el punto de vista del productor, el Estado, los grandes clientes y el usuario final. Descripción de la tecnología utilizada y perspectivas en Colombia. *Página 18*

## Tema central de la próxima edición VII Congreso Tecnicaña, 2006

Reseña de los trabajos premiados por la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar durante el evento celebrado los días 6, 7 y 8 de septiembre en la ciudad de Cali.

### Mejores trabajos en investigación científica:

- Utilización de microorganismos para la descomposición de residuos de cosecha.  
*Autores: Lina M. Cortés y Tatiana Daza (Cenicaña-Universidad Javeriana), Juan Carlos Ángel y María Luisa Guzmán (Cenicaña)*
- Determinación de valores objetivo para la extracción de sacarosa en el proceso de molienda de caña.  
*Autores: Arbey Carvajal L., Adolfo L. Gómez, Diego E. Ramírez y Cesar F. Cañón (Cenicaña)*
- Aplicación de prácticas reducidas al cultivo de la caña de azúcar y su impacto en la productividad y la rentabilidad en el valle geográfico del río Cauca.  
*Autores: Camilo H. Isaacs E. y Paula T. Uribe J. (Cenicaña), Ramiro Besosa T. (Ingenio Providencia), Carlos A. Moreno G. y Claudia Posada C. (Cenicaña)*

### Mejores trabajos en investigación técnica aplicada:

- Uso de vinaza como fertilizante en el Ingenio Providencia.  
*Autores: Jorge Julio Herrada U. y Ramiro Besosa T. (Ingenio Providencia)*
- Gestión energética en el Ingenio Risaralda S.A.  
*Autores: Abel Marín L.; Mauricio Rivera L. y Ana María Palacios T. (Ingenio Risaralda)*
- Calidad de corte de caña en el Ingenio Central Tumaco.  
*Autores: Carlos Arturo Moreno (Cenicaña), Lina María Tello y Raúl Buenaventura (Ingenio Central Tumaco)*



Consulte las tablas de contenido de las memorias del VII Congreso de Tecnicaña y la versión pre-imprenta de los trabajos presentados por Cenicaña durante el evento.

Textos completos en:

[www.cenicana.org/seica/new\\_biblioteca\\_php](http://www.cenicana.org/seica/new_biblioteca_php)

Las memorias del Congreso están contenidas en dos volúmenes que se encuentran disponibles en la biblioteca Guillermo Ramos Núñez de Cenicaña, en la Estación Experimental, vía Cali-Florida km 26.

**La Estación Experimental de Cenicaña** está ubicada en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros (Florida, Valle del Cauca), donde se encuentran las oficinas de administración e investigación, la biblioteca, los laboratorios de servicios analíticos y los invernaderos.

Vía Cali-Florida km 26 • PBX: (57) (2) 687 66 11 • Fax: (57) (2) 260 78 53

**La oficina de enlace**, ubicada en el municipio de Cali en el Valle del Cauca, se utiliza para la recepción de correspondencia y otros servicios administrativos.

Calle 58 norte No. 3BN-110 • Tel: (57) (2) 683 67 35 - 39 • Fax: (57) (2) 664 59 85

*Carta Trimestral*  
ISSN 0121-0327

Año 28, No. 2 de 2006

**Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia**  
Dirección postal: Calle 58 Nte. No. 3BN- 110 Cali, Colombia  
Estación Experimental, vía Cali-Florida km 26  
Tel: (57-2) 687 6611 • Fax: 260 7853 • buzon@cenicana.org

#### Comité Editorial

Adriana Arenas Calderón • Álvaro Amaya Estévez  
Camilo Isaacs Echeverry • Carlos Omar Briceño Beltrán  
Jorge Stember Torres Aguas • Jorge Ignacio Victoria Kafure  
Nohra Pérez Castillo • Victoria Carrillo Camacho

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

Coordinación editorial: Victoria Carrillo C.  
Edición de textos: Elizabeth Vejarano S.; Victoria Carrillo C.  
Diseño gráfico y diagramación: Margarita Carvajal V.  
Preprensa e impresión: Feriva S.A., Cali-Colombia

**Memorias de los eventos con los Grupos de Transferencia de Tecnología en:**

[www.cenicana.org/sctt/gtt/gtt.php](http://www.cenicana.org/sctt/gtt/gtt.php)

## ***Jaynesleskia jaynesi*: otra alternativa para el manejo de *Diatraea* spp.**

Germán A. Vargas; Viviana Obando Melo y Luis A. Gómez \*

### **Introducción**

El barrenador *Diatraea* spp. es considerado una de las plagas de mayor importancia económica en el cultivo de la caña de azúcar en Colombia. En el valle del río Cauca se ha detectado un brote de la plaga, que plantea la necesidad de asegurar la continuidad de los programas de control biológico y el establecimiento de alternativas que contribuyan al manejo integral del insecto (Vargas *et al.*, 2005).

Con la experiencia de los ingenios Incauca, Mayagüez y Providencia, se ha comprobado que la siembra de ciertas especies vegetales crea condiciones propicias que contribuyen a mantener las poblaciones de *Jaynesleskia jaynesi*, mosca benéfica importante en el control biológico ante el barrenador *Diatraea* spp.

### **La búsqueda de los enemigos naturales**

Desde principios de la década de los setenta, con la importación de especies de insectos identificadas como enemigos naturales de la plaga y la creación de laboratorios para su cría masiva en el valle del río Cauca, el manejo de *Diatraea* se ha llevado a cabo mediante control biológico, con el uso de la avispa *Trichogramma exiguum* (parasitoide de huevos) y las moscas taquínidas *Metagonistylum minense* y *Paratheresia claripalpis* (parasitoides de larvas). Estos insectos benéficos son criados en laboratorios de propiedad de los ingenios azucareros o de particulares y son liberados en los campos, en dosis variables, de acuerdo con la intensidad del daño del barrenador (Vargas y Gómez, 2005).

La "mosca amazónica" (*M. minense*) proveniente del Brasil y la "mosca indígena" (*P. claripalpis*) originaria del Perú, fueron introducidas al valle del río Cauca en 1971 por el Ingenio Riopaila. La mosca amazónica, que no existía en el país, se estableció exitosamente sobre poblaciones de la plaga. Debido a que el ciclo de vida de la raza peruana de *P. claripalpis* era más corto que el de la raza colombiana de la misma especie, los apareamientos en campo de ambas razas permitieron un aumento hasta de 300% en la actividad parasítica de este insecto sobre el barrenador *Diatraea* (Gaviria, 1989; Gómez y Lastra, 2000).

Así mismo, en el valle del río Cauca existe otro enemigo natural de *Diatraea*: la mosca taquínida *Jaynesleskia jaynesi* (ver fotografía), cuya cría masiva en laboratorio no ha sido posible debido a factores relacionados con la imposibilidad de obtener cópula en condiciones de cautiverio y a la baja eficiencia de las inoculaciones de las larvas de *Diatraea* con larvas del parásito obtenidas de moscas de campo (Williams *et al.*, 1969; Cenicafña, 1995).



Foto: archivo Cenicafña

*Jaynesleskia jaynesi*,  
mosca taquínida.

Con la protección y generación de condiciones favorables para el establecimiento de esta mosca benéfica, el cañicultor estará patrocinando un insecto de excelentes características para el manejo integrado de *Diatraea*.

La cría masiva en laboratorio de *J. jaynesi* no ha sido posible debido a factores relacionados con la imposibilidad de obtener cópula en condiciones de cautiverio y a la baja eficiencia de las inoculaciones de las larvas de *Diatraea* con larvas del parásito obtenidas de moscas de campo.

\* Respectivamente: Ingeniero Agrónomo, Asistente de Investigación en Entomología <gavargas@cenicana.org>; estudiante de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Nariño en desarrollo de trabajo de grado; Ingeniero Agrónomo, Ph.D, Entomólogo <lagomez@cenicana.org>. Todos de Cenicafña.



Los néctares de las flores de papunga, *Bidens pilosa*, el árbol de mango, *Mangúifera indica* L. (Anacardiaceae), el cidrón, *Lippia nodiflora* L. (Verbenaceae) y el botón de oro, *Acmella oppositifolia* Lamarck (Compositae), se cuentan entre los más apetecidos por *J. jaynesi*.



Los autores agradecen a Edgar M. Quintero, del Ingenio Mayagüez, quien suministró las fotografías publicadas en este documento.

Sin embargo, en condiciones naturales *J. jaynesi* ha demostrado gran agresividad en su efecto parasítico sobre el barrenador, de manera que su resultado sobre las poblaciones de la plaga puede llegar a ser más alto que el de las moscas producidas en laboratorio. La actividad de esta mosca nativa ha sido reconocida como la de mayor presión sobre la plaga en las zonas centro (ingenios Central Tumaco, Manuelita, Pichichí y Providencia) y sur (ingenios Castilla, Incauca, La Cabaña, María Luisa y Mayagüez) del valle del río Cauca (Gaviria, 1989; Gómez y Lastra, 2000).

En recolecciones de larvas de *Diatraea* realizadas por Cenicaña entre febrero y junio de 2006 se observa que *J. jaynesi* tiene mayor representación en la composición de especies de parasitoides recolectados en las zonas centro y sur del valle del río Cauca (Figura 1).

Con respecto a la forma en que *J. jaynesi* ataca las especies de *Diatraea*, se observa que su parasitismo es superior que los encontrados con *M. minense* y *P. claripalpis*, tanto en el caso de *D. saccharalis* como en el de *D. indigenella* (Figura 2).

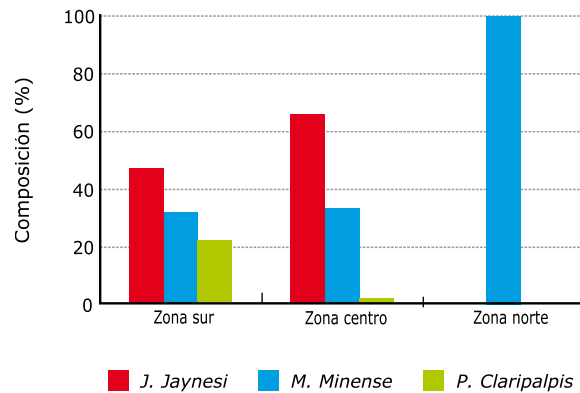


Figura 1. Composición del parasitismo de moscas taquínidas sobre *Diatraea* spp., valle del río Cauca (febrero a junio de 2006).

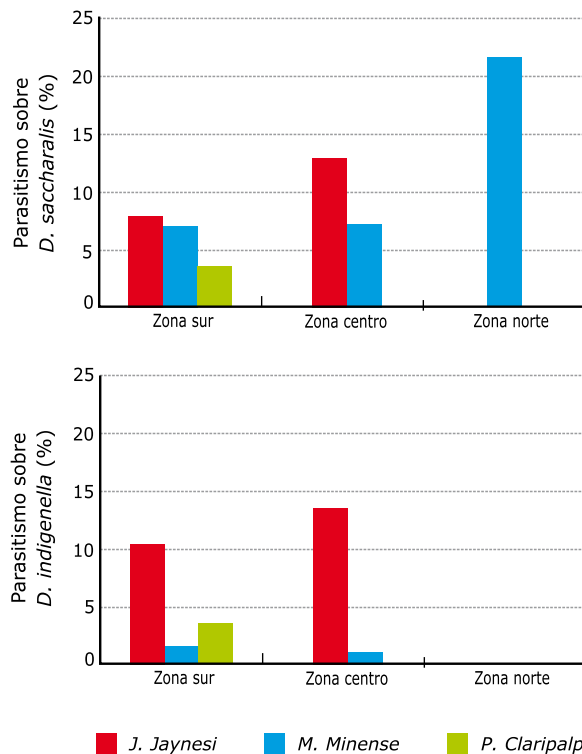


Figura 2. Parasitismo de moscas taquínidas sobre las especies de *Diatraea* spp., valle del río Cauca.

## Hábitos de *J. jaynesi*

*J. jaynesi* se encuentra de modo silvestre en los agroecosistemas cañeros. De sus hábitos en estado adulto se ha logrado observar que se alimenta preferentemente de los néctares ofrecidos por las flores de arvenses, plantas acompañantes de los cultivos de caña, como cidrón, *Lippia nodiflora* L. (Verbenaceae) y papunga, *Bidens pilosa* L. (Compositae) (ver fotografías). Allí es posible capturar gran cantidad de adultos de *J. jaynesi* entre 9 a.m. y 11 a.m. y entre 5 p.m. y 7 p.m.

El señor Luis Evelio Barco, antiguo trabajador del Ingenio Risaralda, comprobó que esta mosca se puede alimentar de varias flores. Entre las flores más apetecidas se identifican las de árboles de mango, *Mangúífera indica* L. (Anacardiaceae) y botón de oro, *Acmella oppositifolia* Lamarck (Compositae) (Gaviria, 1998; Cenicaña, 1995).

El accionar de *J. jaynesi* consiste en encontrar alimento en los recursos naturales mantenidos alrededor de las plantaciones de caña de azúcar. Esta mosca benéfica busca los tallos afectados por *Diatraea* y ubica sus larvas en los orificios creados por el barrenador. Las larvas de la mosca penetran en la galería y al encontrar las larvas de *Diatraea* se ubican en su interior para alimentarse de los tejidos internos de la plaga. Al final de este proceso, en lugar de emerger una polilla de *Diatraea*, emerge una mosca de *J. jaynesi*, que iniciará un nuevo ciclo y, por lo tanto, se genera una dinámica que el cañicultor puede aprovechar a su favor para contribuir con la sanidad de sus cultivos (Williams *et al.*, 1969).

## Control biológico de la conservación

Una de las estrategias efectivas utilizadas en el control biológico de insectos plaga es la conservación de los enemigos naturales silvestres mediante el estímulo de su establecimiento y proliferación en los agroecosistemas.

En el caso de la caña de azúcar, este concepto señalado por Gaviria (1998) tiene total validez en el combate de *Diatraea*, mediante el estímulo del incremento de las poblaciones de *J. jaynesi*. Actualmente se dispone de información con respecto a la clase de plantas que favorecen el establecimiento de este enemigo natural, una opción de bajos costos y viable.

De acuerdo con lo anterior, se recomienda que, además de realizar las labores de evaluación y manejo de *Diatraea* (Vargas y Gómez, 2005), se establezcan y conserven plantas como la papunga

(fácil de reconocer y multiplicar mediante la recolección de su semilla) en los callejones de los campos cultivados.

Desde esta perspectiva, los departamentos de entomología de ingenios como Incauca, Providencia y Mayagüez vienen diseminando la semilla de papunga en callejones donde ésta no se presenta. Además, se siembran árboles de mango alrededor de los cultivos, los cuales se aprovechan como cercos vivos o especies acompañantes de las suertes de caña.

## Referencias bibliográficas

- Cenicaña. 1995. Informe Anual 1995 (mimeo.) Cenicaña, Cali. p.309
- Gaviria, J.D. 1998. Problemas entomológicos en caña de azúcar en Colombia. En: Caña, azúcar y panela con el mejor entorno ambiental. Homenaje 21 años de Cenicaña (1997-1998). Cali, Cenicaña. p.43-63.
- Gómez L.A. y Lastra, L.A. 2000. Manipulación y aumento de enemigos naturales en el manejo integrado de las plagas de la caña de azúcar. Cenicaña, Cali. 27p. (Documento de trabajo No. 423) (Presentado en Curso-taller internacional de control biológico de plagas, Bogotá, 15-27 mayo 2000).
- Vargas, G.A. y Gómez, L.A. 2005. Evaluación del daño causado por *Diatraea* spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca. Cenicaña, Cali. (Serie Divulgativa No.9). 8p.
- Vargas, G.A.; Obando, V.P. y Gómez, L.A. 2005. Diagnóstico de la situación de *Diatraea* spp. en el valle del río Cauca. Carta Trimestral, Año 27, Nos.3 y 4, Cenicaña, Cali. p.27-31.
- Williams, J.R.; Metcalfe, J.R.; Mungomery, R.W.; Mathes, R.W. 1969. Pests of sugarcane. Elsevier publishing company. Amsterdam-London-New York. p.367.

*J. jaynesi* ubica sus larvas en los tallos de caña perforados por *Diatraea*, de manera que éstas parasitan las larvas de la plaga.

El adulto que emerge continúa el ciclo, alimentándose de las especies vegetales que crecen alrededor de los cultivos de caña.

Para promover las poblaciones de la mosca benéfica, en los ingenios Mayagüez, Incauca y Providencia se diseminan semillas de papunga en los callejones de las fincas y se siembran árboles de mango como cercos vivos.



Plantas de papunga

# Valores objetivo para la extracción de sacarosa en el proceso de molienda de caña de azúcar

Arbey Carvajal L.; Adolfo L. Gómez; Diego E. Ramírez y Cesar F. Cañón\*

## Introducción

En Colombia, al igual que en otros países del mundo, la industria azucarera utiliza tandemes de cinco o seis molinos en el proceso de molienda, cuya configuración y operación determinan la eficiencia del proceso y la cantidad de sacarosa perdida en el bagazo final. La búsqueda de la eficiencia en el proceso influye en las demandas energéticas, en los efectos mecánicos de la maquinaria (esfuerzos y desgaste), en los costos del mantenimiento, las inversiones de capital y los resultados económicos.

La caracterización integral del proceso de molienda requiere indicadores que permitan evaluar el desempeño de los molinos y de todo el proceso. Se plantea entonces la necesidad de disponer, además de los indicadores tradicionales como la extracción de brix o sacarosa y el consumo energético, de los correspondientes valores objetivo que sirvan de referencia para establecer metas de mejoramiento y permitan cuantificar el efecto de diversos factores como calidad de la caña, tecnología de preparación y molienda, esquema de imbibición, estado mecánico de los molinos, tasa de molienda y características operativas, entre otros.

La información presentada en este documento corresponde a la síntesis de los resultados obtenidos por el Programa de Fábrica de Cenicaña en evaluaciones de los procesos de preparación y molienda en doce ingenios colombianos entre 2000 y 2005. A partir de las evaluaciones se establecieron rangos de extracción objetivo para los ingenios colombianos. Se incluyen, además, los resultados obtenidos con el simulador de procesos Ceniprof<sup>1</sup>, como parte del modelo integral para un ingenio con producción dual de azúcar y alcohol.

## Caracterización integral del proceso de molienda

Cada etapa del proceso azucarero contribuye, en mayor o menor grado, a la economía de la industria azucarera. En el caso del proceso de molienda, los indicadores de extracción y potencia consumida se deben integrar con los costos totales de operación durante el procesamiento de la caña y el bagazo; incorporar estas variables en el análisis permite valorar los diferentes flujos de materiales en los procesos fabriles, cifras que son de utilidad en actividades de *benchmarking* y en el mejoramiento de los procesos.

### Rangos de extracción en ingenios colombianos

La extracción en cada molino y sus consumos energéticos deben ser evaluados con base en valores que evidencien un mejor desempeño en los procesos y/o menores costos de producción. Los ingenios colombianos han usado como referencia las cifras de extracción de otras industrias, entre ellas la brasilera (Cuadro 1).

Sin embargo, estos índices representan el comportamiento de una tecnología de preparación y molienda en condiciones de operación determinadas, que dependen, entre otras variables, de la materia prima, y por tanto los indicadores no son fácilmente comparables cuando se opera en otras condiciones, con tecnologías y materiales distintos.

\* Respectivamente: Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecánico <acarvajal@cenicana.org>; Ingeniero Mecánico, Asesor en Ingeniería Mecánica <algomez@cenicana.org>; Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecánico <deramirez@cenicana.org>; Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecánico <fcanon@cenicana.org>. Todos de Cenicaña.

1. Aplicación computacional que por medio de balances de masa, energía e ingeniería azucarera incorpora los costos de cada proceso para establecer la eficiencia de los procesos, el flujo másico de las variables, los consumos energéticos y los costos unitarios de las variables de interés, en ingenios con producción dual de azúcar y alcohol.

Cuadro 1. Valores de extracción (%) de molinos en el Ingenio Alta Mogiana, Brasil, durante la zafra de 2004. Índice de preparación (POC)=86.6%; fibra en caña=10.6%; imbibición % fibra=222.1%.

Ingenio Alta Mogiana en Brasil	Valores de extracción (%)					
	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5	Molino 6
Molino	82.3	37.3	29.4	23.0	31.1	30.5
Acumulada	82.3	88.9	92.2	93.9	95.8	97.1

Fuente: Departamento de Control de Calidad, Laboratorio de Procesos, Ingenio Alta Mogiana.

Una de las diferencias importantes que se han encontrado entre los ingenios de alto desempeño en Brasil y los ingenios típicos colombianos es la materia prima, particularmente la fibra % caña, que es mayor en Colombia, donde se han reportado valores que oscilan entre 12% y 20% de fibra en comparación con el 10.6% reportado en el caso del ingenio brasilero mencionado. Los valores altos de fibra hacen que la pérdida de sacarosa en el bagazo tienda a aumentar por la mayor capacidad de transporte de sacarosa. Los ingenios colombianos de mejor desempeño en el proceso de molienda alcanzan extracciones de sacarosa entre 96.4% y 96.8%, con contenidos de fibra en caña entre 14.1% y 14.5%. Otro efecto encontrado en el tándem de molinos, atribuido también a la fibra, es la baja extracción de las primeras unidades de molienda, que se manifiesta en el primer molino y en ocasiones hasta en el segundo (Figura 1).

Las evaluaciones de los procesos de preparación y molienda realizadas por el Programa de Fábrica de Cenicaña, considerando los contenidos de fibra típicos de la industria colombiana e índices de preparación (pol en células abiertas, POC) entre 65% y 90%, han conducido al establecimiento de rangos representativos de extracción de sacarosa para los ingenios colombianos. Estos valores pueden ser utilizados como base o referencia de un posible valor objetivo para las fábricas, dependiendo de su estado tecnológico y las características de la caña utilizada.

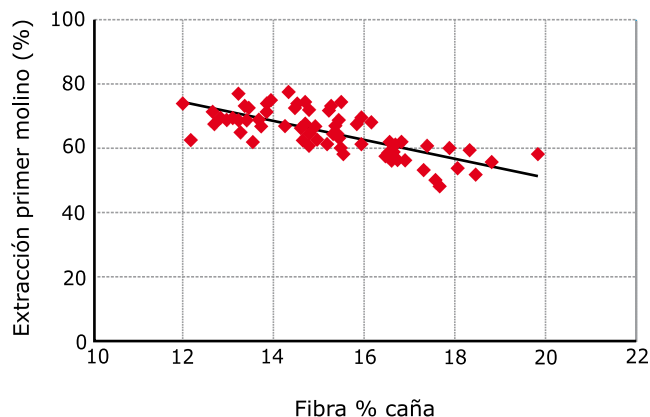


Figura 1. Extracción del primer molino en función de la fibra en caña en ingenios colombianos.

Los resultados se clasificaron en dos grupos de extracción de molinos (rangos de extracción) con dos condiciones diferentes de preparación de caña (Cuadro 2). Estos rangos de extracción deben considerarse una primera aproximación, ya que pueden diferir con las características operativas, no sólo del tándem de molinos sino también de la estación de preparación, entre otros factores.

Se observó que para valores de fibra en caña similares, el grado de preparación tiene una relación directa con la extracción de sacarosa en el primer

Cuadro 2. Rangos de extracción individual y acumulada de molinos en ingenios colombianos agrupados según el índice de preparación de caña.

**Ingenios del Grupo 1, con índice de preparación (POC) entre 83% y 90%**

Variables	Valores de extracción (%)					
	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5	Molino 6
Molino	73-78	40-42	30-32	30-32	32-35	32-35
Acumulada	73-78	84.4-86.8	89.1-91.1	92.3-93.9	94.8-96.1	96.5-97.4

**Ingenios del Grupo 2, con índice de preparación (POC) < 83%**

Variables	Valores de extracción (%)					
	Molino 1	Molino 2	Molino 3	Molino 4	Molino 5	Molino 6
Molino	68-70	39-41	30-35	30-35	30-35	32-35
Acumulada	68-70	80.5-82.3	86.3-88.5	90.4-92.5	93.3-95.1	95.5-96.8

molino y en general con la de todo el tándem; aunque en la extracción del tándem inciden también otras variables como la cantidad de molinos y su estado mecánico, especialmente de las mazas, y la imbibición (Figura 2).

En primeros molinos con buen estado mecánico, la mayor extracción se logra cuando éstos son alimentados con caña bien preparada (POC > 83%), alcanzando valores de extracción superiores a 73%; eventualmente, cuando se muele caña con contenidos de fibra bajos (inferiores a 12%) se puede alcanzar hasta 78% de extracción. De igual forma, la preparación de la caña facilita el desempeño de los segundos molinos, siempre y cuando el funcionamiento de los separadores de bagacillo sea adecuado, logrando extracciones acumuladas superiores a 86%.

Es evidente que el mejoramiento de la preparación de la caña tiene asociado un incremento en la energía que es consumida en el proceso, situación que se compensa, en parte, por la reducción de la energía consumida en los molinos: 6% menos en el primer molino y 4% menos en todo el tándem, aproximadamente. El consumo de energía depende del tipo de equipo instalado: hasta 32 caballos de fuerza por tonelada de fibra y por hora (HP/TFH) en desfibradoras de trabajo medio (POC de 85%) y entre 45-50 HP/TFH en desfibradoras de trabajo pesado (POC entre 90% y 92%) (Carvajal *et al.*, 2003).

En los molinos intermedios (del tercero al último), extracciones superiores a 30% por molino garantizan buenas eficiencias del proceso, aunque los valores máximos de extracción no se presenten simultáneamente. Así, se ha observado que en molinos precedidos por otros con buena extracción no se logra fácilmente un buen desempeño, y viceversa.

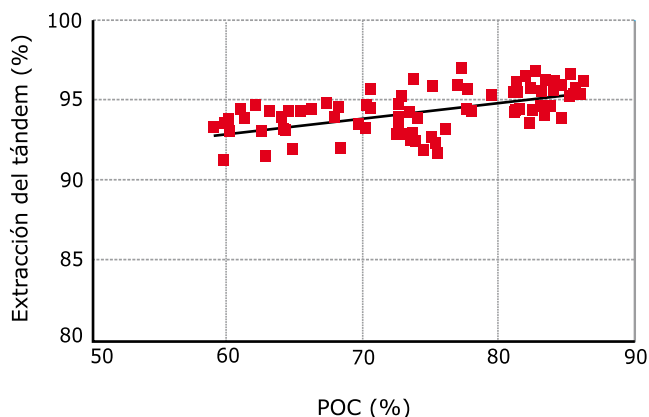


Figura 2. Extracción del tándem de molinos en función del índice de preparación de la caña (POC) en ingenios colombianos.

## Determinación de la extracción objetivo

La extracción objetivo se debe entender como el valor máximo o potencial que se puede obtener con un conjunto de mejores prácticas en la operación y mantenimiento de los molinos. Representa la posibilidad de mejora continua en el desempeño de los molinos.

Para determinar la extracción objetivo de un molino o tándem hay dos alternativas. La primera consiste en un análisis experimental que permita, mediante mediciones y análisis de laboratorio, establecer el mejor desempeño (estas cifras reflejan un comportamiento que no necesariamente es el alcanzable). La segunda alternativa consiste en realizar un modelamiento matemático del proceso, considerando aspectos detallados de su operación como calidad de la caña, índice de preparación, esquema de imbibición, geometría y condiciones de operación del molino; esta opción es práctica y, una vez el modelo ha sido validado, facilita la determinación de la extracción objetivo para unas características determinadas.

Acogiendo la segunda alternativa, en el simulador modular de procesos Ceniprof se ha incorporado la teoría volumétrica como modelo de cálculo. Esta teoría cluye aspectos de ajustes de las mazas de molinos, volumetría del bagazo y mezcla o dilución de la imbibición, que permiten determinar la extracción objetivo (Murry, 1996). El Ceniprof predice extracciones objetivo de mayor magnitud (molinos individuales y tándem) que las determinadas en operación normal; no obstante, para el caso de un molino particular se puede presentar lo contrario, cuando las unidades precedentes tienen un desempeño deficiente y el molino en cuestión trabaja correctamente.

La diferencia entre la extracción directa (determinada con los equipos del Laboratorio Móvil) y la extracción objetivo (simulada con Ceniprof) tiende a ser mayor en los tres primeros molinos y descende en las últimas unidades, siendo mínima en el último molino (Figura 3).

Con respecto a las determinaciones de extracción de sacarosa reportadas por los laboratorios de calidad de los ingenios y las simuladas con el Ceniprof, se han encontrado diferencias en un rango de 0.12% a 2% (Figura 4), siendo menores en los ingenios con mejor desempeño de sus molinos (ingenios D y E). En la mayoría de los ingenios la extracción objetivo fue mayor, lo cual evidencia el potencial de mejoramiento en el tándem de molinos. Sólo en el ingenio H se presentaron diferencias a favor de la extracción calculada en el laboratorio de calidad, sin causas evidentes.



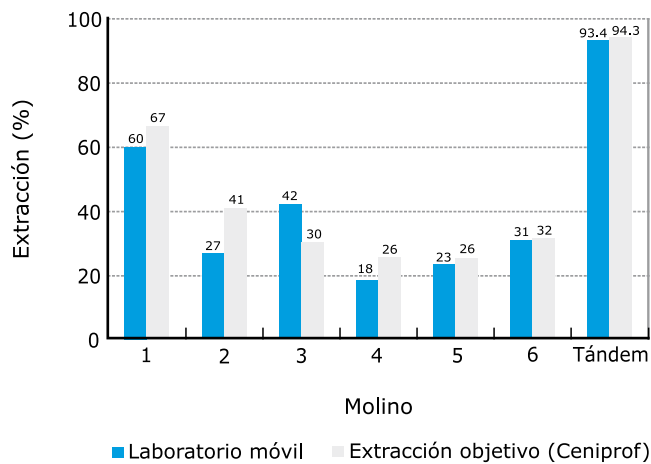


Figura 3. Extracción directa (Laboratorio Móvil) y extracción objetivo (simulada con Ceniprof) con un índice de preparación de caña (POC) de 76%, en ingenios colombianos.

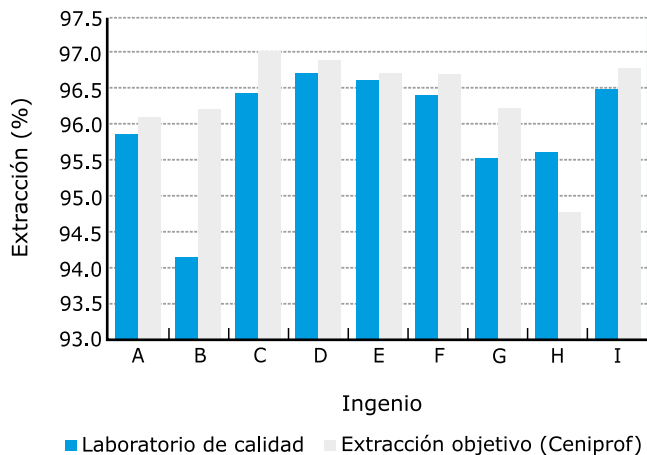


Figura 4. Extracción directa (Laboratorio de Calidad) y extracción objetivo (simulada con Ceniprof) en ingenios colombianos.

En relación con la potencia consumida en el proceso, se han encontrado diferencias hasta de 10% entre los registros del ingenio y los estimados con Ceniprof; en el mejor de los casos esta diferencia fue de 2%, menor en la simulación con Ceniprof. Las diferencias se atribuyen, como causa principal, a la incertidumbre asociada con los actuales sistemas de medición del flujo de vapor.

También se ha estimado que al pasar de un contenido de fibra en caña de 14% a 17%, se produce una reducción de la extracción del tándem de molinos entre 1.0% y 1.6% y un incremento en la potencia consumida entre 10% y 14%.

## Comentarios

La evaluación del proceso de molienda deberá incluir indicadores de proceso que permitan fijar pautas de desempeño en los molinos y posibles causas cuando se presenta un funcionamiento irregular, como: índice de preparación, extracción de sacarosa o jugo del primer molino y del tándem, consumos específicos de potencia, costos de procesamiento y referencias teóricas (extracciones objetivo).

En condiciones de molienda cercanas a los 330 días al año, la consideración de la interacción entre el estado mecánico y el comportamiento de las unidades de molienda debe ser incorporada de alguna forma en el modelo, a fin de reunir elementos de juicio sobre tecnologías y estrategias de mantenimiento de las unidades de los trenes de molienda.

## Proyecciones

Cenicaña está incorporando en el Ceniprof los coeficientes de mezcla y de molienda (*mixing and crushing factor*) y el efecto de la altura de la caña o el bagazo en la tolva de alimentación sobre la extracción de los molinos, factores que pueden contribuir a mejorar la capacidad de predicción de la extracción objetivo.

## Agradecimientos

A los superintendentes de fábrica y jefes del área de molinos de los ingenios Central Castilla, Central Tumaco, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Providencia, Riopaila y Risaralda.

## Referencias bibliográficas

- Carvajal, A.; Gómez, A.L.; Ramírez, D.E. 2003. Avances en la evaluación integral de los procesos de preparación y molienda en ingenios colombianos. Carta Trimestral Cenicaña v.25, No.4. p.8-11.
- Murry, C.R. 1996. A short course in crushing sugar cane. Curso realizado en Cali, Colombia, mayo 21-30 de 1996. Convenio Sena-Asocaña-Cenicaña. p.38.

# Elaboración de compost a partir de cachaza, carbonilla y vinaza en el Ingenio Manuelita S.A.

Rafael Quintero Durán; Jaime F. Gómez Peña\*

## Introducción

El aprovechamiento de subproductos generados en los procesos de elaboración de azúcar y alcohol anhidro en el Ingenio Manuelita condujo a la elaboración de un compost o abono orgánico a partir de carbonilla, cachaza y vinaza. El propósito es obtener un material estable que pueda ser utilizado como material sustitutivo de los fertilizantes normalmente usados en el cultivo de la caña de azúcar y como mejorador de las condiciones del suelo, dado el componente orgánico aportado por la cachaza y la vinaza.

La cachaza ha sido utilizada como abono orgánico por su capacidad para suministrar materia orgánica y elementos mayores y menores al suelo y por su capacidad para mejorar algunas condiciones físicas y biológicas del suelo (Quintero y Torres, 1991). Los análisis químicos de la carbonilla, material mineral que resulta de la combustión del carbón en las calderas, muestran contenidos importantes de potasio (K), manganeso (Mn) y cobre (Cu). La vinaza es interesante por sus aportes de materia orgánica, K, azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Quintero, 1992).

La cachaza y la carbonilla se generan en el proceso de elaboración de azúcar en proporción de 4 a 1, es decir, cuatro partes de cachaza por una parte de carbonilla. Con el propósito de convertir en abono orgánico toda la carbonilla producida en el Ingenio Manuelita, en una primera etapa de experimentación, cuyos resultados se presentan en este documento, se usaron los dos subproductos en la misma proporción en que son generados y se conformaron cinco mezclas a las que se adicionaron cantidades diferentes de vinaza de 55% de sólidos totales.

El abono orgánico seleccionado, cuya denominación preliminar es Compost Manuelita-1, será preparado en cantidad suficiente para su evaluación en el campo, en dos suelos del Ingenio Manuelita, a fin de determinar la capacidad de sustitución de elementos mayores y menores en la fertilización de la caña de azúcar y los efectos en las condiciones del suelo.

## Materiales y métodos

La experimentación comenzó en septiembre de 2005. Se utilizó vinaza concentrada con contenidos de sólidos totales cercanos a 55% producida por Sucromiles, similar a la que genera Manuelita desde marzo de 2006, cuando entró en operación la planta de producción de alcohol.

Se evaluaron cinco mezclas de cachaza, carbonilla y vinaza en pilas de forma cónica, que tenían aproximadamente 2 m de diámetro en la base y 1.30 m de altura (Figura 1). Cada pila contenía 1000 kg de materia seca de cachaza y 250 kg de materia seca de carbonilla. En el Cuadro 1 se indican las cantidades de vinaza concentrada



Figura 1. Conformación y volteo de las pilas homogéneas de abono orgánico.

\* Respectivamente: Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Edafólogo <rquintero@cenicana.org>, Cenicaña; Ingeniero Agrónomo, Departamento de Agronomía <jagomez@manuelita.com>, Ingenio Manuelita S.A.

Cuadro 1. Mezclas de abono orgánico evaluadas.

Mezcla	Partes de cachaza fresca	Partes de carbonilla	Vinaza de 55% (kg/t de m.s.)
1	4	1	0
2	4	1	50
3	4	1	100
4	4	1	200
5	4	1	300

por tonelada de materia seca (m.s.) de la mezcla de cachaza y carbonilla, dependiendo del tratamiento.

El período de compostaje inició con la aplicación de la vinaza a la mezcla previamente elaborada con cachaza y carbonilla. Posteriormente se homogeneizó la mezcla conformada por los tres subproductos.

A partir del momento de la conformación de las pilas homogéneas se hicieron dos volteos por semana (lunes y jueves) con el fin de airear y acelerar el proceso de descomposición de las mezclas. Durante 17 semanas, desde el 4 de octubre de 2005 y hasta el 27 de enero de 2006, antes de cada volteo se hicieron dos lecturas de temperatura por semana en la parte media de cada pila y unos 20 cm hacia el interior de la misma. Una vez por semana, antes del volteo se tomaron muestras del centro de cada pila para determinar humedad, pH, contenidos de C orgánico y N y relaciones C/N.

Las pilas de mezcla homogénea de cachaza, carbonilla y vinaza concentrada se mantuvieron en condiciones de campo abierto en un área que el Ingenio Manuelita ha destinado para la elaboración de abonos orgánicos por estar localizada en uno de los sitios más secos del ingenio y cerca de la fábrica. Se registró la precipitación diaria del pluviómetro No.39 ubicado en la hacienda Rosario, el más cercano al sitio de compostaje.

## Resultados y discusión

De acuerdo con las evaluaciones, al cabo de nueve semanas de haber iniciado el proceso de descomposición en cada una de las pilas, la humedad, la temperatura, el pH, el contenido de materia orgánica y la relación C/N se habían estabilizado o habían iniciado su estabilización. El proceso de compostaje se matuvo por ocho semanas más para identificar posibles cambios en las variables mencionadas y precisar el período de compostaje de cada mezcla.

Los resultados indican que las etapas mesofílica y termofílica fueron de corta duración, ya que la etapa de enfriamiento comenzó en la tercera semana de compostaje, cuando las relaciones C/N estaban en valores cercanos o inferiores a 15 (Figura 2).

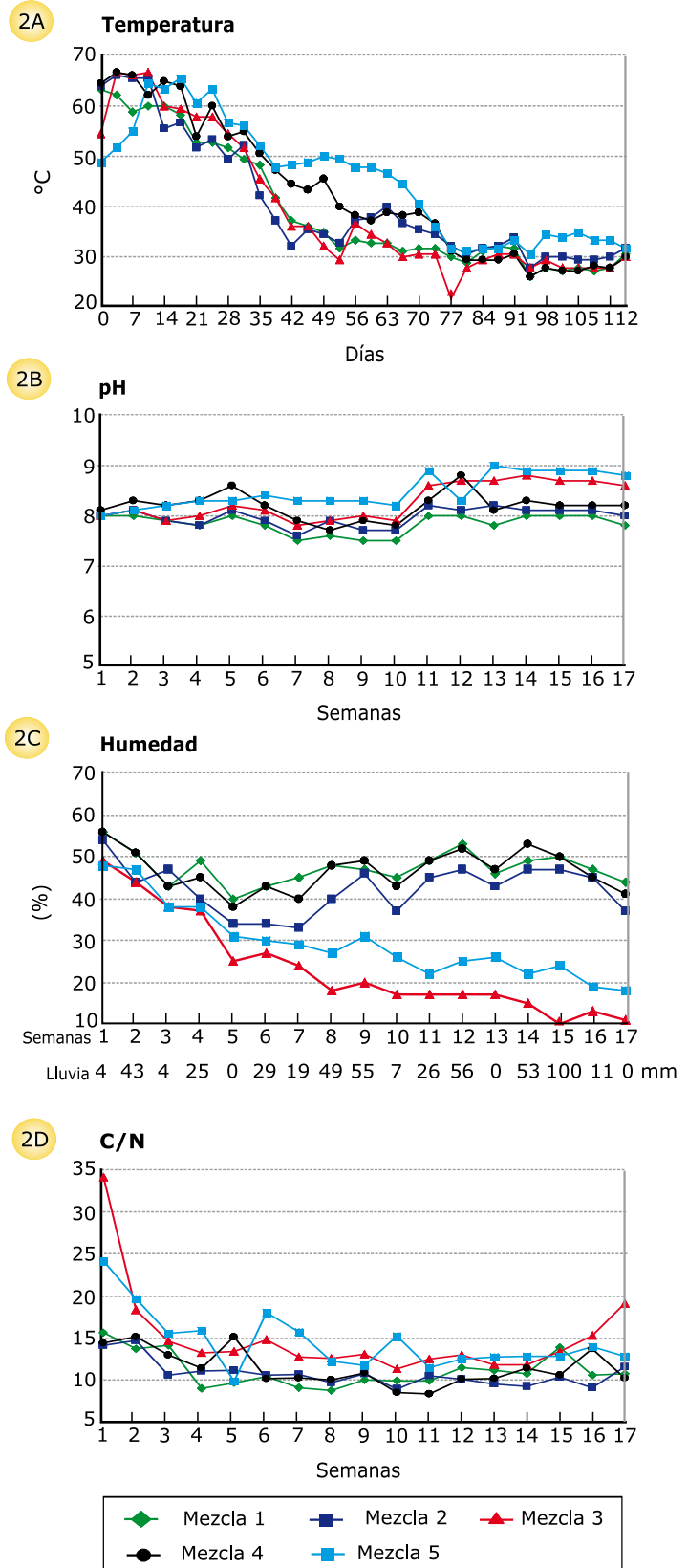


Figura 2. Variaciones de temperatura, humedad, pH y relación C/N durante el período de compostaje de cinco mezclas de cachaza y carbonilla con diferentes dosis de vinaza 55% de sólidos totales.

Los valores de pH estuvieron cerca de 8 durante todo el proceso de compostaje de las mezclas, excepto en las pilas con vinaza en cantidades de 100 kg/t de materia seca (mezcla 3) y 300 kg/t (mezcla 5) que presentaron valores entre 8 y 9 (Figura 2B).

En estas mismas pilas de abono orgánico se observaron mayores variaciones en la humedad a lo largo del tiempo en comparación con las otras tres pilas (Figura 2C). De acuerdo con los contenidos iniciales de humedad, las diferencias pueden ser una consecuencia del uso de cachaza con un período mayor de escurrimiento o con mayor número de días desde su producción hasta su utilización en las pilas correspondientes a las mezclas 3 y 5, ya que el material transportado inicialmente sólo alcanzó para conformar las pilas de las mezclas 1, 2 y 4 con 0, 50 y 150 kg de vinaza por t de materia seca de la mezcla de cachaza y carbonilla, respectivamente.

La humedad durante el período de compostaje tendió a disminuir en el primer mes pero luego aumentó debido a las lluvias que se presentaron en noviembre de 2005, de manera que se finalizó con humedades medias de 39% y 30% a las 9 y 17 semanas de compostaje, respectivamente. En general, el período de compostaje se llevó a cabo en una época lluviosa pues en la zona cayeron 481 mm desde el 4 de octubre de 2005 hasta el 27 de enero de 2006; durante este lapso hubo seis semanas con precipitaciones menores de 10 mm y otras seis semanas con precipitaciones entre 43 mm y 100 mm, cantidades que explican los incrementos en los porcentajes de humedad observados durante estas semanas de alta precipitación o después de ellas (Figura 2C).

Nueve semanas después de haber iniciado el proceso de compostaje, en las pilas de abono orgánico se habían estabilizado o comenzaron a estabilizarse la humedad, la temperatura, el pH, el contenido de materia orgánica y la relación C/N.

En las semanas 9 y 17 de compostaje, los análisis químicos mostraron aumentos importantes en el contenido de K total con el incremento de la cantidad de vinaza por tonelada de materia seca.

En las semanas 9 y 17 del período de compostaje, los análisis químicos mostraron aumentos importantes en el contenido de K total al incrementar la cantidad de vinaza por tonelada de materia seca (Cuadros 2 y 3). Este efecto de la vinaza se ha observado en otros tipos de abonos orgánicos compostados (Quintero, 2006).

Con base en los contenidos de los elementos mayores y menores y las características de los abonos orgánicos después de 9 y 17 semanas de compostaje (Cuadro 4) se decidió seleccionar la mezcla 5, compuesta por cuatro partes de cachaza, una parte de carbonilla y 300 kg de vinaza concentrada con 55% de sólidos totales por cada tonelada de materia seca, con un período de compostaje de nueve semanas, para continuar la experimentación de campo en dos suelos.

Cuadro 2. Características de cinco mezclas de cachaza, carbonilla y vinaza después de nueve semanas en compostaje. Ingenio Manuelita S.A.

Variable	Contenidos de las mezclas					Promedio
	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	
N (%)	1.04	1.13	0.90	1.02	0.66	0.95
P (%)	0.52	0.53	0.56	0.56	0.34	0.50
K (%)	0.53	0.66	0.88	0.90	1.18	0.83
Ca (%)	2.06	1.88	1.52	2.14	1.54	1.83
Mg (%)	1.22	1.18	0.98	1.22	1.16	1.15
Fe (ppm)	24,400	24,000	28,100	25,800	34,400	27,300
Mn (ppm)	752	723	751	751	771	750
Cu (ppm)	86	93	96	92	87	91
Zn (ppm)	228	202	173	212	133	190
Base seca (%)	53	54	80	51	69	61

Cuadro 3. Características de cinco mezclas de cachaza, carbonilla y vinaza después de 17 semanas en compostaje.

Variable	Contenidos de las mezclas					Promedio
	Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	
N (%)	1.00	0.96	0.60	1.08	0.60	0.85
P (%)	0.98	0.92	0.52	0.98	0.41	0.76
K (%)	0.55	0.71	0.84	0.98	1.36	0.89
Ca (%)	2.64	1.74	1.23	1.98	1.53	1.82
Mg (%)	1.02	0.67	0.66	0.78	0.99	0.82
Fe (ppm)	22,900	21,800	28,400	21,300	27,500	24,400
Mn (ppm)	689	686	817	674	702	714
Cu (ppm)	66	64	70	58	68	65
Zn (ppm)	211	200	212	314	123	212
Base seca (%)	56	63	89	59	82	70

Cuadro 4. Características del Compost Manuelita-1 después de 9 y 17 semanas de descomposición y dos volteos semanales.

Variable	Características del compost según el tiempo de descomposición	
	9 semanas	17 semanas
pH	7.82	8.28
Materia orgánica (%)	17.02	17.93
C (%)	9.90	10.42
C/N	10.81	12.90
C.E. (dS/m)	6.18	7.27
Densidad (g/cc)	0.60	0.65
Humedad (%)	38.60	30.30

## Proyecciones

La segunda fase de esta experimentación se adelantará en un área de aproximadamente 50 m<sup>2</sup> donde se prepararán 40 toneladas de compost, cuya denominación preliminar es Compost Manuelita-1. Esta cantidad de abono será suficiente para establecer dos experimentos de fertilización en suelos de fertilidad mediana y baja, en los cuales se evaluará la capacidad de este abono orgánico para suministrar nitrógeno, fósforo y potasio al cultivo de la caña de azúcar.

## Referencias bibliográficas

- Quintero, D.R.; Torres, J. S. 1991. Respuestas de la caña de azúcar a las aplicaciones de abonos orgánicos en el valle del río Cauca, Colombia. (Documento de trabajo, no.237). Cali, Cenicaña. p.21.
- Quintero, D.R. 1992. Subproductos de la industria azucarera y su uso como fertilizante. Cali, Cenicaña, p.18.
- Quintero, D.R. 2006. Respuestas de la caña de azúcar a las vinazas aplicadas al suelo. (Documento de trabajo, no.256). Cali, Cenicaña, p.15.

# Evaluación de dosis de maduradores en cultivos de caña de azúcar del Ingenio Sancarlos S.A.

Víctor Hugo Palacio García; Luis E. Cuervo L.\*

## Introducción

La maduración de la caña de azúcar se define como el proceso fisiológico que conlleva la máxima acumulación de sacarosa en la planta. De acuerdo con Martin (1987), este proceso ocurre en dos etapas. En la primera etapa los entrenudos cesan su crecimiento y aumentan su grosor, mientras se incrementa la materia seca; en la segunda, los entrenudos totalmente desarrollados alcanzan su potencial de acumulación de sacarosa, en un porcentaje que depende de factores nutricionales y ambientales.

Para inducir la maduración de la caña de azúcar se han ensayado, además de los productos maduradores conocidos, algunas estrategias que no han mostrado resultados positivos. Entre ellas, se han evaluado las correlaciones existentes entre la maduración y la humedad en la planta, el nitrógeno, el balance de nutrimentos en la planta, su actividad fotosintética y su respiración, incluyendo, entre otras alternativas, el uso de productos defoliantes.

Con respecto a los productos maduradores, la mayoría actúan como reguladores de crecimiento y contienen agentes que afectan la concentración de la invertasa ácida y la invertasa neutra, enzimas decisivas en la acumulación de azúcares en los tejidos de la caña. En la etapa de maduración del cultivo, con la aplicación de maduradores se detiene el alargamiento celular de los tejidos al tiempo que se disminuyen los niveles de glucosa y fructosa (azúcares reductores, AR) y se aumenta el nivel de sacarosa, especialmente en el tercio superior del tallo (Alexander, 1973).

La aplicación de maduradores es usual en muchas zonas azucareras del mundo. En el valle del río Cauca se usan maduradores con resultados positivos en términos del rendimiento en azúcar por unidad de área cosechada. Las condiciones edáficas y climáticas del valle del río Cauca han contribuido en la respuesta de la caña a las aplicaciones de dichos productos.

En el Ingenio Sancarlos, en julio de 2005 se cosecharon 20 parcelas experimentales con la variedad CC 85-92 en quinta soca con el objetivo de medir el efecto de cinco tratamientos de inducción de la maduración (tres dosis de Glifolaq®, una dosis de Roundup® y un testigo sin aplicación) en el crecimiento y la concentración de azúcares en tallos aplicados diez semanas antes de la cosecha. La caña tenía 14 meses de edad al momento del corte. Con los resultados de producción se estimó el porcentaje de variación del margen operacional esperado por hectárea y por tratamiento con respecto al testigo sin aplicación.

## Metodología

Se evaluaron cinco tratamientos de maduración, con el propósito de definir la dosis más adecuada del producto Glifolaq para aplicar a la variedad CC 85-92 en plantaciones cosechadas por el Ingenio Sancarlos.

La experimentación se llevó a cabo en 12.8 hectáreas de la hacienda Mallorca, zona agroecológica 6C2, donde se demarcaron 20 parcelas de 0.64 ha cada una, de acuerdo con un diseño de bloques completos al azar que integró cinco tratamientos y cuatro repeticiones. La variedad CC 85-92 en quinta soca fue cosechada a los 14 meses y las aplicaciones de madurador se hicieron diez semanas antes de la cosecha.

Los resultados de las evaluaciones se presentan en términos de crecimiento (altura y diámetro de tallos y longitud del cogollo), calidad de caña (concentración de azúcares reductores y porcentaje de rendimiento teórico en azúcar) y beneficio económico (índice de margen operacional).

Cada quince días después de las aplicaciones, en las semanas 1, 3, 5, 7 y 9 siguientes, se hicieron lecturas de las variables de crecimiento. En la parte central de cada parcela se seleccionaron cinco tallos, los cuales fueron marcados y medidos antes de aplicar los tratamientos. Para determinar la magnitud de referencia del cogollo, antes

---

\* Respectivamente: Ingeniero Agrónomo, Investigador Temporal <vhpalacio@cenicana.org>, Cenicaña. Ingeniero Agrónomo, Jefe de Proveedores y Agronomía, <lcuervo@ingeniosancarlos.com.co>, Ingenio Sancarlos S.A.

de las aplicaciones se marcaron los tallos a la altura dada al medir 1 m hacia abajo desde el primer cuello visible; la altura de los tallos se determinó desde la base hasta el primer cuello visible (TDV) y el diámetro, en el entrenudo de la parte media del tallo.

Para estimar las variables de calidad de caña, azúcares reductores y rendimiento teórico, en las semanas 1, 3, 6 y 9 siguientes a las aplicaciones se tomaron muestras de cuatro tallos enteros en los surcos centrales de cada parcela, para determinar su crecimiento. En muestras adicionales tomadas las semanas 1, 5 y 9 los tallos se dividieron en tres secciones (tercios superior, medio e inferior) y se molieron por separado en un molino experimental para determinar las mismas variables de calidad de caña.

Al momento de la cosecha se calcularon las toneladas de caña producidas por hectárea (TCH) y el rendimiento teórico en azúcar en tallos enteros. A partir de los resultados de producción y sus costos, definidos con base en la matriz de costos de campo del sistema de estandarización coordinado por Cenicaña, se estimó el índice de margen operacional (IMO) para cada tratamiento. Se tomó como referencia el ingreso neto conseguido sin aplicación de madurador. Los tratamientos evaluados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de maduración evaluados en la hacienda Mallorca del Ingenio Sancarlos con la variedad CC 85-92.

Tratamiento de maduración	Producto	Dosis (lt/ha)
T1	Glifolaq®	1.1
T2	Glifolaq®	1.0
T3	Glifolaq®	0.9
T4	Roundup®	1.1
T5	Testigo	Sin aplicación

## Resultados

Las parcelas que recibieron el tratamiento T1 presentaron los valores más bajos en las variables de crecimiento (Cuadro 2).

El rendimiento teórico en azúcar de todas las parcelas que recibieron madurador fue superior en comparación con los resultados del tratamiento testigo. La concentración de sacarosa en los tallos aumentó de forma continua después de las aplicaciones, con mayor énfasis entre las semanas 3 y 9 siguientes. Los valores más altos de rendimiento se registraron con los tratamientos T1 y T4, en los que se usó la dosis de 1.1

Cuadro 2. Crecimiento de la variedad CC 85-92 con cinco tratamientos de maduración. Variables medidas nueve semanas después de las aplicaciones. Hacienda Mallorca del Ingenio Sancarlos.

Tratamiento de maduración	Altura tallo (cm)	Diámetro entrenudo (cm)	Longitud cogollo (cm)
T1	335 b*	2.8 a	101 a
T2	336 a	2.8 a	103 ba
T3	337 a	2.9 b	104 b
T4	333 b	3.0 b	102 a
T5	349 a	2.9 b	107 c

\* Promedios en cada columna seguidos de letras distintas, denotan diferencias significativas.

L/ha (Figura 1). El contenido de azúcares reductores disminuyó progresivamente en todos los casos, incluso cuando no se aplicó madurador.

Con respecto a las evaluaciones de calidad de caña en cada sección del tallo, en todas las parcelas se registró una tendencia decreciente del contenido de azúcares reductores, tanto en el tercio superior como en el medio y en el inferior, sin diferencias significativas entre tratamientos.

La tendencia del rendimiento fue creciente, con los valores más bajos de incremento en el tercio inferior del tallo. Los mejores valores de rendimiento se consiguieron con los tratamientos T1 y T4, significativamente superiores en comparación con el resto (Figura 2 y Cuadro 3).

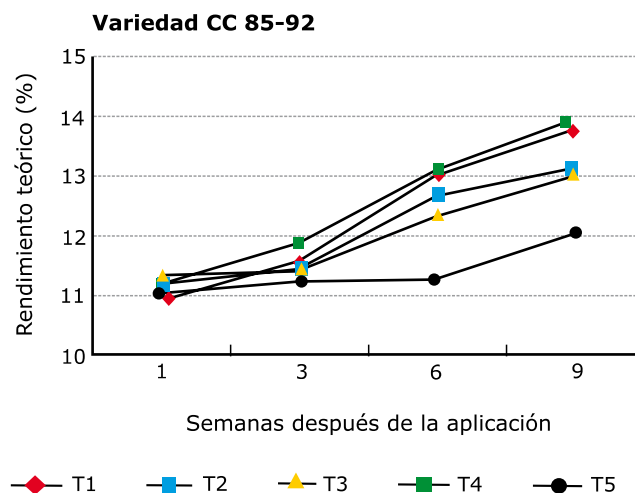


Figura 1. Rendimiento en azúcar de la variedad CC 85-92 con cinco tratamientos de maduración. Hacienda Mallorca del Ingenio Sancarlos.

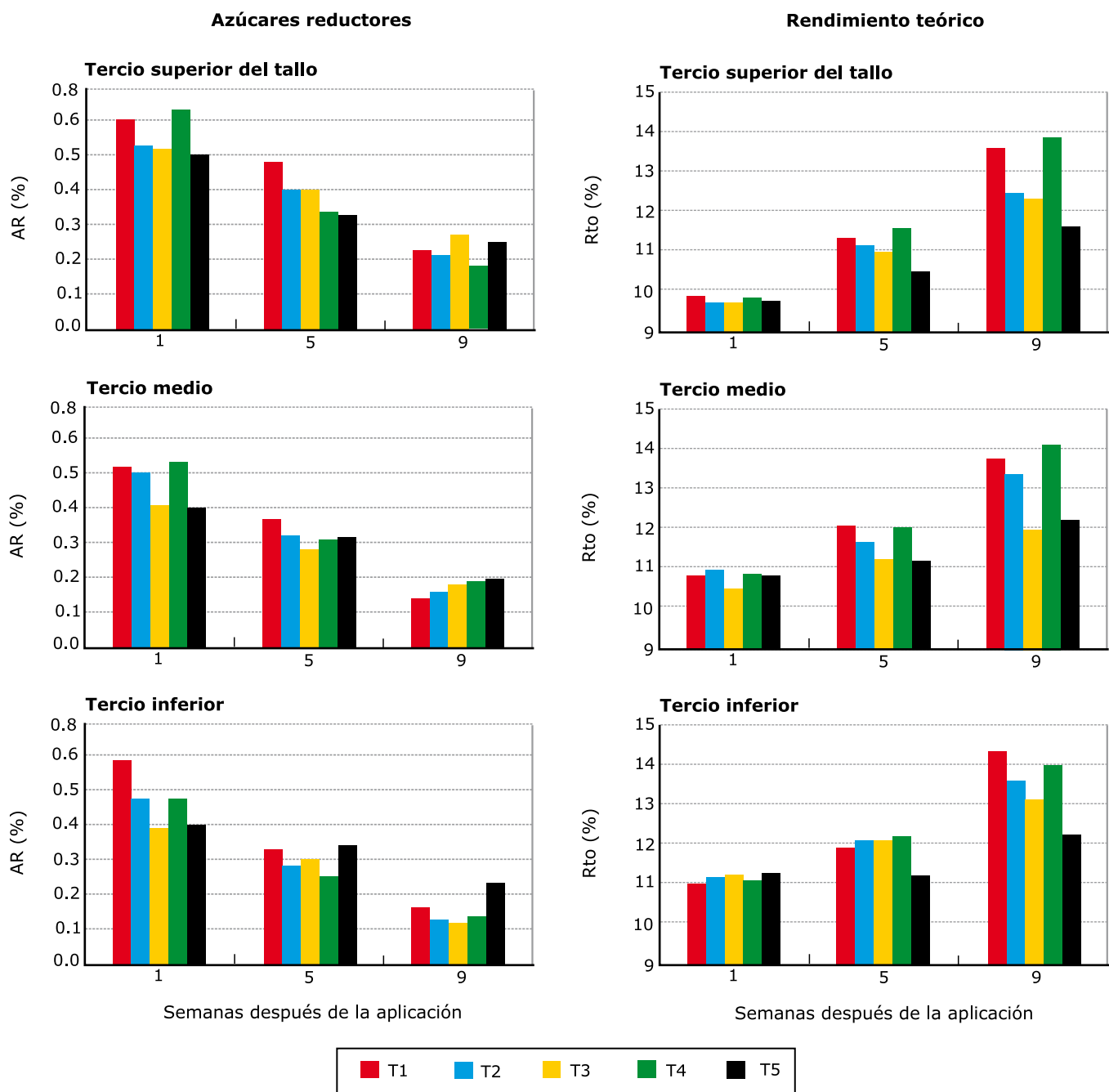


Figura 2. Calidad de caña de la variedad CC 85-92, con cinco tratamientos de maduración. Variables determinadas en las semanas 1, 5 y 9 siguientes a las aplicaciones. Hacienda Mallorca del Ingenio Sancarlos.

Cuadro 3. Calidad de caña de la variedad CC 85-92 con cinco tratamientos de maduración. Ingenio Sancarlos.

Tratamiento de maduración	Tercio superior del tallo		Tercio medio		Tercio inferior	
	Azúcares reductores (%)	Rendimiento teórico (%)	Azúcares reductores (%)	Rendimiento teórico (%)	Azúcares reductores (%)	Rendimiento teórico (%)
T1	0.40 a*	11.5 a	0.30 a	12.4 a	0.31 a	12.4 a
T2	0.34 a	11.0 ab	0.30 a	12.1 ab	0.27 a	12.4 a
T3	0.35 a	11.0 b	0.27 a	11.6 b	0.24 a	12.2 ab
T4	0.34 a	11.7 a	0.31 a	12.7 a	0.26 a	12.5 a
T5	0.36 a	10.7 c	0.30 a	11.4 c	0.31 a	11.7 b

\* Promedios en cada columna seguidos de letras distintas, denotan diferencias significativas.



La utilización y acumulación de los azúcares en los tejidos de la caña dependen de la acción de las invertasas ácida y neutra, enzimas que regulan el contenido y la proporción de monosacáridos (como glucosa y fructosa) y disacáridos (como sacarosa) en la planta. La concentración de estas enzimas varía de acuerdo con el ciclo biológico del cultivo. En la etapa de germinación, la acción de ambas enzimas es baja; en la etapa de crecimiento, la acción de ambas se incrementa, tal como ocurre al final del ciclo, con la diferencia de que durante la maduración es mayor la concentración de la invertasa neutra.

Cuando se aplican productos maduradores como los evaluados en esta experimentación, la actividad de la invertasa neutra aumenta debido a que los niveles de glucosa y fructosa han descendido por la acción del madurador; al cesar el alargamiento celular, la concentración de la invertasa ácida se reduce rápidamente, de manera que el mayor contenido de invertasa neutra promueve la acumulación de sacarosa en las células de almacenaje de azúcares, principalmente en el tercio superior del tallo (Alexander, 1973).

Los tratamientos que recibieron madurador no afectaron la producción de caña por hectárea (TCH), mientras que el efecto sobre el rendimiento resultó en incrementos hasta de 14% en los tratamientos T1 y T4 con respecto al testigo sin madurador, diferencia estadísticamente significativa. El índice de margen operacional (IMO) por hectárea fue 16.2% mayor en

las parcelas que recibieron los tratamientos T1 y T4, en comparación con los resultados del testigo (Cuadro 4).

## Conclusiones

- El rendimiento en azúcar de la variedad CC 85-92, en quinta soca, aumentó hasta 14% debido al efecto madurador de los productos Roundup® y Glifolaq® aplicados individualmente en dosis de 1.1. lt/ha. En los tratamientos que incluyeron estos productos en la dosis indicada, el ingreso neto por hectárea fue 16% mayor con respecto al tratamiento sin aplicación.
- El contenido de azúcares reductores disminuyó progresivamente y con igual tendencia en los tercios superior, medio e inferior del tallo, produciendo una maduración uniforme del tallo completo y sin que se registraran diferencias significativas entre los tratamientos de maduración evaluados.
- Al aumentar el rendimiento del tercio superior, se puede aumentar la altura de descogolle en la cosecha.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Alberto Roldán, Superintendente de Campo, Juan de Dios Perea, Supervisor Departamento de Agronomía, Mery Martínez, Jefe de Control Agroindustrial, y al personal de campo del Ingenio Sancarlos S.A. que participó en el desarrollo del experimento.

Cuadro 4. Producción y margen operacional de la variedad CC 85-92 con diferentes dosis de maduradores en el Ingenio Sancarlos, hacienda Mallorca, suerte 11.

Tratamiento de maduración	TCH	Rendimiento teórico (%)	IMO para el ingenio en tierras propias (%) <sup>1</sup>
T1	149 a*	13.8 a	114
T2	148 a	13.3 ab	108
T3	155 a	12.7 bc	105
T4	151 a	14.0 a	116
T5	144 a	12.5 c	100

\* Promedios en cada columna seguidos de letras distintas, denotan diferencias significativas

1. El IMO (índice de margen operacional) de los tratamientos T1 a T4 fue estimado con respecto al T5, de manera que se expresa como un porcentaje relativo. La estimación se realizó con base en el ingreso neto por hectárea cosechada (\$/ha).

## Referencias bibliográficas

Alexander, A.G. 1973. Sugarcane Physiology. Elsevier Scientific Publishing Company, p.397- 434.

Martin, J.R. 1987. La caña de azúcar en Cuba. Editorial científico-técnica, La Habana. p.612.

## Aspectos estructurales y de entorno para proyectos e inversiones en bioetanol

Carlos O. Briceño\*

De acuerdo con la revisión sobre tecnologías emergentes realizada por Bullock (2003), durante las décadas comprendidas entre 1982 y 2002 fueron otorgadas 281 patentes relacionadas con organismos productores de etanol, alrededor de 50 patentes en el campo de sustratos alternativos a los carbohidratos fermentables (34 de ellas en relación con sustratos lignocelulósicos), cerca de 54 patentes sobre diseños de procesos industriales, 25 en tecnologías de fermentación, aproximadamente 70 relacionadas con la hidratación catalítica del etileno –una de las fuentes más costosas para la obtención de etanol–, además de unas 30 patentes en el campo de derivados y coproductos (alcoquímica).

### Introducción

La aceptación del etanol como un aditivo oxigenante de los combustibles utilizados en los automotores se ha extendido en los últimos seis años más allá de los Estados Unidos y Brasil, los dos países con mayor volumen de producción y consumo. Así, en Australia y en varios países de Asia, África, Europa y Latinoamérica, se han desarrollado actividades legislativas y económicas que, junto con el avance de investigaciones y evaluaciones, han favorecido el uso de etanol anhidro como carburante (Shete, 2003).

De acuerdo con las proyecciones de la demanda, se vislumbra que la producción mundial de etanol podría aumentar en 43% en la presente década, de 35 mil millones de litros en el año 2000 a 50 mil millones de litros en 2010. El precio de la producción en 2006 asciende a US\$12 mil millones.

En Colombia, el etanol carburante se produce en cinco plantas que fueron inauguradas en el valle del río Cauca entre octubre de 2005 y marzo de 2006, adjuntas a igual número de ingenios azucareros. La producción conjunta asciende a 1,050,000 litros por día y la vinaza resultante del proceso de destilación se concentra hasta alcanzar niveles de sólidos totales entre 32% y 55%.

Para la construcción y puesta en marcha de estas plantas, los empresarios colombianos han atendido requerimientos ambientales, técnicos, jurídicos, comerciales y financieros. De acuerdo con las experiencias vividas, se puede afirmar que los aspectos de mayor impacto en los proyectos de producción de etanol en Colombia han sido la materia prima y su disponibilidad permanente, la tecnología utilizada en los procesos de fermentación, deshidratación, concentración y tratamiento de efluentes; la energía requerida, los efluentes producidos, la automatización y los costos de inversión.

Los análisis de factibilidad técnica y financiera de los proyectos deben incluir evaluaciones sobre la demanda nacional y externa del producto, los costos de inversión y operación, los procesos y su calidad; además, evaluaciones acerca de las ventajas que ofrece el mercado en cuanto a la competencia entre tecnologías, materias primas, tratamiento de efluentes y el potencial de desarrollo de derivados y coproductos (Briceño, 2006).

\* Ingeniero Químico, M.Sc., Director Programa de Procesos de Fábrica <cobricen@cenicana.org>. Cenicafña.

## El productor

El inversionista que considere la posibilidad de llegar a ser un productor de alcohol carburante debe tener en cuenta aspectos que van desde las licencias ambientales otorgadas por el Estado, hasta los compromisos con las compañías que efectuarán las mezclas etanol-gasolina. Esto incluye los riesgos y responsabilidades en los procesos industriales, el suministro permanente de las materias primas y la satisfacción del usuario final con el producto.

En la Figura 1 se presenta un esquema de los principales aspectos involucrados en el negocio de producción y venta de alcohol carburante.

Actualmente se cuenta con portafolios de tecnología completos. Varios países han orientado sus investigaciones comerciales al desarrollo de alternativas novedosas y el número de patentes otorgadas aumenta de forma vertiginosa.

De acuerdo con la revisión sobre tecnologías emergentes realizada por Bullock (2003), durante las décadas comprendidas entre 1982 y 2002 fueron otorgadas 281 patentes relacionadas con organismos productores de etanol (Cuadro 1), alrededor de 50 patentes en el campo de sustratos alternativos a los carbohidratos fermentables (34 de ellas en relación con sustratos lignocelulósicos), cerca de 54 patentes sobre diseños de procesos industriales, 25 en tecnologías de fermentación, aproximadamente 70 relacionadas con la hidratación catalítica del etileno –una de las fuentes más costosas para la obtención de etanol–, además de unas 30 patentes en el campo de derivados y coproductos (alcoquímica).

En los nuevos diseños de esquemas industriales patentados se establecen ventajas debidas a procesos continuos en lugar de los de tanda o cochada (*batch*), evaporación continua al vacío del etanol con reciclado de levadura/mosto y fraccionamiento esquemático. Algunas tecnologías en oferta comercial corresponden a desarrollos realizados por las empresas Biostil (Chematur), PRAJ, Codistil Dedini, Stargem, Alfa-Laval, Vogelbusch, Delta T, entre otras.

En el proceso de fermentación, que constituye el eslabón básico en la cadena de procesos en una destilería, las tecnologías patentadas incluyen el uso de CO<sub>2</sub> supercrítico en la extracción de etanol, extracción por solventes, técnicas de separación por membranas (pervaporación y ósmosis reversa, entre otras), destilación a presión alta, destilería solar y adsorción por zeolitas.

Con respecto al desarrollo de tecnologías en relación con los derivados del etanol, cuyo rango de posibilidades es muy amplio y con un mercado significativo, las patentes se refieren a la obtención de otros alcoholes, alimentos para humanos y animales, fructosa, xilitol, ácido succínico y glicerol, coproductos viables dependiendo de la naturaleza del proceso.



Figura 1. Factores principales de interés que afectan el negocio de producción y venta de etanol carburante.

Cuadro 1. Organismos utilizados para producir etanol. (Fuente: Bullock. 2003)

<b>Levaduras</b>
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Saccharomyces ellipsoides</i>
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>
<i>Saccharomyces fragilis</i>
<i>Saccharomyces ovaru</i>
<i>Saccharomyces pastorianus</i>
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>
<i>Kluyveromyces marxianus</i> IMB3
<i>Pichia stipites</i>
<b>Mohos y hongos</b>
<i>Aspergillus oryzae</i>
<i>Aspergillus awamori</i>
<i>Candida shehatae</i>
<b>Bacterias</b>
<i>Escherichia coli</i>
<i>Zymomonas mobilis</i>
<i>Thermoanaerobacter mathrani</i>
<i>Clostridium acetobutylicum</i>
<i>Clostridium beijerinckii</i>

En el campo de sustratos alternativos para sustituir los carbohidratos fermentables (azúcar, almidones, etc), la mayoría de las patentes corresponden al uso de sustratos lignocelulósicos que, con numerosas variaciones en los procesos, rompen la estructura lignina/hemicelulosa/celulosa para hacerla más accesible a la hidrólisis. Otros sustratos que han sido patentados incluyen mezclas de materias primas, el suero de la leche, la papa y las algas, estas últimas utilizadas en procesos fermentativos convencionales para convertir el CO<sub>2</sub> en almidón antes de la cosecha de los cultivos agrícolas.

Un factor de riesgo para el productor de etanol en relación con la selección de equipos y tecnologías es el hecho de que no existe consenso sobre el mejor desarrollo técnico y económico actual. Los antecedentes al respecto indican que los desarrollos se han fundamentado más en experimentación empírica que en la aplicación de métodos modernos de modelamiento como, por ejemplo, los que ofrece la dinámica de fluidos computacional.

Un aspecto de importancia, igualmente significativo, es la intervención del productor en el desarrollo social de su área de influencia, en lo que respecta a la generación de empleo estable y la consecuente seguridad social, con sus obligaciones en educación, recreación, salud, vivienda y pensión, sus compromisos con los planes de ordenamiento territorial, las relaciones con sus proveedores y la distribución de los dividendos, principalmente.

Conseguir un nivel de desarrollo estable de los distintos actores exige armonía en la estrategia, para lo cual se recomienda adoptar el modelo de gestión que integra las 5E, tanto en la selección de equipos como en el establecimiento de procesos. Las 5E se refieren a acciones concretas que se deben realizar para que las plantas productoras consigan operar con procesos eficientes, estables, amigables con la ecología, que aseguren el equilibrio energético y que sean sostenibles en su perspectiva económica (Cenicaña, 2005).

La recomendación para nuevos inversionistas es que deben conocer la legislación pertinente, analizar la viabilidad técnica y financiera de los proyectos y realimentar al Estado en el proceso de diseño y puesta en marcha de los programas nacionales y su marco legal.



Figura 2. Motivaciones y compromisos del Estado en el desarrollo de plantas productoras de etanol carburante.

## El Estado

Son numerosos los factores que están motivando a las naciones a incursionar en proyectos de producción de etanol carburante, y el Estado juega un papel determinante al normalizar los mecanismos para el acceso a incentivos de distinta naturaleza, reglamentar condiciones de calidad, suministro y precios, promover y controlar el comercio, entre otras acciones (Figura 2).

A escala mundial, en la mayoría de los nuevos proyectos el Estado apoya de una u otra forma las gestiones de grupos y líderes de la empresa privada, esfuerzo que se compensará con creces en el largo plazo por la sustitución de millones de barriles de gasolina al año, ya que un barril de etanol reemplaza un barril de gasolina, con lo cual se liberan 2.5 barriles de crudo en los cargos de las refinerías (Acosta *et al*, 2003).

Brasil y Estados Unidos, países que en conjunto producen el 85% del etanol utilizado como combustible en el mundo, son buenos ejemplos para mostrar la importancia de la visión, acción y estrategias del Estado en un programa nacional de biocombustibles.

**El programa brasileño de alcohol combustible** comenzó en 1975 con el propósito de sustituir el diesel, el aceite combustible y la gasolina automotor utilizando fuentes de energía disponibles en Brasil, para reducir las importaciones de petróleo que representaban, a la fecha, el 80% del consumo nacional de este insumo. El programa se hizo viable a partir de la caña de azúcar, gracias a una gigantesca operación de financiación emprendida por el Gobierno con el apoyo del Banco Mundial (SIFAESP, 1997). Luego de veintidós años, el gremio de las industrias de azúcar y alcohol del estado de São Paulo señaló ventajas evidentes del programa de alcohol con respecto al uso de derivados del petróleo, relacionadas fundamentalmente con el desarrollo tecnológico y la estrategia de suministro; el desempeño de la economía y el nivel de empleo; y los beneficios de carácter ambiental.

En el proceso de oxigenación de las gasolinas con alcohol anhidro, la dosificación del "combustible verde" en las mezclas fue creciendo progresivamente, hasta que el uso de etanol en proporción de 22% fue adoptado en todo el país. En 1984 el 94.4% de la producción de las ensambladoras de autos correspondió a motores de alcohol, que habían entrado al mercado a principios de esa década con la opción de usar ciento por ciento etanol como combustible. En ese mismo año se tenía una política definida que remuneraba adecuadamente al productor de alcohol y mantenía una relación diferenciada entre los precios del alcohol y la gasolina. En 1991 se expidió la ley federal que obligó a adicionar el 22% de alcohol anhidro a la gasolina, para lo cual el Gobierno redujo los impuestos sobre el combustible automotor (Graca, 2002).

**La ley de seguridad energética de los Estados Unidos de América del Norte**, emitida en 1978, ha dado lugar a la vigencia de un buen número de leyes y reglamentos en distintos campos relacionados con la investigación, producción y uso de etanol en ese país, con base en motivaciones económicas, sociales y ambientales (Holmberg, 2002). Por ejemplo, en los últimos años, el Departamento de Energía se ha propuesto utilizar los residuos de la cosecha de maíz y trigo, principalmente, como materias primas para la producción de biocombustible. Según cifras publicadas por Perlack *et al* (2005), De la Torre *et al* (2006) y Wooley (1999), en su orden, se estima que a partir los residuos secos de maíz (75 millones de toneladas) y paja de trigo (11 millones de toneladas) disponibles al año como materia prima se podría obtener alrededor de 7.7 mil millones de galones de etanol, presumiendo un rendimiento de 89.7 galones de alcohol por tonelada de materia seca. Además, todo indica que las importaciones de los Estados Unidos irán en aumento (Richman, 2006).

**En Colombia, el programa nacional de alcoholes carburantes** comenzó en septiembre de 2001 con el objetivo de producir etanol a partir de la caña de azúcar y otros insumos agrícolas, para mejorar la calidad de las gasolinas. Basado en motivaciones de carácter económico, social y ambiental, se ha estructurado de manera que ofrece un marco de seguridad jurídica para los cultivadores de caña de azúcar, maíz, yuca, sorgo sacarino, papa y remolacha, así como para los proveedores de servicios de ingeniería, construcción, instalación, transporte, etc., y para los inversionistas. Promueve la producción y el consumo

#### Marco legal del alcohol carburante en Colombia

##### **LEY 693 DE 2001** (septiembre 19)

Congreso de Colombia

*Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.*

##### **LEY 788 DE 2002** (dic. 27)

Congreso de Colombia

*Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.*

##### **RESOLUCIÓN 0447 DE 2003** (abril 14)

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Ministerio de Minas y Energía

*Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.*

##### **RESOLUCIÓN 180687 DE 2003** (junio 17)

Ministerio de Minas y Energía

*Por la cual se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.*

##### **RESOLUCIÓN 180836 DE 2003** (julio 25)

Ministerio de Minas y Energía

*Por la cual se define la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada.*

##### **RESOLUCIÓN 181710 DE 2003** (dic. 23)

Ministerio de Minas y Energía

*Por el cual se modifica el artículo 2º de la Resolución 180836 del 25 de julio de 2003.*

con estímulos tributarios respecto a la gasolina (no cargos de IVA, impuesto global y sobretasa), reducción efectiva de emisiones de CO<sub>2</sub>, apertura al desarrollo tecnológico en biocombustibles y alcoquímica, reglamentación de la ley en materia de condiciones técnicas, ambientales y de precios.

## Los grandes clientes

En la Figura 4 se presenta un resumen de los principales factores relacionados con los grandes clientes de las destilerías.



En Colombia, para el caso de los combustibles derivados del petróleo, los clientes de las refinerías son los grandes distribuidores, quienes almacenan y distribuyen a los surtidores o pequeños clientes que, a su vez, atienden al usuario final. Este esquema se repite en el caso de mezclas de alcohol y gasolina (Figura 3).

En cada país se deberán establecer las especificaciones de los productos, la forma de efectuar las mezclas, los sitios de preparación y las formas de despacho y recepción. Los controles de seguridad por riesgos, calidad y pérdidas o alteraciones varían de acuerdo con los métodos y tecnologías involucrados.

Figura 4. Motivaciones y compromisos de los grandes clientes en el negocio de alcohol carburante.

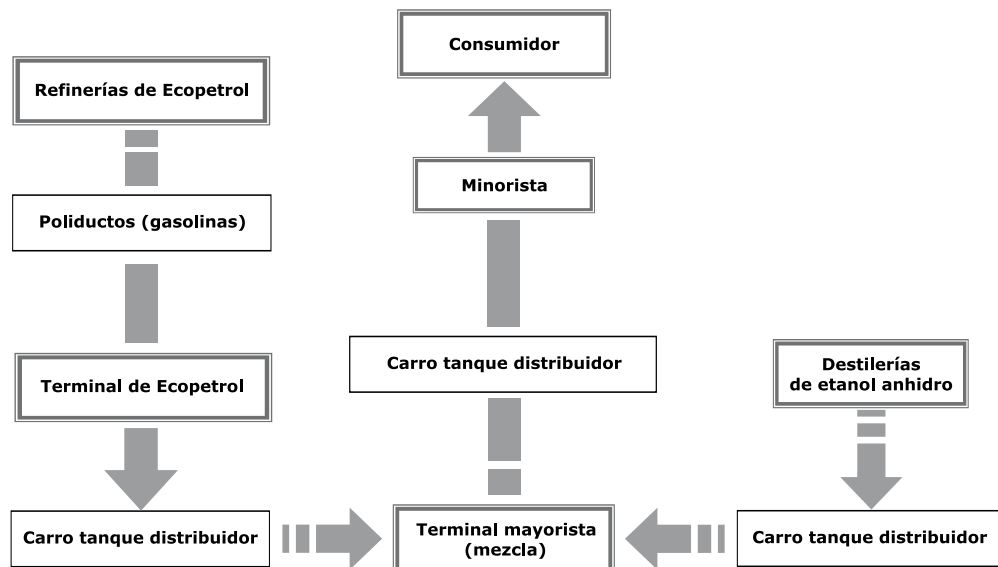


Figura 3. Esquema del sistema de abastecimiento de la mezcla de gasolina y etanol carburante desde los centros de producción hasta el consumidor final en Colombia, 2006.

## El usuario final

Aunque se puede presumir que el usuario final debería estar lo suficientemente motivado y satisfecho con el uso de etanol carburante, dados los efectos positivos en términos de CO<sub>2</sub>, octanaje de la gasolina, importaciones de gasolina procesada y eventualmente de petróleo, oportunidades de inversión, nuevos negocios y nuevos empleos, es mejor demostrar con hechos los beneficios inmediatos para el ciudadano común, como por ejemplo la disminución de costos a través de precios más bajos o rendimientos más altos por el uso del combustible, mejor desempeño automotriz, seguridad de suministro del combustible frente a la gasolina actual, el gas o el diesel, menores niveles de contaminación y mejores niveles en salud.

Las políticas y estrategias en Brasil y Estados Unidos cubren, con marcado éxito, muchos de los aspectos mencionados. En la Figura 5 aparece una lista de las inquietudes que puede tener el usuario final acerca de la mezcla, y sus actitudes por las medidas oficiales.

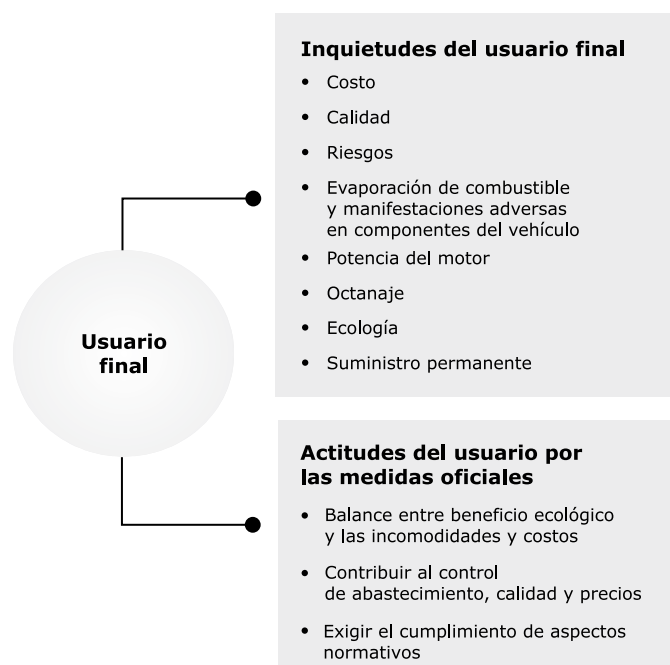


Figura 5. Esquema de la interacción cliente-mezcla de gasolina y alcohol.

## Las perspectivas en Colombia

En Colombia, como se dijo, el etanol carburante se produce en cinco plantas que fueron inauguradas en el valle del río Cauca entre octubre de 2005 y marzo de 2006, adjuntas a igual número de ingenios azucareros. La producción conjunta asciende a 1,050,000 litros por día y la vinaza resultante del proceso de destilación se concentra hasta alcanzar niveles de sólidos totales entre 32% y 55% (Cuadro 2).

Las plantas colombianas de etanol se caracterizan por estar anexas a los ingenios azucareros y usar diversidad de materias primas (jugos, mieles y meladura) (Figura 6), contar con tecnología de punta, tener menor producción de vinazas, manejo óptimo de residuos y producción de bioabonos.

Las cinco plantas adquirieron la tecnología hindú de Praj Industries, que incluye (Figura 7):

- Planta de fermentación continua HIFERM-GR: sin preclarificación de melazas y con una levadura especial.
- Destilación al vacío.
- Deshidratación con tamices moleculares.
- Concentración de vinaza: evaporador de lecho fluidizado ECOVAP-FB y FLUBEX.
- Planta de tratamiento de aguas residuales.
- Planta de dióxido de carbono.

Cuadro 2. Producción planeada de etanol anhidro y vinaza en Colombia, junio de 2006.

Ingenios con destilería	Producción objetivo de etanol (lt/día)	Vinaza/etanol	Sólidos totales en vinaza (%)
Risaralda	100,000	2.40	35
Mayagüez	150,000	1.30	35
Providencia	250,000	1.20	32
Manuelita	250,000	1.00	55
Incauca	300,000	1.35	35
Total	1,050,000	1.32	-

Conseguir un nivel de desarrollo estable de los distintos actores exige armonía en la estrategia, para lo cual se recomienda adoptar el modelo de gestión que integra las 5E, tanto en la selección de equipos como en el establecimiento de procesos. Las 5E se refieren a acciones concretas que se deben realizar para que las plantas productoras consigan operar con procesos **eficientes**, **estables**, **amigables** con la **ecología**, que aseguren el equilibrio **energético** y que sean sostenibles en su perspectiva **económica**.

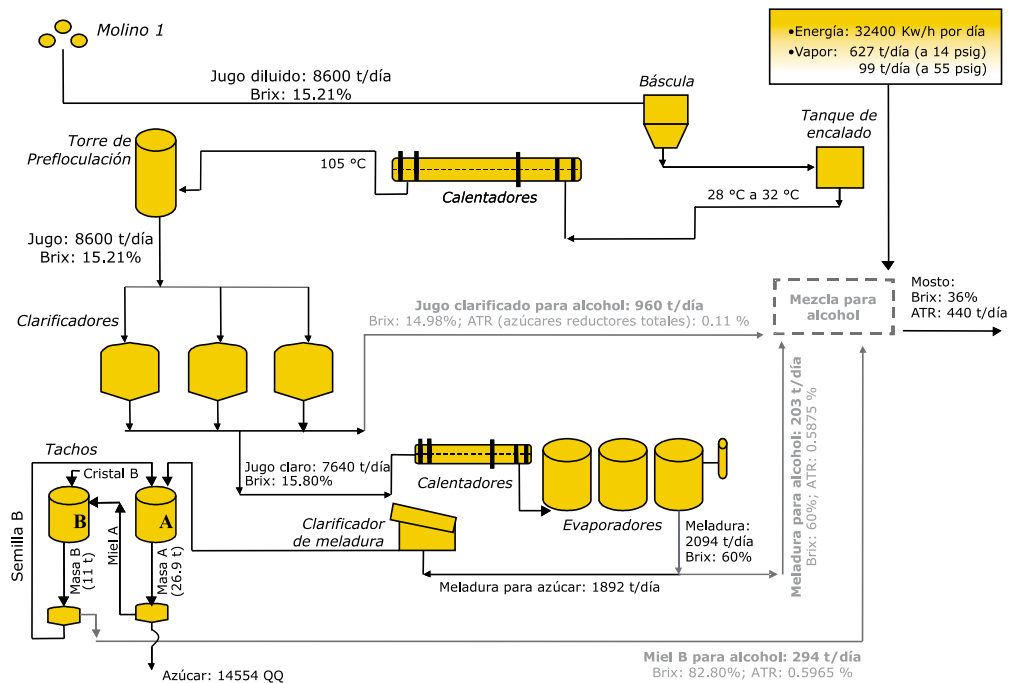


Figura 6. Diagrama de flujo de subproductos de la molienda para la elaboración de alcohol anhidro. (Fuente: Vivas, 2006)

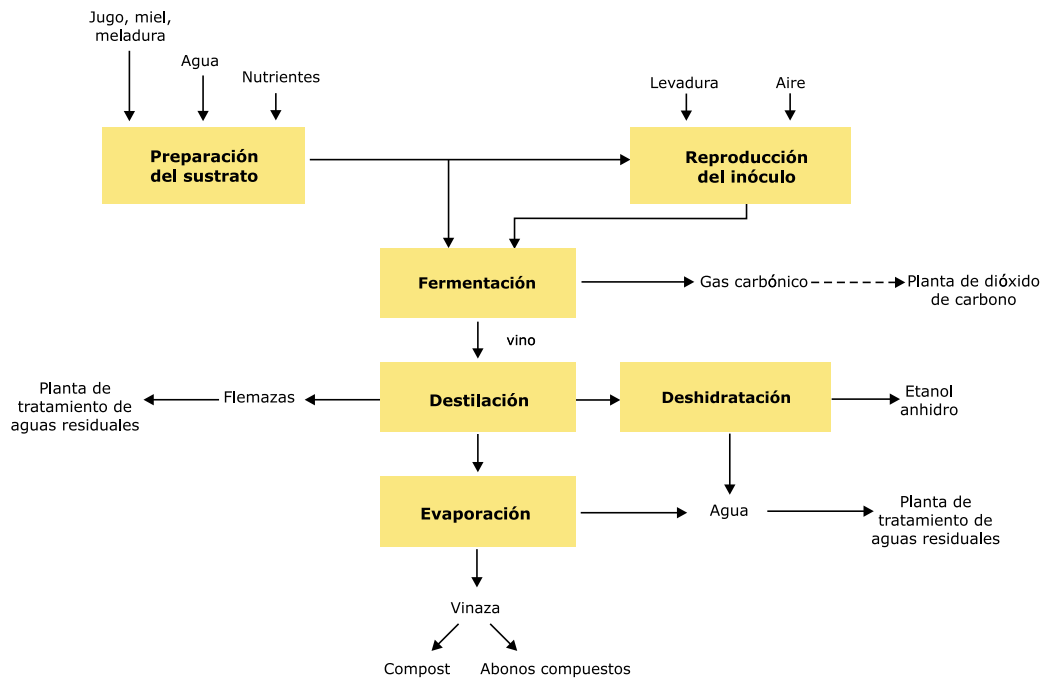


Figura 7. Esquema general de una planta de producción de etanol anhidro.



Se puede considerar que en Colombia las destilerías del sector azucarero son el punto de referencia para la producción de alcohol carburante en el país. No obstante, si bien es cierto que el camino recorrido marca una pauta, los nuevos proyectos no iniciarían necesariamente con base en la caña de azúcar o alguno de sus productos, ni tampoco contarían con facilidades o estructuras de base como las que tienen los ingenios.

Los diferentes esquemas analizados permiten visualizar algunas estrategias en materias primas como la papa, la yuca, el maíz, la remolacha, el banano y residuos cítricos, principalmente. De hecho, se han constituido al menos cinco empresas que están adelantando los estudios de factibilidad técnica, económica y ambiental en diferentes zonas agroclimáticas del país. Los balances económicos y el manejo ambiental son los principales aspectos que retrasarían algunos de estos proyectos.

Se espera que el análisis planteado en este documento pueda orientar los estudios técnicos correspondientes.

## **Referencias bibliográficas**

- Acosta, A.; Cala, D.; Bendeck, J. 2003. El gran desafío a propósito de los alcoholes carburantes. Editorial Edición Ltda., Bogotá D.C., 191 pp.
- Briceño Beltrán, C.O. 2006. Aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e inversiones para la producción de bioetanol en Colombia. 16 p. En: Jornadas iberoamericanas sobre problemas tecnológicos, energéticos y ambientales en las tecnologías para biocombustibles a partir de caña de azúcar y otras fuentes integradas de biomasa. Memorias. Antigua, Guatemala. 17-21 de julio de 2006. CFCE, Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Bullock, G.E. 2003. Review of emerging ethanol technologies. Bioenergy review. Vol 2, No, 2 (nov) p.30-36
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicafía). 2005. Informe anual 2004. Cenicafía, Cali, p. 40
- De la Torre Ugarte, D.G.; English, B.C.; Menard, R.J.; Walsh. M. 2006. Conditions that influence the economic viability of ethanol from corn stoves in the midwest of the USA. International Sugar Journal, Vol. 108, No. 1287, March 2006. p.152.
- Graca, A. 2002. Brasil, país del alcohol. Brazil Now. Edición especial. Brazilian Foreign Trade Association (AEB), São Paulo, p.6.
- Holmberg, B. 2002. Biofuels and bioproducts today. Presentation at Power Crops for the Americas Seminar, may 5 to 8, 2002, Miami Fla.
- Perlack, R.; Wright, L.; Turhollow, A.; Graham, R., Stokes, B.; Erbach, D., 2005. Biomass as a feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: the technical feasibility of a billion-ton annual supply. U.S. Department of Energy, Oak Ridge National Laboratory/U.S. Department of Agriculture. National Technical Information Service, Washington, DC.
- Richman, S. 2006. The status and potential of ethanol imports into the United States. International Sugar Journal, Vol. 108. No. 1287, March 2006. p.148.
- Shete. N., 2003. Feedstock flexibility in ethanol production. Bioenergy Review. Vol.2. No. 2 (nov) p. 37-40
- Sindicato da Indústria da Fabricação do Alcool no Estado de São Paulo (SIFAESp). 1997. Historia de un combustible sostenible. São Paulo – SP – Brasil. 1997. 45 pp.
- Vivas, A. L. 2006. Construcción y gestión para un proyecto de alcohol carburante. II Seminario Internacional de Alcohol Carburante. Memorias. Tecnicaña. Cali, julio 12 al 14 de 2006.
- Wooley, R.; Ruth, M.; Sheehan, J; Ibsen, K.; Majdeski, H.; Gálvez A. 1999. Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis. Current and futuristic scenarios. National Renewable Energy Laboratory. Golden, CO., EE.UU. 123 pp. Disponible en <<http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti-id=12150>> consultado el 19-05-2004.

## Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, primer semestre de 2006

Alberto Palma Z.; Liliana María Calero S.; Enrique Cortés B.\*



### Introducción

En este informe se presentan los resultados de producción comercial de la agroindustria azucarera colombiana durante el primer semestre de 2006, correspondientes a la caña cosechada por doce ingenios localizados en el valle del río Cauca en tierras con manejo directo de éstos y en tierras de proveedores.

Los datos del cultivo y el rendimiento comercial en azúcar fueron suministrados por los ingenios Carmelita, Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos. En los indicadores de fábrica no se incluyen datos de Carmelita ni Central Tumaco<sup>1</sup>.

Durante el período de observación aumentaron levemente las producciones de caña y azúcar por hectárea y por mes, con respecto al primer semestre de 2005. El número de corte también fue mayor en 2006, mientras que los demás indicadores de la productividad de campo mostraron disminuciones. En fábrica se registraron descensos en la cantidad de caña molida, azúcar producido, rendimiento real con base en 99.7% Pol, fibra, sacarosa aparente, pérdidas de sacarosa en bagazo y miel final y pérdidas indeterminadas (% caña), y aumentaron las pérdidas de sacarosa en cachaza con respecto al primer semestre de 2005 (Cuadro 1).

De acuerdo con los registros de las 29 estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA), la precipitación acumulada durante el primer semestre de 2006 fue superior en 13% a la media multianual del primer semestre para el periodo 1994-2006, mientras que la radiación solar media diaria fue prácticamente igual (99%).

En comparación con el primer semestre de 2005, las lluvias acumuladas durante este mismo periodo en 2006 estuvieron por encima en 37% y la radiación solar media diaria fue superior en 4%. La oscilación media diaria de la temperatura durante el primer semestre de 2006 fue apenas 0.1 °C más baja que la del primer semestre de 2005; con respecto a la media multianual del primer semestre para el periodo 1994-2006, la oscilación media diaria de la temperatura fue inferior en 0.3 °C (Cuadro 1 y Figura 1).

\* Respectivamente: Matemático, M.Sc.; Biometrista <aepalma@cenicana.org>. Química, M.Sc.; Química <lmcalero@cenicana.org>. Ingeniero Meteorólogo, M.Sc., Ingeniero Meteorólogo <ecortes@cenicana.org>. Todos de Cenicaña.

<sup>1</sup>. En junio de 2006 había cinco ingenios produciendo alcohol anhidro en plantas anexas a las fábricas de azúcar. La producción conjunta estimada es de un millón de litros diarios de etanol, utilizando como materias primas jugo claro, miel B y meladura. Los ingenios con destilería son (entre paréntesis día-mes-año de inicio de la producción de alcohol): Providencia (26-10-2005), Incauca (27-10-2005), Mayagüez (08-03-2006), Risaralda (11-03-2006) y Manuelita (24-03-2006).

Cuadro 1. Indicadores de productividad de la industria azucarera colombiana en el primer semestre de 2005 y 2006.

Indicador	Primer trimestre 2006	Segundo trimestre 2006	Primer semestre		
			2005	2006	Diferencia 2005-2006 (%)
<b>Campo</b> (datos de doce ingenios) <sup>1</sup>					
Área cosechada (ha)	44,289	39,032	84,522	83,334	-1.4
Número de suertes cosechadas	5,305	5,130	10,602	10,436	-1.6
Edad de corte (meses)	13.0	12.9	13.5	12.9	-4.4
Número de corte	4.7	5.0	4.6	4.9	6.5
Toneladas de caña por hectárea cosechada (TCH)	117.3	119.6	121	118	-1.8
Toneladas de caña por hectárea y mes (TCHM)	9.1	9.4	9.1	9.2	1.1
Toneladas de azúcar por hectárea cosechada (TAH)	13.7	13.4	14.0	13.6	-2.9
Toneladas de azúcar por hectárea y mes (TAHM)	1.07	1.05	1.05	1.06	1.0
Toneladas totales de caña cosechada	5,193,415	4,666,301	10,187,454	9,860,818	-3.2
Toneladas totales de azúcar (estimadas) <sup>2</sup>	606,783	521,631	1,180,694	1,128,528	-4.4
Rendimiento comercial (%) <sup>3</sup>	11.7	11.2	11.6	11.5	-0.9
<b>Fábrica</b> (datos de diez ingenios) <sup>4</sup>					
Toneladas totales de caña molida <sup>5</sup>	5,062,014	4,479,676	9,846,978	9,541,690	-3.1
Toneladas totales de azúcar producido <sup>6</sup>	590,377	504,659	1,147,264	1,095,036	-4.6
Rendimiento real en base a 99.7% Pol <sup>7</sup>	11.74	11.28	11.70	11.52	-1.5
Fibra % caña	14.7	15.0	14.9	14.8	-0.8
Sacarosa aparente % caña	13.3	12.9	13.4	13.1	-1.8
Pérdidas de sacarosa en bagazo % caña	0.51	0.52	0.54	0.51	-4.3
Pérdidas de sacarosa en cachaza % caña	0.102	0.116	0.090	0.109	21.8
Pérdidas de sacarosa en miel final % caña	0.7	0.46	0.81	0.58	-28.4
Pérdidas de sacarosa indeterminadas % caña	0.18	0.29	0.27	0.23	-14.2
<b>Clima</b> (datos de 29 estaciones RMA) <sup>8</sup>					
Precipitación (mm)	333	411	543	744	37.0%
Radiación solar media diaria (cal/cm <sup>2</sup> xdía)	412	404	392	408	3.8%
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	10.4	10.2	10.4	10.3	-0.1 °C
Condición climática externa	La Niña	Normal	Normal (sobrecalent.)	La Niña-Normal	

- Ingenios Carmelita, Central Castilla, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos.
- Toneladas totales de azúcar (estimadas): Suma de las toneladas totales de azúcar de todas las suertes cosechadas durante el período, estimadas con base en el rendimiento comercial multiplicado por las toneladas totales de caña cosechada en cada suerte.
- Rendimiento comercial: Porcentaje (%) de azúcar (en peso) producido por tonelada de caña molida. Resultado promedio ponderado por las toneladas totales de caña molida. Ver numeral 5 en este pie de cuadro.
- Todas las cifras de fábrica corresponden a promedios ponderados con respecto a las toneladas totales de caña molida reportadas por 10 ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Inter Ingenios: Central Castilla, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila, Risaralda y Sancarlos.
- Toneladas totales de caña molida: Comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el período menos el saldo en patios al finalizar el período (existencias + caña entrada – saldo patios).
- Toneladas totales de azúcar producido: Suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido.
- Rendimiento real: Porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida, en donde el azúcar neto corresponde al azúcar elaborado y empacado más la diferencia de los inventarios anterior y actual del azúcar de los materiales en proceso en el período considerado (mieles, masas, magmas, meladuras y jugos). Para obtener este índice, todos los tipos de azúcares se convierten a una misma base de contenido de pol 99.7° (azúcar blanco) que corresponde al azúcar de mayor producción en la industria colombiana.
- RMA: Red Meteorológica Automatizada

Valores multianuales 1994-2006	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria (cal/cm <sup>2</sup> xdía)	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)
Primer trimestre (ene.-mar.)	288	422	11.0
Segundo trimestre (abr.-jun.)	370	398	10.2
Primer semestre (ene.-jun.)	658	410	10.6

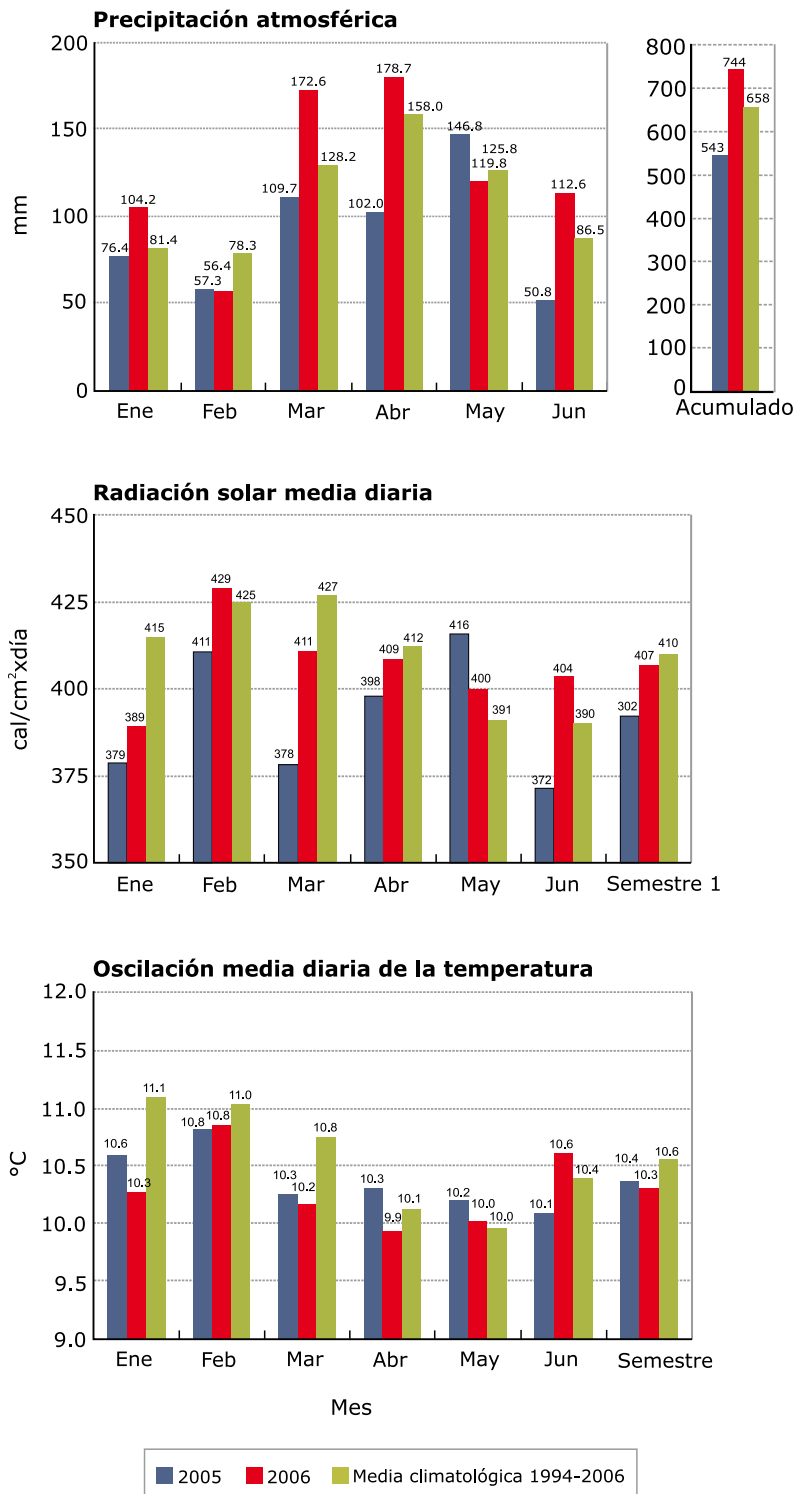


Figura 1. Precipitación atmosférica, radiación solar media diaria y oscilación media diaria de la temperatura. Primer semestre de 2005, 2006 y climatológico. Promedios para el valle del río Cauca. RMA.

## Campo

Entre enero y junio de 2006 disminuyó la producción de azúcar con respecto al mismo período de 2005, como consecuencia de los descensos registrados en las toneladas de caña producidas por hectárea (TCH) (Figura 2A) y en el área cosechada. El rendimiento comercial (porcentaje de azúcar producido por tonelada de caña molida) presentó una leve disminución en el acumulado (Figura 2B), contribuyendo también en los descensos de la producción de azúcar.

La disminución de las TCH está asociada con la cosecha de cañas de menor edad (Figura 2C) y mayor número de corte (Figura 2D). De acuerdo con lo observado en series trimestrales de datos, es muy probable que la producción de caña de este año sea inferior a la de 2005.

El rendimiento comercial fue superior en el primer trimestre de 2006 con respecto al mismo período de 2005, pero en el segundo trimestre se presentaron descensos fuertes que influyeron para que el promedio del semestre fuera inferior al del año anterior.

El leve incremento que se observa en las toneladas de caña y azúcar por hectárea y mes (1.1% en TCHM y 1.0% en TAHM) se debe a la disminución de la edad de cosecha (efecto denominador), en razón de que las TCH y el rendimiento disminuyeron. Estos resultados evidencian la necesidad de manejar con precaución los indicadores TCHM y TAHM para no llegar a conclusiones erróneas.

## Variedades de caña de azúcar

Las variedades de caña más cosechadas en el primer semestre de 2006 fueron CC 85-92, CC 84-75, V 71-51, PR 61-632, RD 75-11, MZC 74-275, CC 87-505 y CC 93-7510, con una participación en el 95.4% del área total cosechada. Los mayores incrementos en área se registraron con la variedad CC 85-92; no se observaron aumentos significativos con variedades nuevas (Cuadro 2).

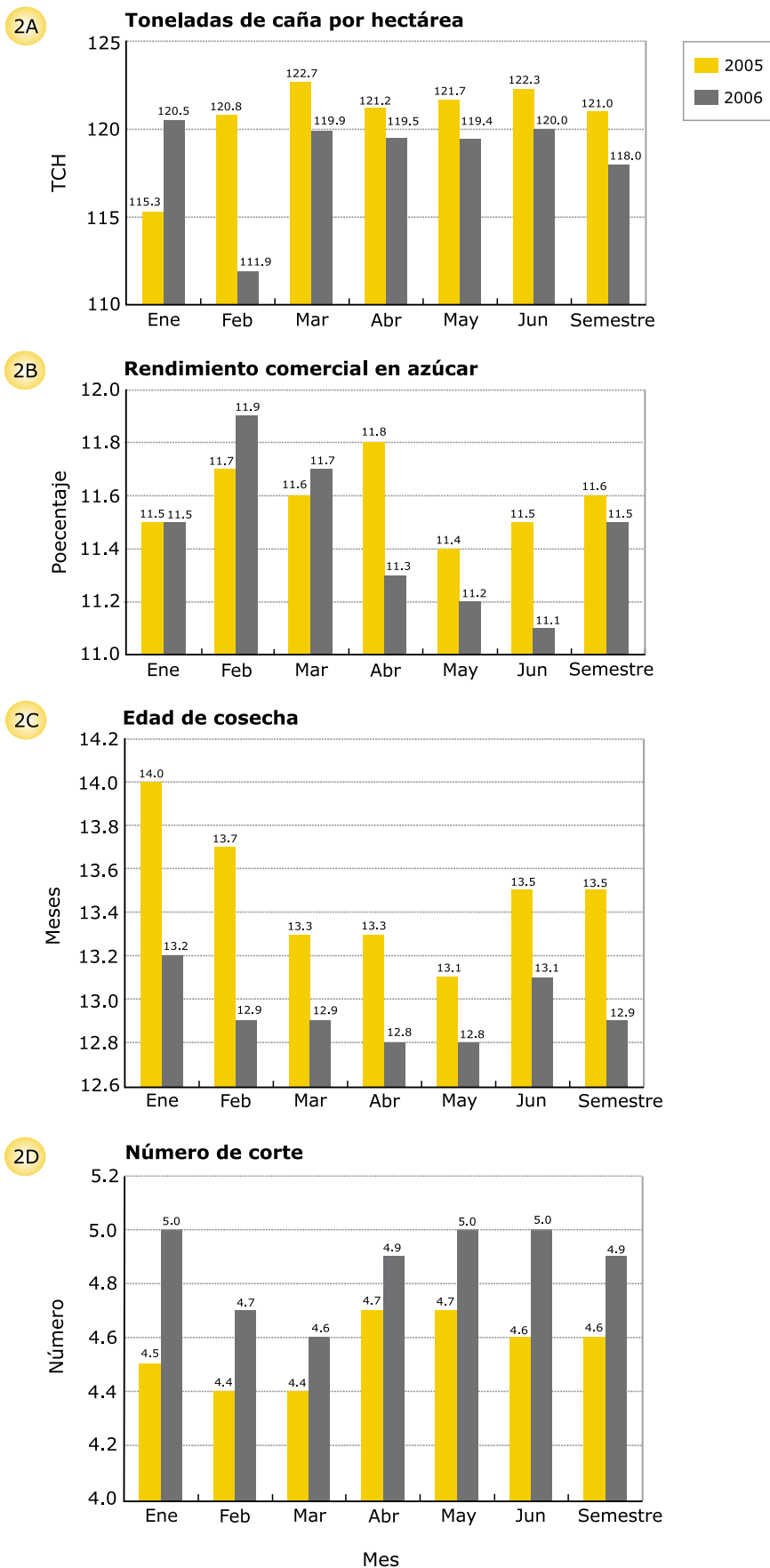


Figura 2. Producción de caña, rendimiento comercial en azúcar, edad y número de corte de la caña cosechada en el primer semestre de 2005 y 2006. Colombia. Datos de doce ingenios.

Cuadro 2. Participación de las variedades comerciales y semicomerciales en el área cosechada durante el primer semestre de 2005 y 2006. Colombia. Datos de doce ingenios.

Variedad	Participación en el área cosechada (%)	
	Enero-junio 2005	Enero-junio 2006
CC 85-92	54.0	59.0
CC 84-75	16.3	15.8
V 71 -51	9.8	8.5
PR 61-632	4.1	3.4
Miscelánea	3.5	3.2
MZC 74-275	3.3	2.2
RD 75-11	2.3	1.7
CC 87-505	0.9	0.8
CC 93-7510	0.4	0.7
CC 87-434	0.8	0.5
Co 421	0.7	0.4
CC 92-2198	0.3	0.4
MZC 84-04	0.8	0.4
MZC 82-11	0.4	0.2
CC 93-7513	0.2	0.2
Otras	2.2	2.4
Total	100.0	100.0

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de productividad de las variedades más cosechadas en el primer semestre de 2006 en las ocho zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria.

En la Figura 3 se muestra el índice de margen operacional (IMO) de las variedades cosechadas en más de 50 hectáreas en las ocho zonas agroecológicas, a través de curvas de isomargen. El 100% de IMO corresponde al promedio de la utilidad operacional de todas las suertes cosechadas por la industria, con el supuesto de que todas corresponden a tierras propias de los ingenios; fue calculado con base en el precio ponderado del azúcar a diciembre de 2005, según tipo de azúcar y mercados, y el costo directo de producción (promedio del sector) por tonelada de azúcar a la misma fecha. Los costos de campo no incluyen el costo de la tierra; corresponden a los costos directos de adecuación, preparación, siembra y levantamiento del cultivo.

Los valores más altos de IMO se consiguieron en las zonas 2C0, 6C0, 6C1, 2C1 y 1C0 con las variedades CC 85-92, MZC 74-275, CC 84-75, V 71-51 y PR 61-632. La variedad CC 85-92 se destacó por TCH y rendimientos altos. En general, los valores más altos de IMO estuvieron asociados con zonas secas y suelos de alta fertilidad.

Cuadro 3. Productividad de las variedades más cosechadas durante el primer semestre de 2006 en las ocho zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana. Datos de doce ingenios.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (No.)
<b>1C0</b> (2410 ha cosechadas)	CC 85-92	160	1738	11.5	134	15.4	10.6	1.22	12.7	4.1
	CC 84-75	16	147	10.5	145	15.2	10.8	1.13	13.5	7.9
	V 71-51	13	139	11.9	126	15.0	9.8	1.16	12.9	10.7
	PR 61-632	5	87	11.1	112	12.4	8.4	0.93	13.4	4.8
				2110						
<b>2C0</b> (6653 ha cosechadas)	CC 85-92	385	4506	11.4	140	16.0	10.9	1.24	12.9	4.3
	V 71-51	54	561	11.2	125	13.9	9.8	1.10	12.8	8.5
	PR 61-632	38	485	11.4	138	15.7	10.2	1.16	13.5	7.1
	CC 84-75	38	389	11.0	142	15.6	10.7	1.17	13.4	6.3
	MZC 74-275	19	216	11.3	125	14.1	9.8	1.11	12.7	10.5
	MZC 84-04	11	153	11.5	130	15.0	10.3	1.19	12.6	4.4
	RD 75-11	3	54	10.7	137	14.6	10.6	1.13	13.0	12.0
			6363							
<b>2C1</b> (5300 ha cosechadas)	CC 85-92	356	3575	11.4	132	15.0	10.2	1.16	13.0	4.2
	CC 84-75	67	663	11.2	125	13.9	9.9	1.11	12.7	4.7
	V 71-51	54	412	11.2	130	14.6	9.9	1.11	13.3	5.9
	MZC 74-275	36	257	11.3	122	13.8	9.3	1.06	13.1	10.1
	PR 61-632	8	64	10.3	135	13.9	10.8	1.11	12.7	5.5
			4970							

Continúa...

Cuadro 3. Continuación

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (No.)
<b>5C1</b> (4045 ha cosechadas)	CC 85-92	362	3073	11.4	118	13.4	9.4	1.07	12.6	4.4
	CC 84-75	58	483	11.1	118	13.1	9.2	1.02	13.0	5.8
	V 71-51	15	112	11.3	103	11.7	7.9	0.90	13.1	9.0
	PR 61-632	8	89	11.3	112	12.7	8.6	0.98	13.0	4.9
				3756						
<b>6C0</b> (5297 ha cosechadas)	CC 85-92	283	3234	11.8	128	15.1	10.0	1.17	13.0	4.5
	CC 84-75	77	763	11.4	120	13.7	9.5	1.08	12.8	5.0
	V 71-51	57	602	11.5	123	14.2	9.8	1.13	12.7	8.8
	PR 61-632	22	274	11.4	136	15.5	10.0	1.14	13.6	5.4
	MZC 74-275	6	63	11.4	105	12.1	8.7	1.00	12.1	10.6
				4935						
<b>6C1</b> (7784 ha cosechadas)	CC 85-92	397	4254	11.9	124	14.8	9.5	1.14	13.1	3.9
	CC 84-75	132	1333	11.5	117	13.4	9.2	1.06	12.7	4.1
	V 71-51	104	992	11.8	109	12.9	8.3	0.97	13.4	6.2
	PR 61-632	20	157	11.0	120	13.2	9.1	0.99	13.3	4.9
	MZC 74-275	12	146	11.7	114	13.3	8.5	1.00	13.4	10.3
	CC 87-505	12	76	12.0	97	11.7	7.8	0.94	12.4	3.1
	CC 87-434	4	67	11.9	90	10.7	7.8	0.93	11.6	4.4
	CC 92-2198	7	62	11.2	126	14.1	9.9	1.11	12.7	1.8
	CC 93-7513	8	52	11.4	110	12.5	8.8	1.01	12.4	3.3
			7140							
<b>9C3</b> (4292 ha cosechadas)	CC 85-92	343	2045	11.6	107	12.3	8.4	0.97	12.8	4.1
	CC 84-75	148	1126	11.2	95	10.7	7.4	0.83	12.9	5.1
	V 71-51	17	209	11.3	99	11.1	7.7	0.87	13.1	8.6
	RD 75-11	16	159	10.9	109	11.9	8.3	0.91	13.1	8.2
	CC 93-7510	15	108	11.0	74	8.1	5.5	0.61	13.6	1.4
	PR 61-632	8	82	10.1	93	9.4	7.1	0.70	13.4	4.2
	CC 87-505	10	82	10.9	87	9.4	6.7	0.73	13.0	3.8
				3811						
<b>9C4</b> (3045 ha cosechadas)	CC 85-92	187	1292	11.4	105	12.0	8.4	0.96	12.6	4.3
	CC 84-75	129	1061	11.3	96	10.8	7.2	0.82	13.4	4.1
	V 71-51	63	241	11.9	103	12.3	8.3	0.99	12.4	6.2
	RD 75-11	18	183	11.2	89	10.0	6.6	0.74	13.8	6.4
	PR 61-632	7	65	11.1	98	10.9	7.4	0.83	13.2	4.1
	MZC 74-275	7	65	11.0	110	12.2	8.9	0.98	12.4	9.6
				2908						
Desviación estándar	Mínimo			0.2	7.8	0.4	0.4	0.04	0.3	0.5
	Máximo			1.6	34.1	4.1	2.7	0.32	2.3	4.6

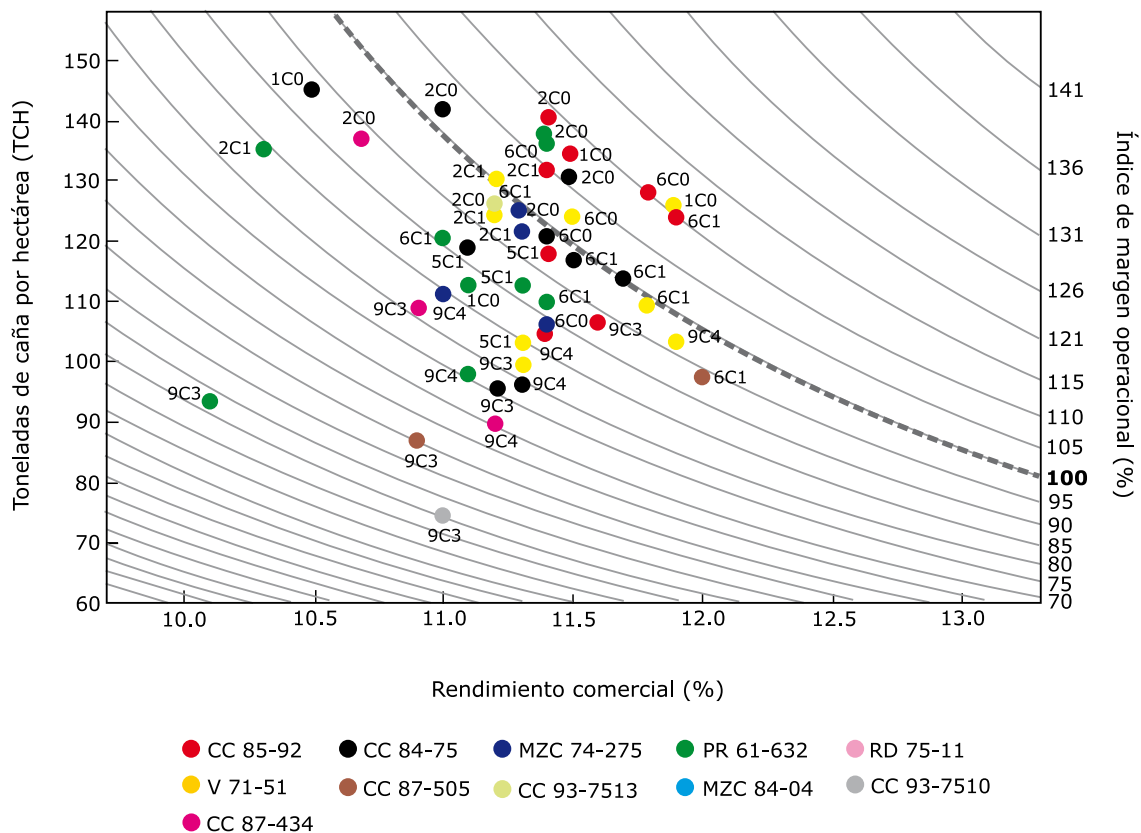


Figura 3 . Curvas de isomargen de nueve variedades cosechadas en más de 50 hectáreas, en ocho zonas agroecológicas, durante el primer semestre de 2006. Datos de doce ingenios.

Los valores más bajos de IMO tuvieron lugar en la zona 9C3 con las variedades CC 87-505 y CC 93-7510 y PR 61-632 y en la zona 9C4 con la variedad RD 75-11. La ubicación en los niveles bajos de isomargen obedece principalmente a resultados bajos de TCH. En comparación con análisis anteriores, se observa que los resultados en las zonas 2C0, 2C1, 6C0 y 6C1 son más consistentes que los obtenidos en las zonas 9C3 y 9C4. En el 55% del área se consiguió un IMO superior al promedio de la industria y en el 45%, un IMO inferior.

### Fábrica

Las cifras que se presentan a continuación corresponden a los promedios de diez ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Interingenios.

En el primer semestre de 2006 la industria molió 9,541,690 t de caña y produjo 1,095,036 t de azúcar. La cantidad de caña molida decreció en 3.1% y la cantidad de azúcar en 4.6% con respecto al primer semestre de 2005 (Cuadro 1; Figuras 4A y 4B). En abril de 2006 la molienda disminuyó drásticamente con la reducción del tiempo de molienda efectivo, lo cual se vio reflejado en la producción de azúcar.

Los menores contenidos de sacarosa en caña registrados entre marzo y junio de 2006, junto con la merma en la molienda, dieron como resultado la disminución del rendimiento real en azúcar en el segundo trimestre y el primer semestre del año, con respecto a los mismos periodos en 2005 (Figura 4C).

La fibra industrial (% caña) presentó un comportamiento mensual semejante al de 2005, con el valor más bajo en febrero (14.36%) y el más alto en abril (15.21%); el promedio del primer semestre de 2006 fue inferior en 0.78 unidades porcentuales con respecto al obtenido entre enero y junio de 2005. En consecuencia, el bagazo % caña fue menor durante todo el semestre, lo que dio lugar a unas pérdidas de sacarosa en el bagazo inferiores a las observadas en el primer semestre del año anterior (Figura 4D).

Las pérdidas de sacarosa en la cachaza (% caña) fueron superiores en 2006, debido a que aumentaron tanto la cantidad de cachaza como el contenido de sacarosa en ella.

Las pérdidas en la miel final continuaron con la tendencia decreciente observada desde el primer trimestre de 2006 (Figura 4E).



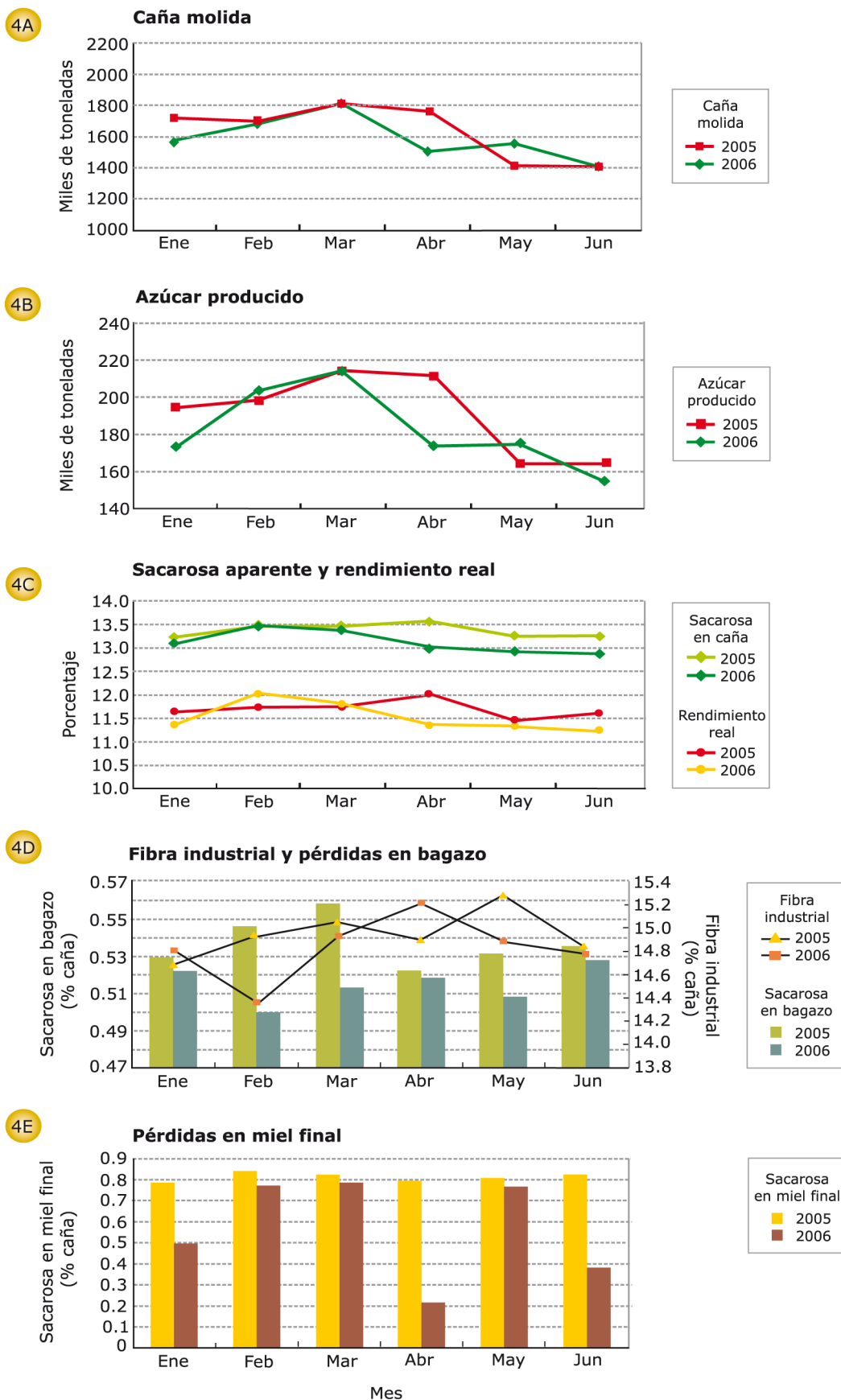


Figura 4. Indicadores de la gestión de fábrica en el primer semestre de 2005 y 2006. Colombia. Datos de diez ingenios.

# Boletín climatológico: segundo trimestre y primer semestre de 2006

Red Meteorológica Automatizada del Sector Azucarero Colombiano

Enrique Cortés B.\*

## Segundo trimestre 2006

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	Evaporac. calculada	Radiación solar
	Mínima		Media 3 meses	Máxima		Oscilación media diaria		Acumulado en 3 meses		Media 3 meses
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)		(mm)
Viterbo	16.7	19.0	23.0	29.9	34.2	10.9	80	568.3	419.1	447.4
Risaralda	17.4	19.4	23.4	29.8	35.3	10.3	79	707.4	343.4	414.4
Cartago	18.3	20.2	23.8	30.5	35.5	10.4	79	459.2	392.4	456.2
Zarzal	17.0	19.7	23.9	30.6	35.1	10.9	78	299.1	445.1	431.7
La Paila	17.3	19.5	23.3	29.5	34.1	9.9	77	522.1	397.6	412.1
Bugalagrande	16.7	19.2	23.4	30.0	33.8	10.8	84	374.2	347.5	351.0
Riofrío	16.8	19.5	23.7	30.0	34.4	10.5	80	527.0	409.3	434.5
Tuluá	16.8	19.1	23.1	29.1	32.6	10.0	79	320.9	416.3	447.1
Yotoco	16.4	19.0	23.3	29.5	33.6	10.6	77	333.8	382.3	367.5
Guacarí	16.9	19.2	23.2	29.3	32.8	10.1	91	249.9	389.5	412.6
Ginebra	16.8	19.0	22.8	28.9	32.9	10.0	84	325.9	359.4	389.5
Amaime	17.0	18.8	22.5	28.7	32.6	9.8	86	392.3	381.1	391.5
San Marcos	17.1	19.6	23.6	29.4	32.5	9.8	80	357.7	434.2	444.5
Palmira - La Rita	16.4	18.7	22.4	28.7	32.4	10.1	86	438.8	366.1	390.1
Arroyohondo	17.0	19.2	23.2	29.0	32.6	9.8	77	341.4	355.5	368.6
Palmira - S. José	15.7	18.2	22.3	28.9	32.7	10.7	83	352.0	344.5	342.5
Aeropuerto	16.6	19.1	23.0	29.4	33.5	10.3	82	438.4	406.6	413.9
Base Aérea	18.3	20.1	24.1	29.8	34.0	9.7	76	239.1	404.6	401.0
Candelaria	16.6	19.0	23.0	29.7	33.9	10.6	80	423.4	390.3	405.3
Pradera	16.9	18.8	22.6	28.5	32.7	9.7	86	279.9	358.1	375.4
Meléndez	16.7	19.3	23.1	29.0	33.4	9.8	81	384.9	392.5	418.6
Cenicaña	17.1	19.2	22.8	28.7	32.5	9.5	80	406.3	366.7	388.3
Jamundí	15.0	18.5	22.7	29.0	33.8	10.5	80	514.9	332.5	400.3
Bocas del Palo	15.9	19.1	23.0	29.6	33.4	10.5	79	485.8	383.0	415.0
Ortival	15.9	18.4	22.5	29.0	33.4	10.6	82	387.7	399.4	433.9
Miranda	16.3	18.9	22.6	28.6	32.9	9.8	80	501.2	338.5	387.2
Naranjo	16.7	19.0	23.0	29.1	33.8	10.0	80	384.2	359.5	372.1
Corinto	17.4	18.8	22.5	28.3	32.5	9.5	80	510.0	400.2	395.7
Santander de Q.	16.1	18.6	22.7	28.8	33.3	10.2	88	396.5	362.9	416.6
Mínima	15.0	18.2	22.3	28.3	32.4	9.5	76	239.1	332.5	342.5
Media	16.8	19.1	23.0	29.3	33.5	10.2	81	411.1	382.0	404.3
Máxima	18.3	20.2	24.1	30.6	35.5	10.9	91	707.4	445.1	456.2
Total								11,922.3	11,078.1	

Convenciones	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo	Alto Normal Bajo
--------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

\* Ingeniero Meteorólogo, M.Sc., Ingeniero Meteorólogo <ecortes@cenicana.org>. Cenicaña.

## Primer semestre 2006

Estación	Temperatura (°C)						Humedad relativa (%)	Precipitación	Evaporac. calculada	Radiación solar
	Mínima		Media 6 meses	Máxima		Oscilación media diaria		Acumulado en 6 meses	Media 6 meses	
	Absoluta	Media		Media	Absoluta			(mm)		(mm)
Viterbo	<b>15.6</b>	<b>18.9</b>	<b>23.2</b>	<b>30.2</b>	<b>34.2</b>	<b>11.3</b>	<b>78</b>	1019.6	* s/d	<b>462.5</b>
Risaralda	16.4	19.5	23.5	30.2	35.3	10.6	78	1136.5	722.4	431.4
Cartago	17.8	20.2	24.1	30.9	35.5	10.8	77	752.1	801.3	457.0
Zarzal	17.0	19.7	24.1	30.7	35.1	11.0	77	493.5	978.3	462.1
La Paila	17.1	19.5	23.4	29.7	34.1	10.3	75	836.5	806.3	411.0
Bugalagrande	16.5	19.2	23.4	30.2	33.8	10.9	83	585.2	751.8	379.4
Riofrío	16.8	19.6	23.8	30.3	34.4	10.7	79	832.4	* s/d	454.8
Tuluá	16.6	19.2	23.1	29.3	32.8	10.1	78	672.8	818.4	447.2
Yotoco	16.4	19.0	23.3	29.8	33.6	10.8	76	619.8	796.8	378.3
Guacarí	16.9	19.3	23.3	29.4	32.8	10.2	89	521.6	792.9	418.4
Ginebra	16.6	19.0	22.8	29.1	32.9	9.9	84	616.7	737.0	395.0
Amaime	17.0	18.9	22.5	28.8	32.6	9.9	85	771.3	764.0	386.0
San Marcos	17.1	19.6	23.6	29.7	33.0	10.0	79	567.9	890.4	444.6
Palmira - La Rita	16.4	18.8	22.3	28.8	32.4	10.1	85	825.7	757.7	395.3
Arroyohondo	17.0	19.2	23.3	29.2	32.6	10.0	75	589.2	737.7	364.5
Palmira - S. José	15.7	18.3	22.4	29.3	32.7	10.9	82	721.2	697.9	337.7
Aeropuerto	16.6	19.2	23.1	29.5	33.5	10.4	80	669.4	819.2	411.3
Base Aérea	18.3	20.2	24.2	30.0	34.0	9.8	76	531.9	801.2	390.4
Candelaria	16.6	19.1	23.1	29.8	33.9	10.7	79	715.7	787.9	403.0
Pradera	16.9	18.9	22.7	28.7	32.7	9.8	85	591.7	742.8	380.5
Meléndez	16.7	19.3	23.1	29.2	33.4	9.9	80	834.0	792.4	415.4
Cenicaña	17.1	19.3	22.9	28.8	32.5	9.5	78	656.6	747.6	387.0
Jamundí	15.0	18.7	22.8	29.3	33.8	10.7	79	995.8	697.6	404.2
Bocas del Palo	15.9	19.2	23.0	29.6	33.4	10.3	78	804.7	759.5	411.3
Ortugal	15.9	18.5	22.6	29.2	33.4	10.7	81	732.5	790.9	427.4
Miranda	16.3	18.9	22.7	28.9	32.9	10.0	79	841.6	682.6	389.8
Naranjo	16.7	19.2	23.2	29.4	33.8	10.2	79	726.1	678.0	364.4
Corinto	17.2	18.9	22.6	28.3	32.5	9.4	79	1145.3	814.3	405.3
Santander de Q.	16.1	18.7	22.6	28.9	33.3	10.2	87	778.5	692.8	413.3
Mínima	15.0	18.3	22.3	28.3	32.4	9.4	75	493.5	678.0	337.7
Media	16.6	19.2	23.1	29.5	33.5	10.3	80	744.3	772.6	407.9
Máxima	18.3	20.2	24.2	30.9	35.5	11.3	89	1145.3	978.3	462.5
Total								21,585.8	20,859.8	

Convenciones	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal	Alto Normal
	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Con negrilla: dato incompleto

\*s/d: sin dato.



# SEÑOR CAÑICULTOR

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

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

Rte/ Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología  
Cenicaña  
Calle 58 norte N° 3BN-110  
Cali, Colombia

[buzon@cenicana.org](mailto:buzon@cenicana.org)



## Antes de traer

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

El material vegetal debe permanecer en cuarentena para evitar posibles problemas sanitarios que pongan en peligro la productividad de la industria azucarera.

Establezca contacto en Cenicaña con Jorge Ignacio Victoria K.  
<[jivictor@cenicana.org](mailto:jivictor@cenicana.org)>



www.adpostal.gov.co

PBX  
353 5666

Correos de Colombia  
ADPOSTAL  
SOLUCIONES A TODAS LAS NECESIDADES

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

Subgerencia de Mercadeo: (1) 353 5686  
E-mail: [mercadeo@adpostal.gov.co](mailto:mercadeo@adpostal.gov.co)  
Sección Mercadeo Cali: (2) 881 0055

Atención al Cliente  
(1) 357 8183  
Fuera de Bogotá: 01800 0111210 / 0111313  
E-mail: [quejasdc@adpostal.gov.co](mailto:quejasdc@adpostal.gov.co)