

Una publicación de Cenicaña

Año 4 / Número 3 / Cali, Colombia / Diciembre de 2016

# carta

INFORMATIVA

Destilería Ingenio Ropaila

# Etanol: 10 años de producción en Colombia



**cenicaña**

# Mejorar la productividad es tarea de todos



Los avances en productividad de la agroindustria han sido fruto de la integración en torno a la innovación.

De esta manera, hoy contamos con variedades de caña de azúcar de mejor adaptación a los sitios de cultivo, información para su manejo agronómico y sanitario, estrategias para facilitar la adopción tecnológica y alternativas para que los procesos fabriles sean más eficientes y amigables con el medio ambiente.

Entonces, ¿por qué descienden los tonelajes y la sacarosa? El clima atípico y adverso de los últimos años explica en buena medida este panorama; sin embargo, una mejor explicación se puede hallar en las respuestas que cultivadores e ingenieros dan a las siguientes preguntas:

¿Conoce y adopta las nuevas variedades y el enfoque de Agricultura Específica por Sitio (AEPS)? ¿La siembra de variedades se realiza de acuerdo con la zonificación agroecológica? ¿El suministro de nitrógeno y la implementación de sistemas de riego se hacen según las características de los suelos y los resultados de las investigaciones? ¿Los campos se adecúan para minimizar la compactación durante la cosecha? ¿Se ajustan los procesos fabriles a la calidad de la caña de azúcar?...

Los resultados de las investigaciones y validaciones realizadas por Cenicana con el apoyo de todo el sector demuestran que cualquiera de los aspectos mencionados permiten mejoras de la producción y la rentabilidad; pero lo ideal es que su implementación haga parte del día a día y no de momentos de baja producción.

Mejorar la productividad depende de la tecnología, pero que ella dé frutos depende de todos.

El contenido de esta edición de la **Carta Informativa** tiene el propósito de mostrar los resultados de algunas de las investigaciones que realizamos para seguir mejorando la productividad del sector.

Sea esta la ocasión para compartir con nuestros lectores el reconocimiento por parte de Colciencias al doctor Jorge I. Victoria como Investigador Emérito. Esta distinción se basa en la selección de candidatos vinculados a instituciones colombianas y cuya trayectoria, aportes y producción científica han sido significativos para la ciencia, tecnología e innovación del país.

**Álvaro Amaya Estévez**  
Director general, Cenicana

## contenido

Foto carátula: Andrea Campiño.  
Foto contracarátula: Marcela Cadavid.

3

### APUNTES



#### Colciencias reconoció al director del Programa de Variedades

Clima en el valle del río Cauca

4

### NOTICIAS



#### Lucerna: nuevo donante de Cenicana

5. Adaptar y combinar: claves en los programas de control biológico
6. Enfoque AEPS en piedemonte mejora la productividad
8. Santa Lucía: un ensayo que dejó altas productividades
12. Alta producción de sacarosa, el reto en mejoramiento varietal
14. Materia orgánica: formación y comportamiento

10

### PORTADA



#### Etanol: más de 10 años de producción

16

### INFORME



#### Drones: alternativa para la aspersión aérea de productos agrícolas

- 18 Tras la automatización de la cristalización en las fábricas de azúcar

**carta**  
INFORMATIVA

ISSN 2339-3246

PUBLICACIÓN CENICANA

Año 4 / Número 3  
Cali / Colombia  
Diciembre de 2016

www.cenicana.org  
buzon@cenicana.org

COMITÉ EDITORIAL

Álvaro Amaya E.  
(DIRECTOR GENERAL)  
Jorge I. Victoria K.  
Javier A. Carbonell G.  
Nicolás J. Gil Z.  
Victoria Carrillo C.

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Servicio de Cooperación  
Técnica y Transferencia  
de Tecnología

DIRECCIÓN EDITORIAL  
Camilo H. Isaacs E.

COORDINACIÓN Y REDACCIÓN

Margarita María Rodríguez

DISEÑO GRÁFICO Y DIAGRAMACIÓN  
Alicia Arias Villegas  
Andrea Campiño Blanco

IMPRESIÓN  
Ingeniería Gráfica



### Cómo usar los códigos QR

El código de barras bidimensional (QR Code) permite ingresar desde su dispositivo móvil a la página correspondiente en [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)

1. Descargue en su dispositivo un lector de códigos QR, disponible de manera gratuita en App Store y Android Play Store.
2. Una vez instalado, abra el lector de código de barras y apunte la cámara fotográfica del dispositivo hacia el código QR. En unos segundos aparecerá la información en la pantalla.

## Colciencias reconoció al director del Programa de Variedades

### Cenicaña

Por su trayectoria, producción científica – académica y aportes a la ciencia, tecnología e innovación del país, Colciencias le otorgó el reconocimiento ‘Investigador Emérito 2016’ al doctor Jorge Ignacio Victoria Kafure, director del Programa de Variedades de Cenicaña.

Jorge Victoria se vinculó al Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia en 1981 y desde entonces ha liderado investigaciones que han contribuido al desarrollo de la agroindustria colombiana.

“Entre 1979 - 1983 las enfermedades carbón, roya café y mosaico produjeron grandes pérdidas económicas en muchos países productores de caña de azúcar. Con el

sistema desarrollado por el Centro para el manejo sanitario de estas enfermedades, ningún cultivador colombiano tuvo pérdidas por efecto de ellas; después Cenicaña puso a disposición del sector azucarero variedades de caña resistentes a enfermedades, con las cuales se pudo reemplazar aquellas susceptibles”, recuerda.

Desde el año 2000 con su orientación el Centro de Investigación ha desarrollado variedades para los ambientes semiseco, húmedo y piedemonte del valle del río Cauca, y con su conocimiento y experiencia también ha contribuido a la formación de nuevos profesionales: fue docente de la Universidad del Valle, la Escuela de Graduados ICA - Universidad Nacional y la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira; ha

dirigido más de 20 tesis de pregrado, maestría y doctorado y publicado artículos en revistas científicas nacionales e internacionales.

Durante estos 35 de años en el sector azucarero las satisfacciones han sido muchas, como “haber conformado un equipo de trabajo que está comprometido a ofrecer beneficios al sector desde sus áreas de investigación”, reconoce el director del Programa de Variedades.

Jorge Ignacio Victoria es oriundo del municipio de Tuluá, Valle del Cauca. Es ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional, sede Palmira; M.Sc. en Fitopatología y Mejoramiento de la Universidad de Cornell, EE.UU.; y Ph.D en Fitopatología y Bacteriología, de la Universidad de Wisconsin, EE.UU.



Jorge Ignacio Victoria Kafure, Ph.D

### DATO IMPORTANTE

El reconocimiento ‘Investigador Emérito 2016’ fue entregado a 76 profesionales colombianos. Actualmente, en el país existen 10,042 investigadores y 4638 grupos de investigación reconocidos por Colciencias.



## Clima en el valle del río Cauca

Enrique Cortés Betancourt\*

### Cuarto trimestre 2016

Las grandes anomalías climáticas que caracterizaron el 2015 se debilitaron paulatinamente durante el primer semestre de 2016, con lo cual las variables climáticas retornaron a sus valores normales o muy cercanos a éstos en el segundo semestre del año.

Para la segunda temporada de lluvias altas (5 oct. - 6 dic.), bajo la incidencia de condiciones frías en el océano Pacífico ecuatorial, se tuvieron lluvias entre un 20% y un 50% por encima de las acostumbradas para la época. Los valores de temperatura del aire, oscilación de temperatura, radiación solar y evaporación estuvieron entre normales y bajos; mientras que la humedad del aire y el número de días con precipitación tuvieron valores entre normales y altos.

\* Meteorólogo de Cenicaña, ecortes@cenicana.org

### Proyección

#### Primer trimestre 2017

Para la temporada de lluvias bajas del primer semestre del año (16 dic. - 15 feb.), probablemente bajo el efecto de un nuevo fenómeno La Niña en el océano Pacífico ecuatorial, se esperan lluvias abundantes (20% - 50% por encima de los valores normales o climatológicos) o lluvias normales (80% - 120% por encima esos valores). El mes que se podría ver más afectado es febrero.

La temperatura del aire, la oscilación de temperatura, la radiación solar y la evaporación mostrarán valores entre bajos y normales respecto a las medias climatológicas. Para la humedad del aire y el número de días con precipitación se esperan valores entre altos y normales.



## Lucerna: nuevo donante de Cenicaña

A partir de 2016, la empresa empezó a hacer aportes para contribuir a los desarrollos tecnológicos, los servicios y las actividades del Centro de Investigación.

### Lucerna S.A.

Trapiche Lucerna S.A. deriva su nombre de la empresa Agropecuaria Lucerna Ltda., proveedora de caña de azúcar desde 1960 de ingenios ubicados en el sur del valle del río Cauca.

En 1995, por iniciativa de los ingenieros Carlos Alberto y Víctor Manuel Ledesma, inició la constitución de la

empresa en el corregimiento de Chocosito, municipio de Florida, con la maquinaria del entonces ingenio Balsilla, que proyectó montar el empresario santandereano Luis Eduardo Casas en el municipio de Zulia, Norte de Santander.

Las instalaciones fabriles de Lucerna iniciaron operaciones en 1998 con la elaboración de miel virgen para la industria panelera y alcoholera; sin

embargo, debido a cambios en las regulaciones estatales, en el 2003 se instaló una caldera de alta presión, turbinas de vapor, tachos y centrifugas para la elaboración de azúcar. Así, el 21 de octubre de 2004, Lucerna inició sus operaciones de elaboración de azúcar.

La compañía tiene capacidad de molienda de

600 toneladas de caña/día y una producción de 350,000 quintales de azúcar/año. Además, actualmente es autogeneradora de energía, puesto que cuenta con dos turbogeneradores de 1500 kw cada uno.

Proveedores y amigos suministran el 95% de la caña y su zona de influencia son los municipios de Florida, Candelaria y Pradera (Valle del Cauca) y Puerto tejada, Miranda, Corinto y Padilla (Cauca).

Actualmente genera 278 empleos directos y 750 indirectos. Su meta es producir 500,000 quintales de azúcar al año.



Fotos: Cortesía Lucerna S.A.

Evaporadores y molinos de Lucerna S.A.

Se tomó la decisión de ser donantes de Cenicaña para colaborar con la investigación que realizan y la adopción de nuevas variedades de caña, labores agrícolas, sistemas de riego y la optimización de los procesos industriales, que contribuyen al crecimiento y desarrollo del sector".

Gerencia General  
Lucerna S.A.



# Adaptar y combinar: claves en los programas de control biológico

La distribución de las especies de *Diatraea* en el valle del río Cauca confirma la importancia de utilizar preventivamente todo el complejo de enemigos naturales disponibles.

## Cenicaña

Cuando en 2013 se reportó el hallazgo de dos nuevas especies de *Diatraea* (*D. tabernella* y *D. busckella*) en el valle del río Cauca, Cenicaña empezó a determinar la distribución de éstas en la región. Al 2016 se logró establecer que:

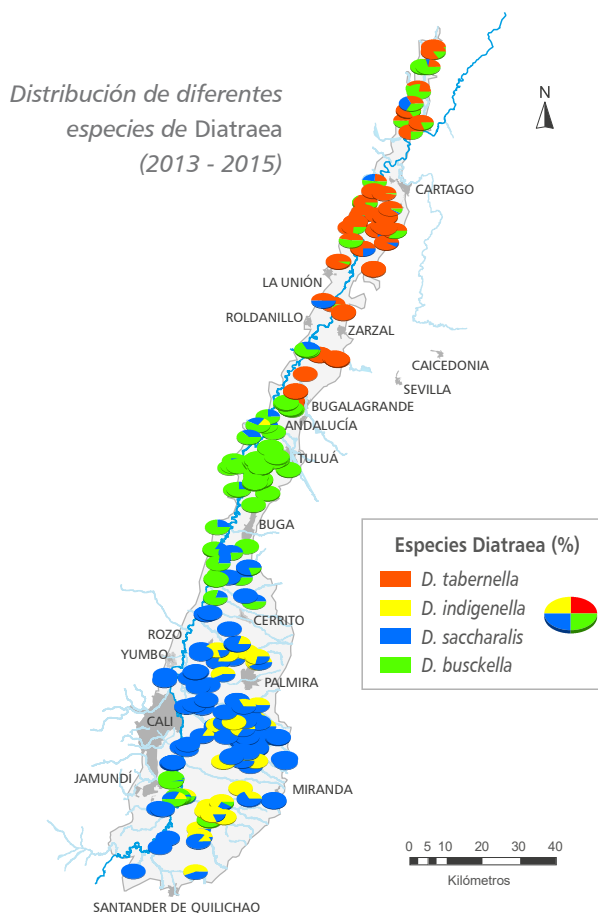
- Las poblaciones de *D. tabernella* y *D. busckella* no han estado restringidas a los sitios originales de detección y empiezan a desplazarse: *D. tabernella* avanza desde el norte hacia la zona centro y *D. busckella*, desde el centro hacia las zonas sur y norte.
- En la zona sur se ha mantenido el registro de altas poblaciones de *D. saccharalis* que interactúan con *D. indigenella*.
- Los enemigos naturales con mayor acción de ataque en estado de larva de la plaga han sido las moscas taquiníidas *Lydella minense* y *Genea jaynesi*; y en menor grado la mosca *Billaea claripalpis* y la avispa *Cotesia flavipes*, esta última de reciente adaptación a la región.
- Se detectaron poblaciones establecidas de *Cotesia flavipes*, producto de

trabajos de liberaciones en la zona norte. Estas poblaciones en la zona norte han causado 15% de parasitismo sobre *D. tabernella* y 13% de parasitismo sobre *D. busckella*.

Germán Vargas, entomólogo de Cenicaña, explica que esta situación muestra la importancia de combinar enemigos naturales en los programas de control biológico para obtener mejores resultados.

“No se trata de utilizar sólo el más eficiente o el más económico, sino de combinar los que están disponibles, de tal manera que nos puedan proteger de las diferentes especies de *Diatraea*, pues es un error pensar que *tabernella* es del norte o *busckella*, del centro, y no prepararnos con controladores para todas las especies”, señala.

Por esa razón, es importante facilitar la adaptación de diferentes enemigos naturales, para que cuando sean necesarios ya existan en la zona como un actor de manejo adicional. Un buen ejemplo es el de *Cotesia flavipes* que se ha convertido en una opción para combinar con las moscas y hacerle frente a *D. tabernella*.



“Para hacer control sobre *Diatraea* liberamos taquiníidos y *Trichogramma exiguum*, pero a raíz de la alerta que se generó en el norte del Valle, empezamos a trabajar de manera preventiva con *Cotesia flavipes*. Este año iniciamos con liberaciones de medio gramo por hectárea y ya vamos en un gramo por hectárea; además, estamos incursionando en la cría de *Cotesia* en el laboratorio”.

**Frank Bohórquez**  
Líder de equipo de planeación, programación y control labores.  
Ingenio María Luisa

VALIDACIÓN

# Enfoque AEPS en piedemonte mejora la productividad

En la prueba la oferta hídrica limitada no afectó la productividad cuando se tomaron decisiones con el enfoque de Agricultura Específica por Sitio.



Día de campo en área de validación donde se utilizaron tres sistemas de riego (zona agroecológica 29H0).

**Cenicaña**

Con el propósito de demostrar de qué manera el enfoque de Agricultura Específica por Sitio (AEPS) ofrece ventajas en términos de productividad y rentabilidad, entre 2015 y 2016 Cenicaña y el ingenio Pichichí utilizaron diferentes manejos y tecnologías en una unidad productiva con oferta hídrica limitada.

Los resultados en términos de productividad y rentabilidad demostraron que la escasez de agua puede no ser determinante cuando se realiza un manejo agronómico específico para el sitio de cultivo.

Se comenzó por identificar el tipo de suelo y lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA), con el fin de seleccionar la tecnología de riego más

indicada para las condiciones del lugar.

La verificación *in situ* reveló que el suelo es esquelético arcilloso, de consociación Pichindé, zona agroecológica 29H0. La LARA correspondió a 30 mm.

Esas dos características fueron suficientes para identificar la principal necesidad en el área del cultivo: mejorar la eficiencia en la conducción y aplicación del riego.

El balance hidrológico es una herramienta importante para tomar decisiones de riego. Consiste en determinar la diferencia entre la oferta de agua y el requerimiento de riego en el predio. El resultado del balance indica si el recurso hídrico es suficiente para satisfacer los requerimientos del cultivo según el sistema de riego utilizado y permite identificar si se requieren obras como pozos, sistemas de drenaje o cambios en el sistema riego.

Así, para esta zona agroecológica 29H0 de piedemonte se seleccionó la variedad CC 00-3257 y dos tecnologías de riego con enfoque AEPS: riego por gravedad y surco continuo con caudal reducido, y riego por goteo en surco continuo.

También se utilizó la variedad SP 71-6949 y riego por gravedad, surco continuo y ventanas que normalmente emplea el ingenio en el área.

Las dos variedades se sembraron en parcelas con los tres sistemas de riego.

Durante todo el ciclo de cultivo (plantilla) se realizaron 31 riegos por goteo con una lámina de 16 mm por evento, 27 riegos con caudal reducido aplicando 34 mm por evento de riego y 9 riegos por ventanas con una lámina aplicada de 151 mm por evento.

### Los resultados

- El ahorro en volumen de agua aplicado por hectárea en el ciclo de cultivo fue de 52% en riego por goteo y 11% en riego con caudal reducido con respecto al riego por ventanas. La pendiente del terreno (>2%) favoreció el avance del agua en el sistema de caudal reducido con caudales entre 0.2 - 0.3 l/s por surco.
- No hubo diferencias estadísticas en la producción en toneladas de caña por hectárea (TCH) entre los sistemas de riego con enfoque AEPS, pero sí entre éstos y el riego por ventanas:
  - CC 00-3257 y SP 71-6949 fueron significativamente superiores en TCH con riego por goteo y caudal reducido, frente al riego por ventanas.
  - CC 00-3257 fue superior en rendimiento en azúcar con los diferentes sistemas de riego.

### La conclusión



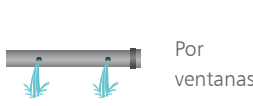
Al incrementar la frecuencia de riego con los sistemas de enfoque AEPS aumentó el tonelaje de caña. Sin embargo, este incremento no significó un aumento en el consumo de agua respecto al riego por ventanas, puesto que con esos sistemas se mejoraron

las eficiencias en conducción y aplicación.

En el caso de este sitio de validación, la rentabilidad fue 0.6 veces mayor en los sistemas con enfoque AEPS frente al otro manejo.

Con menos agua se produjeron más toneladas de azúcar por hectárea (TAH).

### Resultados de productividad

| Sistema de riego   | Tratamiento | TCH   | Rto. (%) | TAH  |
|--|-------------|-------|----------|------|
|  Caudal reducido | SP 71-6949  | 100.3 | 9.8      | 9.8  |
|  | CC 00-3257  | 92.2  | 11.1     | 10.3 |
|  Goteo         | SP 71-6949  | 107.8 | 11.1     | 12.0 |
|  | CC 00-3257  | 90.2  | 11.5     | 10.3 |
|  Por ventanas  | SP 71-6949  | 75.0  | 11.3     | 8.4  |
|  | CC 00-3257  | 69.6  | 11.6     | 8.1  |

### Variedad CC 00-3257

Riego con caudal reducido (manejo con enfoque AEPS).



### Variedad SP 71-6949

Riego por ventanas



Foto: Sandra Alarcón

# Santa Lucía: un ensayo que dejó altas productividades

Resultados de un ensayo que combinó variedades de caña de azúcar con tecnologías de riego y fertilización, utilizando el enfoque de AEPS.



FOTO: Banco de Imágenes Cenicaña

Día de campo en la hacienda Santa Lucía de la firma Oriente S.A.

## Cenicaña

Entre 2015 y 2016, la hacienda Santa Lucía fue escenario de un ensayo que demostró cómo la unión de esfuerzos entre cultivadores e investigadores conduce a procesos innovadores prácticos, seguros y rentables.

Todo comenzó tras conocer los resultados de una prueba de variedades promisorias realizada por el Centro de Investigación en la hacienda

La Italia. Enrique Villegas, cultivador de caña y uno de los representantes de la firma Oriente S.A., cuenta que a raíz de los resultados obtenidos surgió la idea de establecer un ensayo en Santa Lucía, finca con productividades promedio históricas de 98 toneladas de caña por hectárea (TCH).

A mediados de 2015 llegó el momento de renovar en dicha hacienda un lote de cinco hectáreas, anteriormente sembrado con CC 85-92 y

CC 93-4418, de suelos arenosos y con poca disponibilidad de agua.

Se comenzó por buscar las variedades que se adaptaran a dichas condiciones, para las cuales Cenicaña contaba con diferentes alternativas, aunque con poca información.

“Ese fue el mayor problema al que nos enfrentamos, pues tenemos variedades del año 99, que están en el mercado hace más de 10 años, pero con datos insuficientes porque nos

hemos dedicado a sembrar las mismas cuatro de siempre”, señala el cultivador.

De acuerdo con la ingeniera agrónoma del Programa de Variedades Ximena Granobles, tomando como base la zonificación agroecológica se propuso utilizar las variedades CC 00-3771, CC 00-3257, CC 01-678 y otras de referencia como CC 01-1940 y CC 85-92.

“Analicé cada una de esas variedades: su macollamiento,



longitud de entrenudos, altura y porte, resistencia a enfermedades. En ese análisis no me convencía la variedad CC 00-3257, pero Cenicaña insistió en ella por sus resultados en piedemonte y porque se podía usar en cordones arenosos”, asegura Enrique Villegas.

### Más que variedades

Pero la adecuada selección de las variedades no era suficiente para garantizar que una zona con poca disponibilidad de agua ofreciera buenas productividades.

Según los Programas de Variedades y Agronomía y el equipo de la firma Oriente, ésta era la oportunidad de probar otras tecnologías, por lo tanto se diseñaron sistemas de riego y de

fertirriego por goteo para hacer más eficiente la conducción y aplicación de la poca agua disponible, buscando un aumento de la productividad.

“Para mí era fundamental que el sistema de riego elegido no sólo fuera eficiente, sino de bajo costo. Tengo un dicho: hay que pensar como rico y actuar como pobre”, dice el cultivador.

Los resultados no se hicieron esperar. De un histórico promedio de 98 TCH se llegó a más de 170 TCH: La variedad CC 00-3257, que inicialmente generó resistencia en el cultivador, produjo 176 TCH; y la más baja productividad fue de 129 TCH con CC 00-3771, puesto que la parcela donde

fue ubicada presentaba un cordón arenoso.

Sin duda, lo logrado en Santa Lucía fue el resultado de combinar tecnologías con trabajo en equipo.

De acuerdo con el investigador Armando Campos: “Con este experimento demostramos que, aunque las condiciones sean difíciles, en Cenicaña contamos con tecnologías que, si se utilizan de manera combinada y adecuada, nos permiten mejorar; porque las variedades o un sistema de riego eficiente nos pueden ofrecer resultados, pero si los utilizamos con principios de Agricultura Específica por Sitio e incorporamos en este enfoque las labores de mecanización, fertilización y otras, lograremos mucho más”.

## Breves

### Talleres participativos con proveedores e ingenios

Con el propósito de diseñar estrategias que contribuyan a mejorar la adopción de tecnologías, Cenicaña realizó 6 talleres participativos con la metodología de World Café.

Las actividades fueron organizadas por el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología, SCTT, y se llevaron a cabo entre los meses de octubre y noviembre.

Asistieron superintendentes de campo y jefes de proveeduría de los ingenios, cultivadores miembros de las juntas directivas de Procaña, Asocaña y Azucarí y personal de los programas de investigación de Cenicaña.

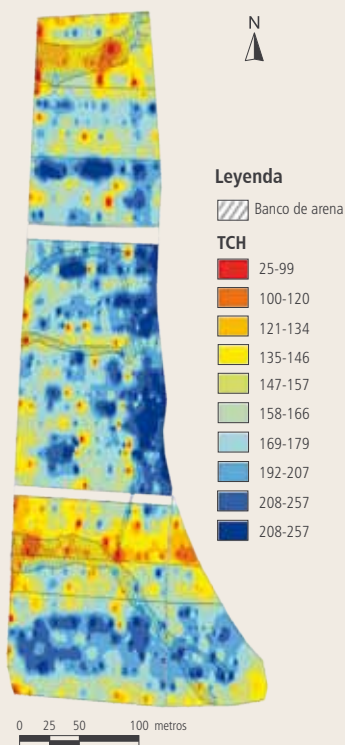
### Cenicaña, presente en Expopanela 2016

El pasado 24 de noviembre Cenicaña presentó sus contribuciones al sector panelero durante el principal evento de productores de panela del país.

La presentación estuvo a cargo del fitomejorador Carlos Arturo Viveros Valens, quien abrió el segmento ‘Innovación y Desarrollo Tecnológico’ y expuso los resultados de las investigaciones realizadas con el apoyo de Corpoica en la Hoya del Río Suárez (Santander) y la importancia de reemplazar la variedad RD 75-11, por su alta susceptibilidad a la roya naranja.

Como resultado de un convenio de cooperación con Corpoica, entre 2013 y 2014 Cenicaña entregó al sector panelero las variedades CC 93-7711 y CC 93-7510, que se han caracterizado por su producción de panela y resistencia a enfermedades de importancia económica.

### El experimento



### + Ficha técnica hacienda Santa Lucía

**Ubicación:** Tarragona (Miranda, Cauca)

**Área:** 5 hectáreas

**Zonas agroecológicas:** 11H1 - 18H2 - 18H3

**Consociación de suelos:** Jordán y Riopaila

Sistema de riego por goteo de bajo costo con un caudal de 8 l/s, con dos riegos por semana en los que se aplicaron 360 m<sup>3</sup>/ha. El sistema se utilizó para fertirrigar semanalmente el cultivo de caña, con un inyector tipo venturí.



### Los resultados

| Variiedad  | Edad | TCH | TSH   |
|------------|------|-----|-------|
| CC 01-1940 | 14.6 | 173 | 21.53 |
| CC 00-3771 |      | 129 | 14.14 |
| CC 85-92   |      | 145 | 19.92 |
| CC 01-678  |      | 177 | 12.12 |
| CC 01-1940 |      | 164 | 11.21 |
| CC 00-3257 |      | 176 | 23.73 |
| CC 99-2461 |      | 148 | 18.49 |

# Etanol: más de 10 años de producción

Lecciones, cambios y retos de más de una década dedicada a la producción de biocombustibles en Colombia.

## Cenicaña

La agroindustria de la caña de azúcar en Colombia se ha consolidado como un sector suroenergético por la producción de etanol carburante y la cogeneración de energía con biomasa.

Para estar a la altura del mercado, los azucareros han tenido que hacer ajustes a su modelo de negocio con retos nada sencillos, como el montaje de destilerías, y ganar el conocimiento necesario para ejecutar nuevos procesos.

De hecho, gracias a ese aprendizaje los diseños originales de las plantas de etanol han tenido cambios tecnológicos y operacionales que han permitido alcanzar

altas poblaciones de levadura, mayores grados alcohólicos y control de los episodios de contaminación.

Entre los cambios se destaca el trabajo conjunto con las plantas de azúcar para contar con materias primas (jugo, meladura y miel) de mejor calidad microbiológica (baja presencia de microorganismos contaminantes) y la implementación de esquemas de esterilización antes del proceso de fermentación.

En el proceso alcohólico la esterilización minimiza la presencia de microorganismos contaminantes, como las bacterias ácido lácticas, ácido acético y levaduras nativas, principalmente. Las bacterias compiten con la levadura

por los nutrientes y generan compuestos que inhiben su metabolismo, lo que afecta la producción de etanol; mientras que las levaduras nativas consumen los azúcares y no necesariamente producen etanol, y algunas cepas tienen la capacidad de formar espuma.

De acuerdo con Tatiana Daza, microbióloga industrial de Cenicaña, en un comienzo las destilerías alcanzaban grados alcohólicos alrededor de 7.0% en volumen en el vino. Sin embargo, la estandarización de las operaciones y un mayor conocimiento de la fisiología de la levadura han permitido que algunas destilerías alcancen grados alcohólicos superiores a 10% v/v en promedio.

Este mismo conocimiento condujo a ajustar los niveles de recirculación de la vinaza producida en la etapa de destilación para minimizar su efecto inhibitorio sobre la levadura.

Inicialmente estos niveles de recirculación eran superiores al 60%, pero causaban una alta acumulación de compuestos inhibidores del metabolismo. Hoy algunas destilerías han logrado reducirlos hasta el 44%.

Con las prácticas de recirculación de vinaza y su concentración mediante evaporación y/o compostaje, es posible que la generación de este efluente no sea mayor a tres litros de vinaza por cada litro de etanol obtenido.

Desde el inicio de la operación de las plantas de etanol, Cenicaña ha estado comprometido con los productores y desde 2007 comenzó los proyectos de investigación.

## Hechos de la producción de etanol en la agroindustria

2001



### Expedición de la Ley 693:

- Control de la contaminación del medio ambiente con el uso de oxigenantes en la gasolina.
- Impulso a la producción de etanol anhidro.

2005

### Inicia la producción de etanol carburante:

- Plantas de Incauca e ingenio Providencia.
- Producción total: 29 millones de litros/año.



2006

### Nuevas destilerías:

- Plantas de los ingenios Risaralda, Manuelita y Mayagüez.



## Investigación

- Estudio del comportamiento de las tres principales cepas de la levadura, *Saccharomyces cerevisiae*, empleadas para la producción de etanol con recirculación de vinaza.
- Evaluación de esquemas de esterilización de materias primas.
- Caracterización de macro y micronutrientes en las materias primas y establecimiento de las necesidades nutricionales de la levadura GR-X (cuando se emplea miel B).
- Evaluación de alternativas para el ahorro del consumo de agua en proceso, a través del aprovechamiento de los principales efluentes generados.
- Determinación del metabolismo de las bacterias ácido lácticas para estimar su impacto económico en la producción de etanol.

Para el desarrollo de los proyectos, el Centro de Investigación estableció en 2008 el área de microbiología industrial y fortaleció su infraestructura con los laboratorios de Microbiología Industrial y Cromatografía.

Además, gracias a la sinergia y a la interdisciplinariedad del grupo de trabajo del Programa de Procesos de Fábrica y al trabajo conjunto con el personal de las plantas de alcohol se conoció mejor la etapa fermentativa, lo cual permitió identificar el destino de los azúcares consumidos durante el proceso y discriminar los que se convierten en productos diferentes al etanol, como los ácidos acético, succínico, láctico, propiónico y el glicerol.

Asimismo, Cenicaña planea ejecutar nuevos proyectos con el objetivo de identificar factores de estrés, de la levadura, su impacto en la producción de etanol y estrategias para su mitigación.

“ El principal reto de la producción de alcohol carburante es sostener su estabilidad jurídica. El mercado del alcohol en el mundo está distorsionado por los programas de combustibles limpios, el interés en el desarrollo de la materia prima para los mismos y la protección a las industrias locales, entre otras. Esto implica que no haya una formación de precios eficiente para competir en igualdad de condiciones, por lo cual se requiere apoyo del Estado colombiano para compensar esas distorsiones”.

**Johan Martínez**  
Director Energía Renovable y Nuevos Negocios Asocaña

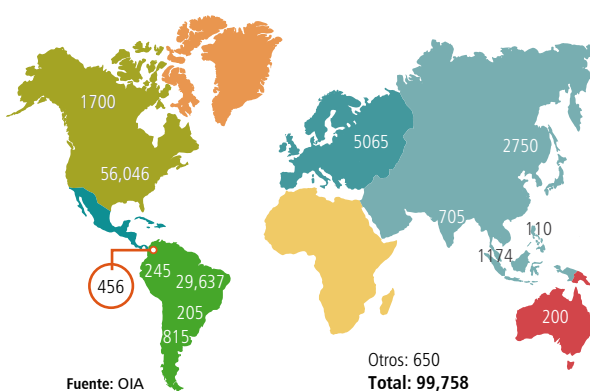
“ La producción de etanol de la industria colombiana ha sido un proceso único, muy bien conducido, donde los técnicos han tenido una adecuada curva de aprendizaje. Además, el reaprovechamiento de la vinaza en la fermentación ha tenido un impacto ambiental muy útil que no ocurre en otros países. Este proceso, que puede parecer hostil para las levaduras que producen alcohol, lo han aprendido de manera eficiente y productiva en las destilerías colombianas”.

**Glaucio Martins de Mello**  
Gerente de Desarrollo de Negocios Solenis (empresa asesora de soluciones químicas industriales)

“ Hemos evolucionado en varios sentidos: Cuando empezamos no sabíamos nada de alcohol; hoy un ingeniero de las destilerías de la región está al mismo nivel que uno de la industria brasilera. Inicialmente teníamos una eficiencia de 87.45% de diseño de Praj; hoy estamos por encima de 90%. Comenzamos con una cultura de fábrica de azúcar; hoy nos hemos adaptado a una cultura de destilería, que es más riesgosa”.

**Milton Figueroa**  
Director Destilería Incauca S.A.S.

Producción de alcohol carburante 2015  
(millones de litros)



2008



### Productos de investigación:

- Cenicaña diseña un fermentador piloto de 170 litros de capacidad, que permite validar los resultados de investigación a escala laboratorio.

2011



### Aumenta la producción de etanol:

- Capacidad instalada: 1,250,000 litros/día.
- Producción total: 338 millones de litros/año.

2015

### Otra planta en operación:

- Ingenio Riopaila, con capacidad de 400,000 litros/día.
- Producción total: 456 millones de litros/año.
- Capacidad instalada: 1,650,000 litros/día
- Seis plantas en operación.



VARIEDADES

# Alta producción de sacarosa, el reto en mejoramiento varietal

Con la metodología de selección recurrente Cenicaña espera que el proceso de desarrollo de variedades sea más eficiente en la obtención de progenies.

## Cenicaña

Cenicaña trabaja en dos líneas de investigación con el propósito de desarrollar variedades para la agroindustria colombiana de la caña de azúcar, con el enfoque de Agricultura Específica por Sitio (AEPS).

Una de ellas es la selección y desarrollo de variedades con alto potencial de producción para los tres ambientes del valle del río Cauca. La segunda línea busca la selección y obtención de parentales de las nuevas variedades.

En esta última línea se utilizan diferentes metodologías de mejoramiento con el propósito de incrementar en una población la frecuencia de genes asociados a características de interés y así ser más eficientes en la obtención de mejores progenies.

La escogencia del método de mejoramiento depende de algunas características de la especie a mejorar — en nuestro caso caña de azúcar —, como biología floral, variabilidad genética, heredabilidad y número de genes que controlan la expresión, entre otros.

En ese sentido y con el objetivo de lograr progenitores con buen potencial de producción de sacarosa, Cenicaña está trabajando el método de selección recurrente para caracteres complejos como contenido de azúcares totales y producción de biomasa, que son controlados por muchos genes de heredabilidad baja.

“Este reto de investigación se enmarca en el proyecto ‘Selección recurrente para alta sacarosa’, que se desarrolla desde el 2005 y ya completó dos ciclos de selección en los que se han observado incrementos significativos en la producción de sacarosa. De cada ciclo se han seleccionado progenitores con los cuales se espera aumentar el contenido de sacarosa de las nuevas variedades”, aseguró Fredy Salazar, fitomejorador del Programa de Variedades.

## Los avances del proyecto

- **Ciclo 0:** entre 2004 y 2005, a través de un proceso de evaluación y selección, se conformó la población inicial con la que se realizaron 52 cruzamientos (familias) en Tapachula (México), en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA).
- **Ciclo 1:** Entre 2005 y 2010 se evaluaron 2464 clones y se seleccionaron 100 progenies con un comportamiento fenotípico superior en cuanto a la expresión del carácter de interés (12.52% de sacarosa y ganancia relativa al testigo de 6.4%). Se inició una nueva temporada de cruzamientos en la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros de la que resultaron 69 familias.
- **Ciclo 2:** Entre 2010 y 2015 se evaluaron 25,403 hermanos completos y se seleccionaron 150 con una media de sacarosa de 17% y una superioridad al testigo de 7.3%. Entre 2016 y 2017 se realizará una nueva temporada de cruzamientos para iniciar el ciclo 3.

## DATO IMPORTANTE

Además del proyecto de selección recurrente para sacarosa, Cenicaña utiliza esta misma metodología para desarrollar variedades que maduren más temprano (12 meses), proyecto que se encuentra en proceso de recombinación de la población inicial (ciclo 0).

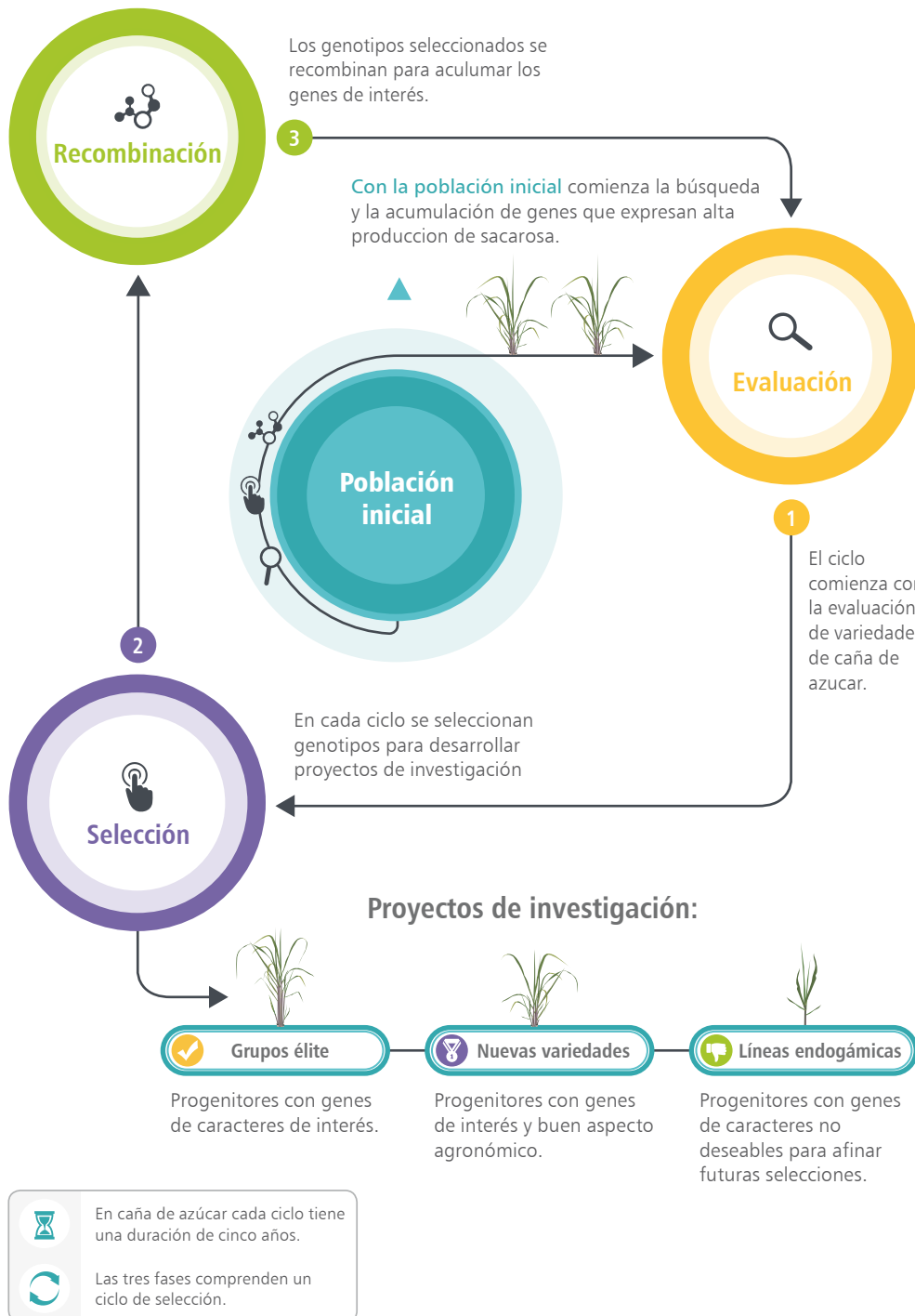
## PARA CONSULTAR

En Memorias del Comité de Investigación de Campo, 22 de septiembre de 2015.

Presentación: *Selección recurrente para sacarosa.*



## Selección recurrente para sacarosa



### Estudiantes visitan la Estación Experimental

Durante 2016, más de 1500 personas visitaron la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros (Florida).

La mayoría de visitas correspondieron a estudiantes e investigadores de diferentes universidades del país, con el propósito de recibir charlas técnicas e informativas sobre diferentes tecnologías.

A través de este servicio Cenicaña contribuye a la formación de nuevas generaciones de profesionales y técnicos, y a la divulgación de las tecnologías con enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS).

Mayor información sobre este servicio en: <http://www.cenicana.org/web/servicios/atencion-de-visitantes>

### Ingenios realizaron ejercicio intercomparativo de cuarzos

Con la coordinación de Cenicaña, el pasado 9 de noviembre se llevó a cabo el X Intercomparativo de Cuarzos Patrón de Polarímetros del Sector Azucarero Colombiano.

El ejercicio tuvo como objetivo estimar el error individual y sectorial de los cuarzos patrones utilizados en la calibración de los equipos, con los que se declara el contenido de sacarosa en azúcar y materiales intermedios.

Los resultados de esta actividad permiten demostrar a los entes de certificación de sellos de calidad la trazabilidad de la medición de sacarosa en el producto terminado. Este ejercicio se realiza anualmente con la participación de todos los ingenios, la Comercializadora Internacional de Azúcares y Mielles de la Industria Azucarera Colombiana (Ciamsa) y Cenicaña.



# Materia orgánica: formación y comportamiento

¿Qué ocurre en los suelos para la formación de materia orgánica (MO) y cómo es su relación con la caña de azúcar?



## Función de la MO





La cantidad de biomasa de un cultivo de caña de azúcar puede generar en corto tiempo tanta MO como un bosque



#### MO en cultivos de caña de azúcar

- Cenicaña midió la materia orgánica en un lote con caña de azúcar, un gradual y un bosque.
- La cantidad de materia orgánica se determinó con el contenido de carbono orgánico total de una muestra de suelo.
- La calidad de esa materia orgánica se determinó con el contenido de sustancias no húmicas de la muestra.
- Los resultados de la medición mostraron que el cultivo de caña de azúcar mantuvo niveles de carbono orgánico total comparables a los de ecosistemas naturales. Sin embargo, en el cultivo de caña de azúcar fue menor la fracción de sustancias no húmicas.



#### Evitar la labranza excesiva

Garantiza la disponibilidad de oxígeno suficiente para la actividad biológica en el suelo



#### Conservar la cobertura vegetal

Mantiene la temperatura y humedad necesaria para la actividad biológica en el suelo



### Claves para conservar MO en sistemas productivos

#### PARA CONSULTAR

Memorias del Comité de Investigación de Campo, 7 de septiembre de 2016.

Presentación: *Proyección del área de Nutrición y Fertilización.*



# Drones: alternativa para la aspersión aérea de productos agrícolas



Foto: Fernando Villegas

Vuelo de prueba de dron utilizado para la aplicación de maduradores en caña de azúcar.

## Fernando Villegas T<sup>1</sup>

La agricultura utiliza comúnmente helicópteros, aviones convencionales y ultralivianos para la aspersión aérea de productos agrícolas; sin embargo, los vehículos aéreos no tripulados (VANT) o drones se están convirtiendo en una alternativa en muchos países.

En Japón los drones se han utilizado en los últimos 20 años, incluso el sector agrícola los emplea para hacerle frente al envejecimiento de la fuerza laboral del campo. Se estima que más de 2500 helicópteros de control remoto (Yamaha RMAX) son utilizados para la aplicación de pesticidas en cerca de un millón de hectáreas de arroz en ese país.

En Australia se usan helicópteros no tripulados, especialmente para el control de malezas, con el permiso de la Autoridad Civil para la Seguridad Aérea (CASA). En Estados Unidos la Administración Federal de Aviación (FAA) aprobó en el primer semestre de 2015 el uso del helicóptero japonés para realizar aspersiones aéreas en los cultivos.

Además, en el país norteamericano es cada vez más intensa la investigación sobre el uso de los drones en las actividades agrícolas. La Universidad de Michigan, por ejemplo, investiga la forma de utilizar VANT en labores como reconocimiento de los campos, aspersiones aéreas de productos agrícolas, inspecciones fitosanitarias, vigilancia y búsqueda de animales.

1. Ingeniero agrícola, Programa de Agronomía - Cenicaña <fvillegas@cenicana.org>



En Colombia, la agricultura utiliza los drones especialmente para los levantamientos topográficos y obtención de índices de vegetación por medio de cámaras multispectrales, y muy poco en aspersiones aéreas de productos agrícolas.

### En caña de azúcar

El ingenio Risaralda probó un vehículo aéreo no tripulado de la empresa Aerospace Scanning Technologies (AeroScanTech) para la aplicación de maduradores en áreas con obstáculos y relieves difíciles para aviones ultralivianos.

Tras las aplicaciones de prueba Cenicaña realizó una evaluación preliminar sobre el desempeño del dron y pudo constatar que la operación es técnicamente viable.

Teniendo en cuenta el tiempo invertido en giros, cambio de baterías, aprovisionamiento de la mezcla y trabajo sólo entre 6:00 a.m. y 10:00 a.m. (horario con condiciones ambientales favorables), se podrían aplicar alrededor de

8 hectáreas de madurador por hora y cerca de 32 hectáreas diarias. Actualmente con un avión ultraliviano se pueden aplicar entre 150 y 200 hectáreas diarias.

Con tarjetas hidrosensibles, marcadas durante una de las aplicaciones de madurador se midió el número de gotas por  $\text{cm}^2$ , el cual fue de 13.5 y se estimó el tamaño de las gotas (350 a 500  $\mu$ ), parámetros que se ajustan a lo requerido en una aspersión aérea de maduradores.

Sin embargo, se pueden hacer variaciones en el sistema de aspersión, como por ejemplo: en los tipos de boquillas y presiones de descarga, longitud del aguilón, cantidad de boquillas y su espaciado y ancho de la franja de aplicación con diferentes alturas de vuelo; todo esto con el propósito de lograr una mayor uniformidad en la aplicación y hacer de este sistema una alternativa eficiente para la aspersión aérea de productos agrícolas en el cultivo de la caña de azúcar.

## La prueba

- Las aplicaciones de prueba se realizaron del 10 al 13 de mayo de 2016 en el ingenio Risaralda y el 30 de junio en Cenicaña.
- La descarga fue de 1.1 litros de mezcla por minuto, se voló a 30 km/h y con un ancho de franja de 5 metros, con lo cual se cubrió una hectárea en 4 minutos, con una descarga de 4.4 litros de mezcla.
- El cambio de baterías se sincronizó con el reaprovisionamiento del tanque de mezcla, de tal forma que fue suficiente recargar un volumen de 12 litros, que es ligeramente superior a la descarga en los 10 minutos de vuelo.

## Características del dron y su operación

- Tanque de 15 litros de capacidad y un aguilón de 2.6 m de longitud con seis boquillas espaciadas cada 50 cm.
- La operación es ejecutada a control remoto por un operador certificado por la Aeronáutica Civil y un observador del programa de vuelo en el computador portátil. Durante el vuelo el operador debe tener a la vista el dron para controlar la altura, hacer el cierre de las boquillas durante los giros (operaciones aún sin automatizar), evitar obstáculos no considerados en el plan de vuelo y ordenar el aterrizaje.
- El sistema de aspersión funciona con una pequeña bomba eléctrica que se alimenta de las mismas baterías que proporcionan la energía para los motores de los seis rotores del dron. La bomba proporciona una presión hasta de 100 psi al sistema de aspersión.
- La velocidad de desplazamiento varía de acuerdo con las necesidades o preferencias.
- Las baterías utilizadas permiten una autonomía de vuelo de aproximadamente 15 minutos. El dron está programado para regresar autónomamente al sitio del cual despegó en el momento que detecte una descarga de las baterías que represente riesgo para la operación. Normalmente no se deja llegar a este punto y se le ordena aterrizar, mediante control remoto, cuando se cumplen 10 minutos de vuelo.



Demostración de la operación del dron en las instalaciones de Cenicaña, ante los integrantes del Comité de Maduración.

INVESTIGACIÓN

# Tras la automatización de la cristalización en las fábricas de azúcar

José David Tascón<sup>1</sup>

En la industria azucarera el proceso de cristalización se realiza por evaporación. Al remover agua de la solución se garantiza la estabilidad y el crecimiento de los cristales de azúcar.

Para ello, la concentración de sacarosa en la solución debe mantenerse en un punto donde sea viable la transformación de azúcar líquido a estado sólido (cristales).

Este punto de concentración es llamado índice de sobresaturación. De tal

manera que si el índice es muy bajo (menor que 1.0) se disuelven los cristales y si es muy alto (mayor que 1.3) se presenta la formación de cristales espontáneos, los cuales perjudican la calidad del azúcar final.

Tradicionalmente, el proceso de cristalización de azúcar ha funcionado con una operación manual, lo que significa que cada operador de tachos utiliza sus propios criterios para cristalizar. Por lo tanto, los resultados finales varían de un operador a otro en términos de tiempo de procesamiento, agotamiento,

tamaño del cristal, coeficiente de variación (de tamaño) y consumo energético de vapor.

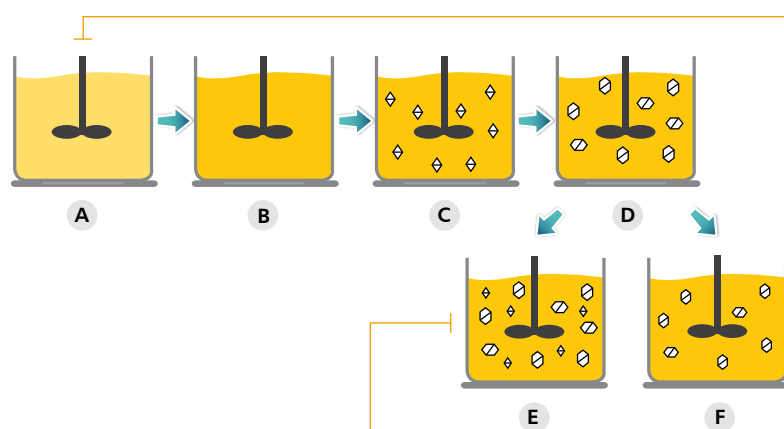
La implementación de estrategias de control automático para el proceso de cristalización no es fácil porque un tacho posee múltiples variables a manipular, como presión, temperatura, nivel y °Brix.

Las impurezas afectan la cristalización y, actualmente, no existe una medición directa de la sobresaturación, no se conoce en línea la razón de crecimiento o la forma de cristales.

Reconociendo todos estos factores, Cenicaña trabaja en algunas propuestas de control automático que garanticen la sobresaturación para beneficiar la producción de azúcar y favorecer su calidad (color, tamaño y coeficiente de variación), con menos tiempo de procesamiento.

Al reducir el tiempo se obtienen beneficios energéticos, dado que los tachos son uno de los principales consumidores de vapor en la fábrica de azúcar con aproximadamente el 40% del consumo total.

La sobresaturación en el proceso de cristalización



**A:** la meladura o miel con índice de sobresaturación menor que 1.0 (solución no saturada) es concentrada por evaporación.  
**B:** punto de sobresaturación (zona metaestable, índice de sobresaturación igual a 1).  
**C:** se adicionan cristales (semillamiento)  
**D:** para propiciar el crecimiento del cristal es necesario que la sobresaturación se mantenga entre 1.0 y 1.3.

**E:** si la sobresaturación aumenta (> 1.3) se presenta formación de cristales espontáneos.  
**F:** si la sobresaturación disminuye (< 1.0) se presenta dilución de los cristales de azúcar.

1. Ingeniero electrónico, Programa de Procesos de Fábrica - Cenicaña. <jdtascon@cenicana.org>

## ¿Qué se ha hecho?

El proyecto de investigación 'Exploración de técnicas avanzadas de control para el mejoramiento y estabilidad del proceso de evaporización' revisó propuestas de modelamiento, monitoreo de variables y estrategias de control que contribuyan a mejorar la estabilidad de las variables ante disturbios y cambios operativos.

En ese sentido, se evaluó la viabilidad de automatizar la cristalización del azúcar utilizando un modelo matemático de simulación en todas las plantas (A, B y C) para tachos tipo batch. Los resultados de comparación de valores reales y de simulación en todos los casos ofrecieron errores menores al 4%.

También se diseñó, validó y comparó en simulación una estrategia de control tradicional frente a una moderna. Las estrategias tradicionales buscan satisfacer valores de °Brix específicos dependiendo del proceso y la masa cocida, mientras que una estrategia de control moderna necesita un modelo matemático para calcular la sobresaturación.

En la simulación se halló que una estrategia tradicional de control por °Brix - nivel no fue capaz de mantener un valor estable de sobresaturación

que garantizara mayor tasa de cristalización y de calidad del azúcar. Por su parte, la estrategia moderna por sobresaturación - nivel obtuvo una pureza de miel menor en 1%, lo que equivale a mayor producción de azúcar. Con la estrategia propuesta es posible obtener los beneficios de calidad, de producción y energéticos esperados.

Los resultados de esta investigación empezarán a ser implementados en un ingenio piloto con el fin de validar los resultados de la simulación.

## Algunos conceptos

**Tacho:** equipo donde se produce la cristalización de azúcar. Opera al vacío para evaporar a 65 - 68 grados de temperatura el agua de la masa cocida.

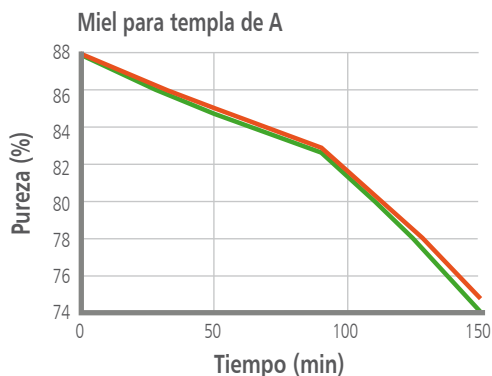
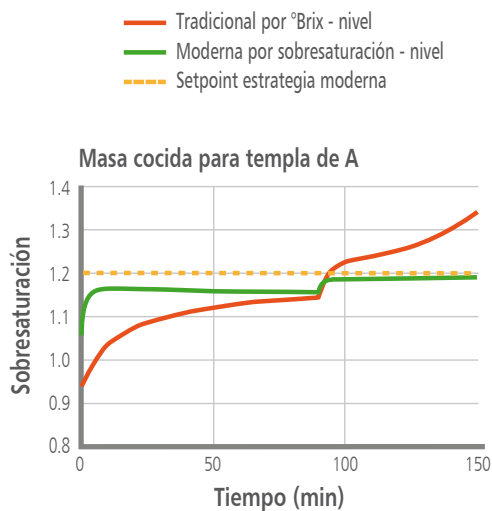
**Masa cocida:** solución de cristales, meladura (o miel) y agua, que es manipulada en los tachos para la producción de azúcar. Se denomina por letras (A, B, C), las primeras con mayor contenido de sacarosa.

**Sobresaturación:** índice de concentración de sacarosa en la masa cocida, que muestra cuándo es posible la cristalización del azúcar.

**Brix:** porcentaje de peso de sólidos disueltos en una solución azucarada.

**Pureza:** relación porcentual del contenido de sacarosa con respecto al contenido total de sólidos disueltos (°Brix) en una solución azucarada.

Comparación de estrategias de control



## PARA CONSULTAR

Memorias del Comité de Fábrica, 18 de mayo de 2016:

Presentación: *Análisis integral del proceso de evaporización de masa B.*

Memorias del Comité de Fábrica, 18 de noviembre de 2015:

Presentación: *Simulación en estado estable y dinámico de un tacho batch de masa B.*



## DATO IMPORTANTE

La reducción de la pureza aparente en el jugo diluido es uno de los factores que más impacta el proceso de cristalización. El aumento de impurezas modifica la respuesta de sobresaturación, reduce la velocidad de cristalización y hace más adversas las condiciones para el proceso.



# Servicio de diagnóstico de enfermedades en caña de azúcar

- Raquitismo de la soca (RSD)
- Escaldadura de la hoja (LSD)
- Virus de la hoja amarilla (SCYLV)

## Área de Fitopatología

Estación Experimental de Cenicaña  
Vía Cali-Florida km 26.  
San Antonio de los Caballeros, Florida,  
Valle del Cauca.

Teléfono: (2) 687 66 11  
ext. 5150 – 5141 - 5139

diagenfermedades@cenicana.org  
www.cenicana.org/servicios

Impresión de nervadura central sobre membranas de nitrocelulosa



Envíenos sus sugerencias, quejas,  
reclamos y felicitaciones.  
[www.cenicana.org/SQRF/](http://www.cenicana.org/SQRF/)

Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacionales S.A.  
No. 2016-646 4-72, vence 31 de dic. 2016



Remite/ Cenicaña. Calle 58N No. 3BN -110 Cali, Colombia

Línea de atención al cliente:  
**(57 - 1) 472 2000 en Bogotá**  
**01 8000 111 210 a nivel Nacional**

[www.4-72.com.co](http://www.4-72.com.co)

El servicio de **envíos**  
de Colombia



PUBLICIDAD EXIGIDA POR:  
Servicios Postales Nacionales S.A.