julio - diciembre

www.cenicana.org

TEMAS

Notas técnicas e informativas

Cultivadores comprometidos	
con el desarrollo nacional	2
VIII Congreso de Tecnicaña	3
XXVII Congreso mundial ISSCT	3
Medición de agua de riego con registro continuo	4
Estación base de referencia para el registro de datos GPS	5
La cumbre de Copenhague, el cambio climático y la respon- sabilidad de los agricultores	6
Acciones para reducir las poblaciones de <i>Diatraea</i>	10
Importancia del agua en la	

Avances de investigación

16

nutrición de los cultivos

Diversidad genética y perfil

molecular de las variedades	
registradas en el banco de	
germoplasma de Cenicaña	19
Contribución de cruzamientos	
hechos en México en el proceso	
de obtención de variedades CC	23

Índice operacional para cuantificar el desempeño energético de una estación de evaporación en un ingenio 27

Notas de investigación

Avances en el estudio del comportamiento de una levadura alcoholera comercial en ingenios duales colombianos 31



Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Acciones para reducir las poblaciones de *Diatraea*

La relación costo/beneficio del control biológico es favorable en términos económicos. Información actualizada sobre el monitoreo de los cultivos, las liberaciones de los enemigos naturales en el campo y el manejo integral para reducir la plaga. *Pág.10*



Larva de Diatraea y mosca taquínida benéfica.

Diversidad genética en el banco de germoplasma

Caracterización molecular de 1305 variedades del banco de germoplasma de Cenicaña y análisis de la diversidad genética existente. Resultados que aportan criterios para ampliar la base genética del programa de mejoramiento varietal. *Pág. 19*

Cooperación con México para cruzamientos

Contribución de los cruzamientos hechos en la Estación de Hibridación de Tapachula, Chiapas, en el mejoramiento y la obtención de variedades Cenicaña Colombia. *Pág. 23*



Desempeño energético de evaporadores

Nuevo índice operacional para evaluar la eficiencia energética en cada efecto del tren de evaporación, confiable en cuanto reproduce las condiciones de incrustación y la pérdida de coeficiente de transferencia de calor en los equipos. *Páa. 27*

Estudio de una levadura alcoholera comercial

Resultados de experimentos preliminares acerca de la cinética de crecimiento de una cepa de levadura comercial utilizada en la producción de etanol. *Pág. 31*



Más información

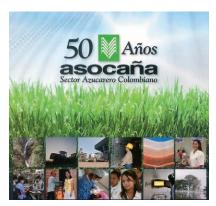
- XXVII Congreso Mundial ISSCT Veracruz, México, marzo 2010 Pág. 3
- Medición de agua de riego con registro continuo
 Exigencia de la CVC desde 2010
 Pág. 4
- Estación de referencia GPS

 Para corregir datos de GPS móvil

 Pág. 5
- La cumbre de Copenhague Cambio climático y agricultura Pág. 6
- Importancia del agua en la nutrición de los cultivos Conceptos básicos Pág. 16
- Servicios de Cenicaña
 Para ingenios y cultivadores
 Pág. 36

Asocaña: Sector azucarero colombiano comprometido con el desarrollo nacional

Asocaña celebró en 2009 el quincuagésimo aniversario de su fundación con un programa académico que incluyó tres páneles (ambiental, social y ciencia y tecnología) en los que participaron los afiliados al gremio y distintas autoridades gubernamentales, estatales y civiles relacionadas con el sector. A continuación se destacan los resultados del estudio presentado por la Fundación para la Educación y el Desarrollo, Fedesarrollo, acerca del impacto socioeconómico del sector azucarero en la economía colombiana.



<www.asocana.org>

Impacto socioeconómico del sector azucarero en la economía colombiana

Un estudio reciente de Fedesarrollo* señala que la operación de los ingenios azucareros tiene grandes efectos en la economía nacional y regional.

En comparación con otros municipios agrícolas del país, se estima que en 37 municipios de influencia del sector azucarero (sin incluir Cali, Pereira, Jamundí y Yumbo) el PIB-per capita es más alto en \$1.5 millones en promedio, la escolaridad es superior en 0.5 años y el índice de calidad de vida es mayor entre 2.8 y 3.9 puntos.

Entre 2003 y 2008, el gasto de los ingenios azucareros en educación, vivienda, inversión ambiental y aportes para actividades recreativas y culturales, medido como porcentaje de sus utilidades operacionales, se incrementó en 75.3%.

es el número de empleos adicionales generado por cada empleado contratado por los ingenios. Los sectores más beneficiados son: agricultura (88%); servicios comunales, sociales y personales (5%); industria manufacturera (3%); transporte, almacenamiento y comunicaciones (3%); y otros (0.4%).

\$10.5 más de producción intermedia industrial por cada peso (consumo intermedio) de la producción de los ingenios.

\$10.3 más de impuestos a la producción generados por cada peso de impuestos pagado por los ingenios.

\$3.9 más de valor agregado en el PIB (producto interno bruto) por cada peso de valor agregado generado por los ingenios.

\$2.3 más de inversión en bienes de capital por cada peso invertido por los ingenios en este rubro.

^{*} Arbeláez, A.M.; Estacio, A.; Olivera, M. 2009. Impacto socioeconómico del sector azucarero en la economía colombiana. Fedesarrollo. Disponible en <www.asocana.org>, consultado 15/1/2010.



Año 31, Nos. 3 y 4 de 2009

Comité Editorial

Adriana Arenas Calderón • Álvaro Amaya Estévez Camilo Isaacs Echeverri • Edgar Fernando Castillo Monroy Javier Alí Carbonell González • Jorge Ignacio Victoria Kafure Nohra Pérez Castillo • Victoria Carrillo Camacho

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología Coordinación editorial y edición de textos: Victoria Carrillo C. Diagramación: Alcira Arias Villegas Preprensa e impresión: Feriva S.A., Cali-Colombia Catálogo en línea de la base datos bibliográfica

Consulte las referencias disponibles en www.cenicana.org/biblioteca/ catalogo_enlinea.php

Solicite los documentos de interés a Adriana Arenas <biblioteca@cenicana.org> o visite la biblioteca en la Estación Experimental

VIII Congreso de Tecnicaña

Durante la semana del 14 al 18 de septiembre de 2009 se llevó a cabo el congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, Tecnicaña, evento que reunió a 704 personas entre ponentes, participantes, invitados especiales, representantes del sector azucarero y de las casas comerciales patrocinadoras.

En total se presentaron 87 trabajos en las áreas de campo (42 trabajos), fábrica (25), cosecha (15) y administración (5).

Los dos primeros días se hicieron visitas de precongreso al Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña, y a los ingenios Incauca, Manuelita y Providencia. Los temas estuvieron relacionados con el proceso de mejoramiento genético de las variedades de caña de azúcar, el desarrollo tecnológico en riego, agricultura específica por sitio, cosecha y transporte, limpieza de caña en seco, clarificación de jugo y refinación de azúcar, y los procesos de producción de etanol, compost y cogeneración de energía.

Más información en <www.cenicana.org>

México, marzo de 2010

XXVII Congreso mundial de la ISSCT

A partir del viernes 5 de marzo comienzan en el puerto de Veracruz, en el golfo de México, las actividades programadas en el marco del vigésimo séptimo congreso mundial de la Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros (ISSCT, por su sigla en inglés), evento que hasta el jueves 11 se llevará a cabo en ese país, para concluir en Colombia donde tendrá lugar el poscongreso los días 13 y 15 de marzo.

Como en los congresos anteriores, los asistentes deben tener la membresía de la ISSCT. El precongreso se hará los días 5 y 6 con visitas a los ingenios La Gloria y Tres Valles, la Alcoholera Zapopan, la Compañía Papelera Scribe y al laboratorio de cultivo de tejidos Viromotz.

El domingo 7, en el Word Trade Center, se abrirán las mesas de registro para los asistentes al congreso. La agenda académica del congreso se llevará a cabo del 8 al 11 de marzo con las presentaciones orales y la exposición de pósteres que dan cuenta de los principales trabajos adelantados por los miembros de la ISSCT en las áreas de Biología, Agricultura, Fábrica, Coproductos y Administración. El precongreso y el congreso son organizados por la Asociación de Técnicos Azucareros de México (ATAM). Para más información consulte en internet:

http://www.atamexico.com.mx http://issct2010.com

Poscongreso en Colombia

Sábado 13 de marzo y lunes 15. Visitas a la Estación Experimental de Cenicaña y a tres ingenios productores de azúcar, etanol, abonos compostados y energía.

Organiza la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, Tecnicaña. <www.tecnicana.org>



Exigencia de la CVC a partir de 2010

Medición de agua de riego con registro continuo

A partir del primero de enero de 2010 la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) sólo aceptará reportes de sistemas de medición de agua con registro continuo para efectuar el cobro de la tasa por el uso de agua superficial y subterránea. Los usuarios que no cuenten con dicho sistema recibirán el cobro con base en lo establecido en la concesión de aguas. En 2017 deben estar operando los sistemas de registro continuo colectivo.

José Ricardo Cruz Valderrama*

Si usted es usuario de agua superficial y quiere presentar reportes de volúmenes de agua efectivamente captados tenga en cuenta:

- Debe tener construida la obra de captación o reparto ordenada por la resolución de la concesión de aguas.
- Antes de hacer las inversiones del caso, debe solicitar a la CVC la verificación del cumplimiento de los requerimientos del sistema de medición.
- El aforador RBC es aceptado por la CVC como sistema de medición.
- En los sitios donde el sistema de medición no esté localizado sobre el
 cauce principal, y mientras no se haya establecido el sistema de medición
 y registro continuo colectivo, al volumen registrado se le aplicará un
 factor de pérdidas de distribución para estimar el volumen de agua
 efectivamente captado, con base en el cual se realizará la facturación.

A partir del año 2017, de acuerdo con el Decreto 4742 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, deben estar en operación las bocatomas de las derivaciones de los cauces principales y sus sistemas de registro continuo colectivo, propósito en el que participan los usuarios del agua y la CVC como entidad coordinadora.

Aforador RBC. Esta estructura de aforo se debe localizar en un tramo recto, donde no existan entradas de agua ni derivaciones cercanas y donde el agua no presente turbulencia, remolinos ni ondas en la superficie. El tramo de la estructura de aforo debe ser revestido aguas arriba entre cinco a diez veces el ancho del canal, como mínimo; y aguas abajo, entre una a dos veces su anchura. Tanto la mira como el aforador deben permanecer en perfecto estado para hacer una lectura fácil y rápida del caudal.

Documentos recomendados

<www.cenicana.org/publicaciones/index.php>



Serie Técnica No.33



Instrumentación en desarrollo

Actualmente, en el mercado se encuentran diferentes tipos de instrumentos para la medición de agua con registro continuo en canales y tuberías, pero son instrumentos costosos (entre 7 millones y 20 millones de pesos) que permanentemente quedan expuestos al daño y al robo.

Por esta razón Asocaña y Cenicaña, junto con la CVC y la Universidad del Valle, vienen liderando un proyecto para desarrollar la instrumentación electrónica e hidráulica del aforador RBC, mediante un conjunto de sensores y sistemas de almacenamiento y transmisión de datos que en forma permanente, en intervalos de tiempo cortos, por ejemplo cada 30 minutos, permiten registrar variaciones de caudal y totalizar el volumen captado en un período determinado.

En enero de 2010 comienzan en cinco ingenios las evaluaciones de campo de tres prototipos de bajo costo propuestos por el grupo de trabajo, con el fin de seleccionar la configuración más adecuada.

Prototipo de sensor en evaluación.

^{*} Ingeniero Agrícola, M.Sc., Ingeniero de Suelos y Aguas de Cenicaña < jrcruz@cenicana.org>.

Servicio permanente en la región azucarera

Estación base de referencia para el registro de datos con sistemas de posicionamiento global (GPS)

Con un área de influencia de 150 kilómetros a la redonda, la estación de referencia ubicada en la Estación Experimental de Cenicaña registra los datos capturados mediante equipos de GPS y suministra al usuario información confiable.

Fabio Andrés Herrera R. y Javier Alí Carbonell González*

Los usuarios de la tecnología satelital de GPS (por su sigla en inglés) cuentan ahora con una estación de referencia para la corrección diferencial de los datos de coordenadas geográficas registrados con sus equipos. Ubicada en un punto fijo, con coordenadas geográficas precisas, la estación base proporciona información confiable para diferentes cálculos y levantamientos de control geodésico, colección de datos para Sistemas Información Geográfica (SIG) y levantamientos fotogramétricos de tipo terrestre, entre otras utilidades.

Ubicación y área de influencia

La estación base de referencia se encuentra ubicada en la Estación Experimental de Cenicaña, así:

Latitud: 3° 21′ 36.64274″ N Longitud: 76° 18′ 2.64423″ W Altura elipsoide: 1033.103 m Máscara de elevación: 10°

Tiene una cobertura de 150 km a la redonda y en su área de influencia se incluyen todas las tierras vinculadas con los ingenios azucareros localizados en el valle del río Cauca.

Equipamiento y software

La estación cuenta con un receptor geodésico de 12 canales en L1/CA por código y fase portadora con longitud de onda completa modelo Pathfinder Pro XR y antena L1 externa (ambos marca Trimble®) con capacidad de reducción de efectos multicamino y ruido; una fuente de corriente continua y un estabilizador de voltaje; y una computadora con procesador Intel® Pentium IV (1.4 Ghz, 1 GB RAM y 120 GB en disco). El GPS receptor genera archivos de datos en formato SSF (propietario de Trimble®) con intervalo de registro cada dos segundos y en formato RINEX (Receiver INdependent EXchange) con intervalo de registro cada cinco segundos. Los datos recibidos son procesados y enviados cada hora a un servidor de páginas web.

Sistema de referencia

Se utiliza el elipsoide WGS-1984, de manera que las coordenadas son calculadas con este sistema de referencia. En el momento de efectuar la corrección diferencial y la exportación, el usuario puede transformar los datos a cualquier sistema deseado.

Disponibilidad de la información

La estación de referencia opera de forma continua las 24 horas del día durante los 365 días del año. Los datos se publican en <www.cenicana.org/aeps/base_gps.php> en archivos SSF que contienen registros cada dos segundos, fragmentados por horas (base horaria +00:00 UTC).

¿Cómo opera?

La estación base de GPS registra los datos de las coordenadas geográficas durante las 24 horas del día y los publica en web cada hora en intervalos de dos segundos (formato SSF).

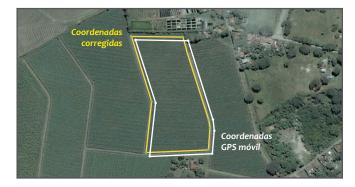


Los datos de la estación fija son utilizados por los usuarios de GPS móvil para hacer la corrección diferencial de las coordenadas geográficas registradas con los equipos portátiles, de forma que se cuenta con información confiable.



<www.cenicana.org/aeps/base_gps.php>

Contáctenos para más información. Programa de Agronomía, Cenicaña



Ingeniero Topográfico, Analista de Sistemas de Información Geográfica <faherrera@cenicana.org>; Ingeniero Agrícola, M.Sc., Director Programa de Agronomía <jacarbonell@cenicana.org>. Ambos de Cenicaña.

La cumbre de Copenhague, el cambio climático y la responsabilidad de los agricultores

Pedro Moreno Padilla*

La cumbre de Copenhague

En 2009 hubo la esperanza de que ese fuera un año clave en la lucha contra el cambio climático. Líderes mundiales de 192 países, miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas del Cambio Climático (CMNUCC), se reunieron en la XV Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático (también conocida como COP 15) entre el 7 y el 18 de diciembre en Copenhague, Dinamarca, con el fin de dar continuidad al Protocolo de Kioto.

El objetivo de la conferencia, según los organizadores, fue "la conclusión de un acuerdo jurídicamente vinculante sobre el clima, válido en todo el mundo, que se aplique a partir de 2012."

Concretamente, la reunión de Copenhague tuvo el propóstio de establecer fuertes compromisos vinculantes en relación con las emisiones que provocan el cambio climático, de forma que se esperaba que los países desarrollados y ricos se compremetieran a reducir en los próximos dos años sus emisiones hasta niveles equivalentes al -40% de los valores registrados en 1990, para apoyar así a los países más afectados por el cambio climático.

Este propósito no se logró, y tras la cumbre mundial quedó la incetidumbre acerca de las posibilidades concretas de conseguir un acuerdo que permita asegurar que el aumento de la temperatura global se mantendrá por debajo de los 2 °C.

El 2009 será recordado como el año de la Cumbre de Copenhague, en la que el mundo trató de encontrar una respuesta al problema del cambio climático pero faltó voluntad política para afrontar el reto.

En la cumbre se reunieron los mejores expertos en medio ambiente, los ministros y jefes de Estado, y participaron también las organizaciones no gubernamentales de 192 países miembros de la CMNUCC. Esta fue la última conferencia preparatoria del período post-Kioto.

El cambio climático en pocas palabras

El clima de la Tierra está cambiando por causa de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero provocadas por actividades humanas. Las concentraciones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) son más altas ahora que en cualquier otro momento durante los últimos 420 mil años. La abrumadora evidencia científica apoya la conclusión de que los cambios observados en el clima están relacionados con el consumo de combustible fósil (petróleo).

Sin una actuación urgente para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la Tierra tendrá en 2050 las temperaturas más altas de los últimos 10 mil años. El 80% del dióxido de carbono liberado a la atmósfera cada año, relacionado con la actividad humana, se debe a la quema de combustibles fósiles utilizados principalmente para producir electricidad, calor o en el transporte. Estas cifras provienen de evaluaciones científicas rigurosas y de observaciones acerca del cambio del clima y las consecuencias en las comunidades pobres de todo el mundo.

Consecuencias principales del efecto invernadero

- La temperatura global aumentará entre 1.4°C y 5.8°C antes del 2100. Si la temperatura global sube más de 2°C el impacto climático se verá en la destrucción de recursos naturales, el aumento del nivel del mar, la pérdida de ecosistemas estratégicos como manglares y páramos, la escasez de alimentos y para miles de millones de personas, pérdidas de sus casas, fincas y medios de vida.
- Dos mil millones de personas se verán afectadas por la escasez de agua. Una de las consecuencias más graves del cambio climático será la disminución de la cantidad de agua disponible. Las alteraciones del ciclo hídrico incidirán en la recarga de acuíferos, en acelerar la evotranspiración de los organismos vivos y en disminuir la cobertura vegetal.
- La agricultura mundial se verá afectada y por el hambre y la malnutrición será probable la muerte de hasta tres millones más de personas cada año. Hasta 550 millones de personas sufrirán hambre y hasta 330 millones de personas serán desplazadas debido a la subida del nivel del mar.
- **Pérdida de la diversidad biológica**. Muchos animales y vegetales que solamente pueden vivir en un rango limitado de temperatura se extinguirán.
- Las variaciones de temperatura y el régimen de precipitaciones de agua traerán como consecuencia un desplazamiento de la frontera agrícola para varios cultivos. Y los rendimientos de las cosechas podrían disminuir.
- La salud humana se verá fuertemente afectada por el aumento de olas de calor, y con ello el desplazamiento de vectores trasmisores de enfermedades como la malaria, el dengue y algunas formas de encefalitis, entre otras.

^{*} Economista, M.Sc., Secretario Técnico del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad <pmoreno@asocana.org>. Asocaña.

Las conclusiones de Copenhague

Según la Wildlife World Fund (WWF, 2009), el texto final de la Cumbre de Copenhague es tan débil, incompleto y confuso que no previene acerca de las peligrosas consecuencias del cambio climático para el planeta: "Las promesas de reducción ofrecidas hasta ahora no son suficientes para proteger a nuestro planeta de los peligros del cambio climático, ni suficientes para solucionar la división entre los países ricos y pobres". Quizá la conclusión más divulgada fue "La Cumbre del Clima termina con un texto que no es justo, ni ambicioso, ni jurídicamente vinculante".

La Cumbre de las Naciones Unidas de Cambio Climático de Copenhague ha sido un fracaso, debido al escaso liderazgo y a la poca ambición de los jefes de Estado que acudieron a la reunión.

Según WWF, políticos de todo el mundo están de acuerdo en que hay que permanecer por debajo del umbral peligroso de los 2 °C. Sin embargo, los cálculos del texto aprobado en Copenhague señalan que la temperatura puede subir más de 3 °C.

El acuerdo no incluye metas que garanticen que el calentamiento del planeta se mantendrá por debajo de los 2 °C. La ciencia es clara en que se necesita una reducción de emisiones de al menos el 40% en 2020. Estas metas específicas son esenciales para cualquier protocolo que con seriedad busque un planeta futuro para las presentes generaciones y las venideras.

La participación de los Estados Unidos y los bloques de otros países en las negociaciones fue tremendamente decepcionante. Los países industrializados tienen de plazo hasta febrero para presentar sus compromisos de reducción de emisiones.

La carencia de claridad del acuerdo se manifiesta por una mención al pico global de emisiones "lo antes posible", sin concretar fecha, en contraste con lo declarado en 2007 por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático según el cual el límite a partir del cual las emisiones globales deberían empezar a decrecer debería ser el año 2017.

En cuanto a los Mecanismos de Desarrollo Limpio de las Naciones Unidas (MDL), puede ser que permitan una verdadera reducción de las emisiones. Pero también implican que los países desarrollados pueden obtener créditos

La ruta del tiempo hacia Copenhague

Fuente: Worldwatch, 2010.

1865. John Tyndall postuló que algunos gases atmosféricos, como el vapor de agua y el CO_2 , retenían el calor.

1896. Svante Arrhenius predijo que aumentos en el nivel de CO_2 atmosférico procedente de la quema de combustibles fósiles llevaría a un calentamiento global y que una duplicación del CO_2 atmosférico podría provocar un incremento de la temperatura global media de 5 °C. Las predicciones de este Premio Nobel (1903) se ignoraron durante más de medio siglo.

1958. Primer seguimiento continuo revela un aumento rápido de los niveles de CO_2 en la atmósfera.

1970-1980. Inicio del período de calentamiento atmosférico conocido como calentamiento global.

1988. Las Naciones Unidas crean el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por su sigla en inglés) con el objetivo de estudiar la ciencia del cambio climático.

1990. Se publica el Primer Informe de Evaluación del panel IPCC. Se fija 1990 como año de referencia para las futuras emisiones.

1992. Reconocido como el año de la Cumbre de la Tierra (Río de Janeiro). Los gobiernos crearon la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que los obliga a tomar medidas para prevenir los efectos peligrosos del cambio climático.

1995. Luego de un duro debate con los países de la Organización de Países Exportadores de Petróleo, OPEP, el Segundo Informe de Evaluación del IPCC establece una fuerte relación entre la emisión de gases de efecto invernadero inducida por los seres humanos y el cambio climático.

1998. El año más cálido, en la década más cálida, en el siglo más cálido en, al menos, los mil últimos años.

2001. Las naciones detallan la metodología y otros aspectos del Protocolo de Kioto. Estados Unidos y Australia no lo ratifican.

2003. Una ola de calor en Europa acaba con la vida de más de 30 mil personas. Los científicos concluirán más tarde que se trató del primer acontecimiento climático extremo inducido por los seres humanos. Los científicos declaran que un tercio del planeta se ve afectado por las sequías, lo cual dobla la cifra que existía en la década de los setenta.

2005. Una fuerte sequía hace que la Amazonia pase de ser un sumidero de carbono a ser una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero.

2007. Se registra una pérdida masiva de hielo estival en el Ártico que amenaza con un Norte sin hielo. El Cuarto Informe de Evaluación del IPCC avisa de un cambio climático acelerado e irreversible. La Conferencia del Clima (Bali) fija un calendario para definir el tratado que suceda al Protocolo de Kioto.

2008. Se celebra la Conferencia del Clima en Poznan, Polonia. El progreso de las negociaciones es lento.

2009. En diciembre, expectativas y realización de la Cumbre de Copenhague, determinante para el clima. Prosiguen las negociaciones para acordar el Protocolo de Copenhague.



de proyectos que se habrían realizado en cualquier caso en países en desarrollo y por lo tanto, no aportan verdaderas reducciones adicionales.

Según los expertos existe una trampa legal cuando los países pueden pasar créditos de un período a otro; un peligro en particular para las provisiones de reducción de emisiones otorgadas a Rusia y a las economías de Europa del este.

Otro problema se refiere a las reglas sobre sumideros procedentes de silvicultura, deforestación evitada y sobre el cambio del uso del suelo, así como a la omisión de reglas sobre emisiones, continuamente crecientes, del transporte internacional de embarcaciones y aviación.

El acuerdo que fue anunciado por EEUU, India, China y Sudáfrica no ha sido respaldado por la Unión Europea ni por otros países.

El acuerdo no ofrece confianza de que el cambio climático será evitado o que los países pobres recibirán el dinero que necesitan para adaptarse al calentamiento global.

Los líderes tienen que volver a la mesa negociadora a principios de 2010 y tomar las decisiones políticas que se necesitan urgentemente para que se consiga un acuerdo como tal. Anunciaron la creación de un fondo de 100 mil millones de dólares al año para ayudar a los países pobres. Este acuerdo está formulado como un objetivo, no como un compromiso. En consecuencia, los países pobres no tienen ninguna seguridad de que recibirán el dinero que necesitan para adaptarse al cambio climático y reducir sus propias emisiones.

Cien mil millones de dólares es sólo la mitad del dinero que se necesita. El déficit en los fondos podría significar que los trabajadores de la salud en el sur de Asia y en África subsahariana no conseguirán los 1500 millones de dólares al año que necesitan para evitar las muertes provocadas por la malaria y la diarrea, que se expanden por culpa del calentamiento global.

No hay garantía de que los 100 mil millones de dólares vayan a ser adicionales a los compromisos de ayuda oficial ya existentes. Esto significa que el dinero podría ser desviado de los presupuestos de educación y salud para pagar protecciones contra las inundaciones.

Los 100 mil millones de dólares pueden no ser dinero público. A no ser que la financiación para el cambio climático provenga de fuentes públicas, no hay garantías de que llegará a la gente que más lo necesita, en el lugar adecuado y en el momento preciso. Además de que los fondos son insuficientes, los trámites burocráticos hacen que se pueda disponer de los recursos tres o cuatro años después de firmados los acuerdos.

Los 100 mil millones de dólares serían repartidos así:

- Actividades de adaptación al cambio climático.
- Mecanismo de seguro multilateral.
- Políticas de REDD (deforestación evitada).
- Políticas de mitigación del cambio climático y difusión tecnológica.

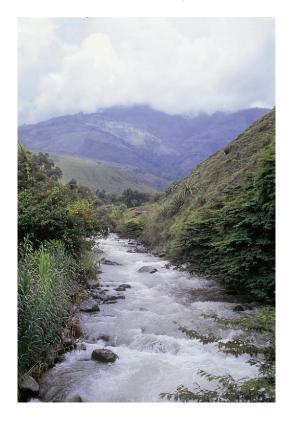
El desafío: actuemos en lo local

En lo global fue muy poco el aporte para combatir el cambio climático; la falta de voluntad política de los países más desarrollados impidió llegar a un acuerdo vinculante de reducción de emisiones de gases efecto invernadero acorde con las recomendaciones de la mayoría de los científicos.

Los peligros derivados de la crisis climática nos pueden dar la oportunidad de compensar al medio ambiente, de actuar en lo local y desarrollar nuestro quehacer en la ruta de la sostenibilidad.

Cuando los desafíos globales no son asumidos por los líderes mundiales, tenemos la gran responsabilidad de actuar desde lo local en temas que en pocos años nos van a afectar directamente a esta generación, a nuestros hijos, nietos y las futuras generaciones de todas las formas de vida.

El riesgo hídrico es de alta vulnerabilidad como efecto del cambio climático; por esa razón es urgente trabajar para la recuperación de los ríos, humedales y acuíferos.



En lo que nos compete debemos actuar al menos en los siguientes campos

Agua



El riesgo hídrico es de alta vulnerabilidad como efecto del cambio climático; por esa razón es urgente trabajar para la recuperación de los ríos, humedales y acuíferos. Si bien existen estudios que nos muestran el estado de deterioro de las cuencas hidrográficas que surten de agua para el consumo humano, el riego y el desarrollo industrial, las acciones son tan débiles que no causan ningún efecto.

Debemos seguir liderando el manejo del agua, dando ejemplo a otras regiones, e impulsar una aplicación ambiciosa del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad.

Es supremamente importante realizar acciones para conservar y restaurar ecosistemas estratégicos como los páramos y los bosques andinos. En el Valle del Cauca tenemos páramos y bosques andinos que son la fuente del agua de la mayoría de nuestros ríos, en especial los que nacen en la cordillera Central, que riegan nuestro fértil valle. Sin embargo, en esos ecosistemas se lleva a cabo una gran actividad agropecuaria, deforestación y quemas, lo que hace que sean muy vulnerables al cambio climático. La disminución de áreas de páramo y subpáramo reducirá la oferta de agua.

Debemos tener la capacidad de pronosticar los caudales de las corrientes de agua, con meses de anticipación, para mejorar la capacidad de adaptación al nuevo escenario; hay que tener en cuenta una gestión integrada, capaz de conciliar usos y demandas con la oferta real que vamos a tener. La gestión integral del agua requiere instituciones responsables, fondos para el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas y un marco jurídico ejemplar.

Agricultura



Debemos impulsar el necesario cambio de rumbo para que nuestra agricultura entre en la ruta de la sostenibilidad.

La producción y las obras de infraestructura deben seguir una política rural y ambiental común que contribuya a luchar contra el cambio climático, a proteger la biodiversidad y a usar sosteniblemente los recursos.

En agricultura debemos apostarle a alcanzar objetivos múltiples. Son necesarias nuevas inversiones públicas con enfoques agroecológicos para mejorar la seguridad alimentaria, ayudar a los agricultores vulnerables a adaptarse al cambio climático y mitigar los efectos del mismo; orientar las inversiones públicas hacia los vacíos no cubiertos por el sector privado y abordar de manera incluyente las limitaciones institucionales que enfrentan las comunidades indígenas y afrodescendientes y las mujeres agricultoras.

Biodiversidad



Colombia es una de los diez países más biodiversos del mundo y el Valle del Cauca, uno de los departamentos con mayor diversidad biológica de Colombia. Mantener

la diversidad biológica en lo local debe ser una de nuestras metas. Existe una altísima correlación entre la protección del agua y la protección de la diversidad biológica; entonces, si trabajamos para conservar el agua vamos a proteger y a conservar la naturaleza. El 2010 es el Año Internacional de la Biodiversidad. La biodiversidad de una región es el reflejo del patrimonio natural que existe en un área determinada, por eso debemos conservarla como una herencia para las generaciones futuras.

Cambio climático



De las promesas a los hechos. Se trata del mayor reto ambiental, social y económico al que se enfrenta la humanidad. El sector azucarero debe liderar con mayor

ambición una propuesta de reducción de emisiones de gases efecto invernadero e invertir recursos suficientes para mantener un ambiente sano.

Referencias bibliográficas

Worldwatch Institute. 2009. El Cambio climático, historia y contexto. Disponible en <www.worldwatch.org>

Word Wide Fund for Nature (WWF). 2009. El nuevo acuerdo climático, una guía de bolsillo. WWF/Adena, Madrid. Disponible en <www.wwf.co/cambio_climatico/>

Otros documentos recomendados

Tratado climático de Copenhague. Versión 1.0. Propuesta de los miembros de la comunidad de ONG para el Acuerdo de Copenhague. Disponible en <www.wwf.co/cambio_climatico/>

El ABC del cambio climático. 2009. Disponible en <www. minambiente.gov.co/documentos/211209_abc_del_cambio_climatico/>

El cambio climático ¿mito o realidad? Disponible en <www.fundacionroulet.org.ar/Curso_para_Docentes.html>

Siete preguntas y respuestas claves para comprender la cumbre de Copenhague. Disponible en <www.oxfam.org/es/campaigns/climatechange/intro-comenhgue>

Major tipping points in the earth's climate system and consequences for the insurance sector. WWF Deutschland. Disponible en http://assets.wwfspain.panda.org/downloads/informe_completo_puntos_criticos.pdf

Infestaciones en la caña de azúcar en el valle del río Cauca

Acciones para reducir las poblaciones de Diatraea



Hacia mediados de 2009 se registraron incrementos en los niveles del daño causado por este barrenador del tallo, principalmente en cultivos localizados en el centro y el sur del valle. El monitoreo de las poblaciones del insecto y la liberación en el campo de sus enemigos naturales son actividades con una relación costo/beneficio muy favorable para el cultivador de caña. El éxito del control biológico radica en la presencia constante en el campo de los enemigos de la plaga.

Alex Enrique Bustillo Pardey*

Importancia económica de la plaga

Los barrenadores del género *Diatraea* son muy importantes en la agroindustria azucarera en Colombia debido al daño que causan a la caña de azúcar. Estudios recientes (Gómez *et al.*, 2009) indican que las pérdidas económicas por *Diatraea* spp. ascienden a 145 kg de azúcar/ha por cada unidad porcentual de intensidad de infestación en la caña (entrenudos barrenados/entrenudos evaluados x 100), con una disminución estimada en el tonelaje cosechado por hectárea de 0.826% y en la sacarosa (% caña), de 0.038%.

Situación en los ingenios

En junio de 2009 los registros de varios ingenios acerca de los niveles de daño causado por *Diatraea* mostraron que la intensidad de infestación era entre leve y alta, especialmente en cultivos localizados en el centro y el sur del valle del río Cauca.

De acuerdo con la información presentada en el Comité de Sanidad Vegetal de la Caña de Azúcar (ver memorias en <www.cenicana.org/ investigacion/comites/comite_sanidad.php>), hacia mediados del año el Ingenio Manuelita tenía niveles de infestación altos, con promedios entre 4% y 8% para todas las suertes evaluadas, los cuales empezaron a bajar en cuanto se reforzaron las liberaciones de taquínidos, agentes efectivos en el control biológico de la plaga. De igual forma, en la mayoría de las suertes evaluadas por Riopaila-Castilla (planta Castilla) se determinaron niveles de infestación entre 2.5% y 4.0%, aunque algunas llegaban al 6%. En el Ingenio Providencia el promedio era de 3.5% y algunas suertes alcanzaban el 7%, mientras que en Incauca, La Cabaña, María Luisa, Mayagüez y Risaralda el nivel de infestación no superaba el promedio de 1.6%.

Con la situación de la plaga en las zonas azucareras ha resurgido el planteamiento de una estrategia de control biológico conjunta de los ingenios azucareros y Cenicaña.



La especie Diatraea indigenella es más grande y prolífica que Diatraea saccharalis.



^{*} Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Entomólogo de Cenicaña <aebustillo@cenicana.org>

Factores que influyen en el aumento de las poblaciones de *Diatraea*

La fluctuación de las poblaciones de estos barrenadores se debe a varios factores que favorecen su abundancia, como son: las condiciones climáticas, las plantas nectaríferas que ofrecen alimento a la fauna benéfica, la distribución de las especies *D. saccharalis* y *D. indigenella* en las diversas zonas agroecológicas, la edad de cosecha de la caña y algunas prácticas de manejo del cultivo que reducen las poblaciones de los benéficos. Sin embargo, el factor que más influye en el incremento de las poblaciones de *Diatraea* es la falta de liberaciones periódicas de los controladores biológicos en las suertes que lo requieren. Analicemos estos factores:

- Condiciones climáticas. Las condiciones de climas con humedad baja y temperatura alta hacen que los tiempos de desarrollo de los insectos sean más cortos y las poblaciones se incrementen más rápido.
- Plantas nectaríferas. Las plantas nectaríferas son arvenses capaces de producir flores con jugos azucarados y polen que juegan un papel importante en la alimentación de la fauna benéfica. La supervivencia de dichas plantas se puede afectar por periodos secos y también por un afán desmedido de controlarlas en el campo con herbicidas. Esto trae como consecuencia una reducción en la población de parasitoides y por lo tanto un menor control de los barrenadores.

Los néctares de las flores de papunga (*Bidens pilosa*), mango (*Mangifera indica*), cidrón (*Lippia nodiflora*) y el botón de oro (*Acmella oppsitifolia*) sirven de alimento a las moscas taquínidas que atacan las larvas de los barrenadores (Vargas *et al.*, 2006).

Especies de Diatraea. En el valle geográfico del río Cauca se registran dos especies, Diatraea indigenella y Diatraea saccharalis, que atacan la caña de azúcar. Se ha encontrado que D. indigenella domina en la zona central del valle y D. saccharalis, en el norte. En la zona sur las poblaciones de ambas especies ocurren por igual (Gómez y Lastra, 1995). D. indigenella es una especie más grande y por lo tanto es más prolífica; además, se ha observado que los niveles de parasitismo causados por sus controladores biológicos no son tan altos como en D. saccharalis (Ibid), lo que puede explicar la mayor severidad de la plaga en el centro y el sur del valle cuando se descuida su control.

- Edad de cosecha de los cultivos de caña.
 En cañaverales con una edad de cosecha que supera los 13 meses es factible que en las cañas infestadas se produzcan más generaciones del barrenador, lo cual resulta en un incremento de sus poblaciones.
- Prácticas de manejo del cultivo. Entre las prácticas del cultivo que tienen incidencia sobre las poblaciones de Diatraea se pueden señalar la aplicación de insecticidas o el uso de bioestimuladores del crecimiento con características de insecticidas, que reducen las poblaciones de los benéficos; la siembra de variedades susceptibles al ataque de los barrenadores; así como la presencia de lotes cercanos de maíz y sorgo que son huéspedes de estos insectos y albergan poblaciones que pueden migrar a la caña de azúcar.
- Control biológico. Las poblaciones de Diatraea son reguladas por varios enemigos que se encuentran en los cañaverales, como son:
 - Los parasitoides de huevos: Trichogramma exiguum y Telenomus sp.
 - Parasitoides de larvas: moscas Tachinidae, Metagonistylum minense, Paratheresia claripalpis y Jaynesleskia jaynesi, y la avispita Cotesia flavipes (Gómez y Lastra, 1995). También se registra el ataque de patógenos en el estado larvario del protozoario Nosema sp. y el hongo Beauveria bassiana.

Por lo tanto, se debe procurar el mantenimiento del control natural ejercido por todos estos organismos y aprovechar el desarrollo de procesos comerciales de producción masiva del parasitoide de huevos *T. exiguum* y de las moscas *M. minense* y *P. claripalpis* para utilizarlos en el control biológico de los barrenadores. La liberación de los agentes benéficos se debe hacer al menos una vez por ciclo de cultivo en todas las suertes infestadas con *Diatraea*, lo que evitará que las poblaciones de esta plaga se incrementen en niveles que causen daño económico.

Insectos benéficos para el control de Diatraea









Metagonistylum minense

Paratheresia claripalpis

Jaynesleskia jaynesi

Trichogramma exiguum

En el Valle del Cauca hay varios laboratorios comerciales que proveen insumos biológicos, a saber: Productos Biológicos Perkins Ltda., Bioagro, Diatraea Ltda., Agricultura Biológica y Probiol.

Cenicaña recomienda hacer las liberaciones de los benéficos en las cantidades y épocas indicadas en el Cuadro 1, de acuerdo con los niveles de intensidad de infestación determinados al momento de la cosecha de la caña. Con este programa de control es posible mantener niveles de infestación por debajo del 2%, como se puede constatar en los registros de algunos ingenios donde se adoptan rigurosamente estas recomendaciones.

Las especies *P. claripalpis* y *M. minense* se consiguen en el mercado por un costo que puede variar entre \$10,000 y \$15,000 las 15 parejas

por hectárea, según si se liberan en el estado de pupa o en el estado adulto. Para la avispita T. exiguum (50 pulgadas²/ha) el costo es de \$17,000 por hectárea.

Cuadro 1. Programa de control biológico de *Diatraea* spp. con parasitoides. Frecuencia y época de liberación de acuerdo con la intensidad de infestación (Adaptado de Vargas y Gómez, 2005).

Intensidad de infestación*	Número de parasitoides por hectárea y época de liberación según la edad de la caña	
Leve 0.5% a 2.5%	15 parejas de moscas**/hectárea	5 - 7 meses
Alta 2.5% a 4%	15 parejas de moscas/hectárea	5 meses
	50 pulgadas² de <i>Trichogramma</i> ***/hectárea	7 meses
	15 parejas de moscas/hectárea	5 meses
Muy Alta Mayor del 4%	50 pulgadas² de <i>Trichogramma</i> /hectárea	5 meses
	15 parejas de moscas/hectárea	7 meses

- * Intensidad de infestación = (total entrenudos barrenados/total entrenudos evaluados) x 100.
- ** Moscas de los géneros Metagonistylum minense y Paratheresia claripalpis (parasitoides de larvas). Se pueden alternar las especies en cada liberación.
- *** Avispita del género *Trichogramma exiguum* (parasitoide de huevos).







La larva de *Diatraea* perfora un orificio en el tallo de la caña de azúcar por el cual entra y comienza a alimentarse y a formar las galerías típicas que caracterizan su daño. Antes de convertirse en crisálida abre un orificio nuevo para facilitarse, como adulto, la salida del tallo.

Monitoreo de infestaciones de Diatraea

Para tomar decisiones acerca del momento y la cantidad de insectos por liberar es importante hacer el muestreo de tallos en todas las suertes, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Contar con un supervisor para esta labor.
- Tener personal idóneo y preparado para los muestreos.
- Estar seguro de que el daño es causado por barrenadores del género Diatraea.
- Recorrer representativamente las suertes siguiendo un muestreo secuencial en 100 sitios por suerte.
- Hacer uso de las correlaciones de niveles de infestación e intensidad de infestación, evaluaciones en campo y en patio, las cuales permiten ahorrar esfuerzos económicos y de mano de obra en esta actividad.
- Para lograr un mayor cubrimiento con los muestreos en las zonas cañicultoras, se debe procurar que los proveedores de caña los realicen o que en los contratos con los ingenios se estipule esta actividad para ser hecha por el ingenio por un valor pactado.

Cómo realizar el muestreo

Para determinar la infestación de *Diatraea* se ha demostrado (García, 2005) que, independiente del tamaño de la suerte, el número de tallos se puede reducir de 120 a 100, lo que representa un ahorro en tiempo y dinero al disminuir el número de muestras por suerte. El proceso es como sigue:

- Al momento de la cosecha se recorre la suerte siguiendo el sistema de muestreo secuencial (Gómez y Moreno, 1987) y se escogen aleatoriamente 100 tallos, como se muestra en la Figura 1. Cuando la cosecha es manual, los tallos enteros se recogen de las chorras. En el caso de la cosecha mecanizada, el muestreo se hace cortando los tallos de la caña en pie en los surcos despejados por la cosechadora.
- De cada tallo se retira con un machete la corteza de la caña mediante dos cortes longitudinales opuestos, de tal forma que quede visible el interior del tallo a través de dos lados; con esto se busca observar si el tallo presenta daño debido al barrenador.
- Se estima el porcentaje de tallos infestados:
 X = (número de tallos infestados/número total de tallos observados) x 100. Al ser el número total de tallos observados igual a 100, esta estimación es dada simplemente por el registro del número de tallos infestados por suerte.

- Al realizar este muestreo sistemático se puede suponer que si al evaluar el tallo número 60 no se ha encontrado ninguno infestado, se puede suspender el muestreo e indicar que el nivel de infestación en esa suerte es cero.
- Para estimar el porcentaje de entrenudos barrenados (Y) o intensidad de infestación se utiliza la ecuación de regresión: Y = 0.024X + 0.00137X² (Figura 2), en donde X es el porcentaje de tallos infestados con *Diatraea* en la suerte (Vargas *et al.*, 2005).

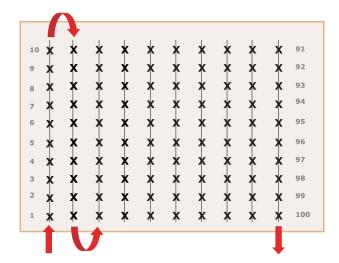


Figura 1. Forma de hacer el muestreo secuencial en una suerte para determinar la infestación por Diatraea spp. mediante el análisis de 100 tallos al azar al momento de la cosecha (Adaptado de: Vargas et al., 2005).

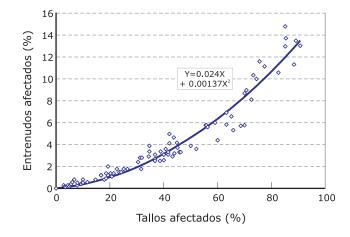


Figura 2. Relación entre el porcentaje de tallos afectados por *Diatraea* spp. y el porcentaje de entrenudos afectados: $Y = 0.024X + 0.00137 X^2 (R^2 = 0.97)$. (Tomado de: Vargas *et al.*, 2005).

 En caso de que la evaluación del porcentaje de entrenudos barrenados de los tallos provenientes de una suerte se haga en el patio de la fábrica, se puede utilizar la ecuación de regresión Y = 0.9789 X (Figura 3), en donde X es el porcentaje de entrenudos barrenados en el patio, mientras Y es el porcentaje en campo (García, 2005). Esta correlación indica que los dos métodos de muestreo proporcionan resultados bastante similares.

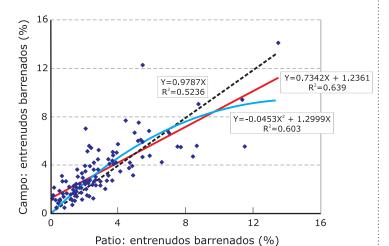


Figura 3. Relación entre la intensidad de infestación de Diatraea spp. en cañas en patio de fábrica y en campo. Evaluaciones en el Ingenio Mayagüez. La ecuación $Y = 0.9787 \ X \ (R^2 = 0.5236)$ que pasa por el origen es la de mejor ajuste. (Tomado de: García, 2005).

Análisis económico del control biológico

La inversión en el control biológico de *Diatraea* tiene una relación costo/beneficio favorable para el cultivador, dado que no sólo se reducen los niveles de infestación sino que a través de un programa permanente se evitan las pérdidas que se presentan cíclicamente cuando éste no se realiza.

En el mercado se pueden conseguir las especies *P. claripalpis* y *M. minense* a un costo (valores estimados de varios laboratorios en pesos colombianos a noviembre de 2009) que puede variar entre \$10,000 y \$15,000 las 15 parejas/ha, según si se liberan en el estado de pupa o en el estado adulto. El costo incluye las moscas y la entrega en el sitio de liberación. Para la avispita *T. exiguum* (50 pulgadas²/ha) el costo es de \$17,000 por hectárea, lo cual incluye la entrega del material en el sitio de liberación.

Si se analizan los daños económicos que el Diatraea ocasiona en la producción, al considerar la reducción de 0.826% en el tonelaje por cada 1% de intensidad de infestación (Gómez et al., 2009) se tiene que con una producción de 120 toneladas de caña por hectárea (TCH) y un daño de 1% se pierde aproximadamente una tonelada de caña (120 TCH \times 0.826 / 100 = 0.99 toneladas) que a precios actuales equivale a \$52,000 (pesos colombianos a noviembre de 2009). La pérdida se puede remediar con la inversión en, por lo menos, una liberación de moscas, lo cual contribuye con una reducción de 1% en el nivel de daño a un costo de \$15,000/ha. Para mantener niveles de infestación de Diatraea por debajo del 2.5% se requiere liberar en todas las suertes al menos 15 parejas de moscas por hectárea.

En el Cuadro 2 se muestra un análisis del costo/beneficio que resulta de tres frecuencias de liberación de benéficos propuestas para conseguir disminución en la intensidad de infestación; para cada combinación de benéficos se muestra el valor de la inversión y el ahorro esperado por las toneladas de caña que se dejan de perder por hectárea al utilizar el control biológico.

Se puede inferir que el control biológico recomendado tiene una relación costo/beneficio muy favorable y que no existen razones de tipo económico para no utilizarlo.

Cuadro 2. Relación costo/beneficio del control biológico de *Diatraea*.

		Relación costo/beneficio del control biológico			
Unidad de I.I. (%) que se busca reducir*	Combinación de liberación de benéficos	Toneladas de caña por hectárea recuperadas	Precio caña (\$/ha)	Costo del control biológico (\$/ha)	Ahorro (\$/ha)
1	15 parejas moscas/ha	1	52,000	15,000	37,000
2	(15 parejas moscas + 50 pulg² <i>Trichogramma</i>)/ha	2	104,000	32,000	72,000
3	(30 parejas moscas + 50 pulg² <i>Trichogramma</i>)/ha	3	156,000	47,000	109,000

^{*} I.I.: intensidad de infestación.

En un cultivo que produce 120 toneladas por hectárea, por cada 1% de intensidad de infestación de Diatraea se pierde aproximadamente una tonelada, que a precios actuales equivale a \$52,000. La pérdida se puede remediar con la inversión en por lo menos una liberación de moscas, la cual contribuye con una reducción de 1% en el nivel de daño a un costo de \$15,000/ha. Para mantener niveles de infestación de Diatraea por debajo del 2.5% se requiere liberar en todas las suertes al menos 15 parejas de moscas/ha por ciclo de cultivo.



Los néctares de las flores de papunga (foto), mango, cidrón y el botón de oro son importantes para mantener insectos benéficos en el campo.

Conclusiones

- La acción más importante para el control de los barrenadores D. saccharalis y D. indigenella es el control biológico con los parasitoides M. minense y P. claripalpis, dirigidos a los estados de larva y complementado cuando se requiera con el parasitoide de huevos T. exiguum.
- Estos controladores biológicos se deben liberar en todas las suertes que muestren infestacion de Diatraea, así ésta se considere baja. El éxito del control biológico radica en la presencia constante en el campo de los enemigos de la plaga.
- La relación costo/beneficio de usar esta tecnología es ampliamente favorable para el cultivador de caña; por lo tanto, su adopción genera una mayor rentabilidad de la actividad productiva.
- Se debe favorecer en los cañaverales la presencia de arvenses no competitivas con el cultivo de la caña, que florezcan y produzcan néctar para la supervivencia de la fauna insectil benéfica.
- Es importante mantener un programa de monitoreo, de manera que se hagan muestreos en todas las suertes, para estar alerta en caso de que los niveles de infestación superen el 2.5% y se requieran refuerzos en el programa de control.
- Cenicaña, ante la solicitud de los ingenios, podrá realizar demostraciones sobre la forma correcta de hacer los muestreos dirigidas al personal encargado de estas labores. También analizará la información que le proporcionen los ingenios, con el objetivo de coordinar estrategias de manejo en zonas donde se presenten niveles de infestación altos. Todo esto se puede canalizar a través de las reuniones periódicas que se realizan con los representantes de los ingenios en el Comité de Sanidad Vegetal de la Caña de Azúcar.

Referencias bibliográficas

- García, V.M. 2005. Comparación de la evaluación en campo y patio de fábrica del daño causado por Diatraea spp. (Lep: Crandidae) en caña de azúcar, en el Ingenio Mayagüez. Trabajo de investigación, Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira), Facultad de Ingeniería Agronómica; Ingenio Mayagüez, Departamento de Entomología y Proveedores. Palmira, Colombia, 45 p.
- Gómez, L.A.; Quintero, E.M.; Jurado, J.A.; Obando, V.; Larrahondo, J.E.; González, A. 2009. Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16 al 18, septiembre 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p.136-143.
- Gómez, L.A.; Lastra, L.A. 1995. Insectos asociados con la caña de azúcar en Colombia. En: El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, p. 237-263. Eds. Cassalett, C.; Torres, J.; Isaacs, C. Cenicaña, Cali, Colombia, 412 p.
- Gómez, L.A.; Moreno, C.A. 1987. Muestreo secuencial del daño causado por Diatraea saccharalis en caña de azúcar. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 2. Memorias. Cali. Colombia. 26 al 28, agosto 1987. Tecnicaña, Cali, Colombia. p.271-283.
- Vargas, G.A.; Obando, V.; Gómez, L.A. 2006. Jaynesleskia jaynesi: otra alternativa para el manejo de Diatraea spp. Carta Trimestral. Cenicaña (Colombia), 28(2): 3-5.
- Vargas, G.A.; Gómez, L.A. 2005. Evaluación del daño de Diatraea spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca. Cenicaña (Colombia), Serie Divulgativa, No.9, 8 p.
- Vargas, G.A.; Obando, V.; Gómez, L.A. 2005. Diagnóstico de la situación de Diatraea spp. en el valle del río Cauca. Carta Trimestral. Cenicaña (Colombia), 27 (3-4): 27-31.

Importancia del agua en la nutrición de los cultivos

Fernando Muñoz Arboleda*

Introducción

De todos los recursos que las especies vegetales necesitan para crecer y desarrollarse el agua es el más abundante y puede ser, también, el más limitante por el gran volumen que una planta debe absorber durante todo su ciclo de vida. No obstante, las plantas sólo conservan aproximadamente el 3% del volumen total del agua que absorben, cantidad que usan en la fotosíntesis y otros procesos metabólicos. El 97% del agua restante, cuya principal función es el transporte de nutrimentos disueltos a través de la planta, asciende desde la raíz hasta la superficie de las hojas, donde es evaporada en forma de transpiración.

Según la vía metabólica que utilizan en el proceso fotosintético de fijación de dióxido de carbono (CO₂), las plantas se clasifican en C3 y C4. Se ha estimado que por cada molécula de CO₂ fijada, las plantas C3 deben absorber, transportar y evaporar hacia la atmósfera aproximadamente 500 moléculas de agua. Las plantas C4, como la caña de azúcar, son más eficientes en el uso del agua y se estima que requieren cerca de 250 moléculas de agua para fijar un molécula de CO₂ (Taiz y Zeiger, 2006). De lo anterior se puede deducir que los desbalances en el flujo de agua a través de la planta, incluso si son pequeños, pueden causar graves problemas en muchos procesos celulares que intervienen en la acumulación de materia seca, parámetro utilizado para estimar la productividad potencial de los cultivos.

El agua en el suelo

El déficit de agua en el suelo es el factor principal que impide que los cultivos alcancen su potencial de productividad. El agua afecta la forma química en la que los nutrimentos se encuentran en el suelo y cuando ocurre un déficit de humedad se disminuye la disponibilidad de aquellos a pesar de que se encuentren en cantidades suficientes. Para que puedan ser absorbidos por la raíz y transportados a través de la planta hacia los lugares donde van a ser metabolizados, los nutrimentos deben estar disueltos en el agua presente en los poros que se forman entre las partículas de suelo, es decir, en la solución del suelo, en la cual el agua actúa como solvente y los nutrimentos actúan como soluto.

La cantidad de lluvia y su distribución en el tiempo en un sitio o región determinados pueden permitir que se alcancen rendimientos óptimos en los cultivos o pueden impedirlo. Así, los factores que más limitan la productividad ocurren cuando el volumen de agua debido a la lluvia o por irrigación es menor al requerimiento del cultivo, o cuando se tiene poca disponibilidad de agua en los momentos de demanda máxima en combinación con suelos con baja capacidad para retener la humedad en forma disponible. De la misma forma, en suelos con baja capacidad para evacuar los excesos de agua se puede afectar la productividad, incluso tan negativamente como ocurre cuando el agua disponible es deficitaria.

Aunque el contenido total de agua en un suelo sea muy alto, el agua disponible para el cultivo siempre es menor debido a que el agua aprovechable es la que se encuentra entre los puntos de capacidad de campo y marchitez permanente. Se define como capacidad de campo el contenido de agua del suelo cuando ésta ha sido drenada por efecto de la fuerza gravitacional; para determinar la capacidad de campo se mide la cantidad de agua retenida cuando se le aplica al suelo una succión de 1/3 de la presión atmosférica. La definición física del punto de marchitez permanente es el contenido de humedad de un suelo sometido a una succión de 15 atmósferas. Biológicamente, el punto de marchitez se define como el contenido de humedad a partir del cual una planta ya no se recupera del daño por deficiencia de agua, a pesar de que se le aplique riego.

La capacidad de un suelo para retener agua disponible para las plantas depende principalmente de la textura del suelo. En general, los suelos arcillosos pueden retener mayor cantidad de humedad que los suelos livianos o arenosos. El agua se mueve a través del suelo principalmente por el flujo masal generado por los gradientes de presión en la masa de suelo. De esta forma el agua se mueve desde regiones de alto contenido de humedad, donde hay macroporos llenos de agua, hacia regiones de menor contenido de humedad, donde solo hay agua en poros de menor tamaño. A medida que la planta absorbe el agua del suelo, cerca de la superficie de la raíz se crea una zona donde el potencial osmótico es bajo, con lo cual se genera un flujo masal de agua proveniente de regiones del suelo cercanas y con mayor potencial osmótico.

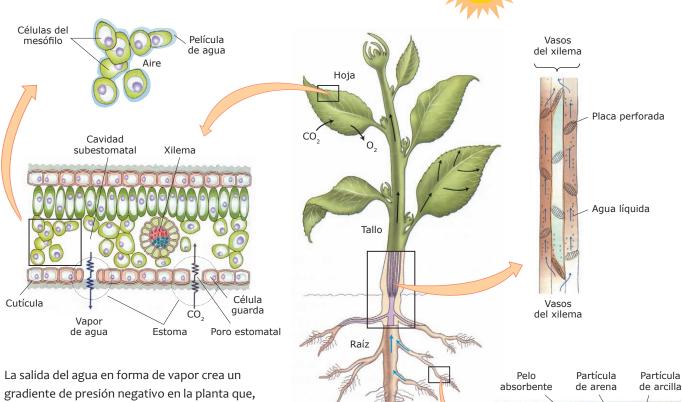
^{*} Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Edafógo de Cenicaña <fmunoz@cenicana.org>

Movimiento del agua desde el suelo hasta las hojas

Para lograr una absorción de agua efectiva debe existir un buen contacto entre la superficie de la raíz y el suelo. El área de contacto se maximiza a medida que crecen los pelos absorbentes, los cuales penetran entre las partículas de suelo. Los pelos absorbentes son extensiones de las células epidérmicas de la raíz que contribuyen a incrementar la superficie radicular y la capacidad para absorber iones y agua del suelo. Se ha encontrado que la superficie de los pelos absorbentes puede representar hasta el 60% del total del área de la superficie radicular (Taiz y Zeiger, 2006). El agua

entra en la planta principalmente por la zona más cercana al ápice de las raíces, donde todavía no se ha desarrollado la capa de células llamada exodermis que contiene materiales hidrofóbicos como la suberina, la cual se acumula en las regiones más viejas de la raíz y la hace relativamente impermeable (Kramer y Boyer, 1995).

Durante el día la planta actúa como una eficiente bomba de succión que toma agua con sales disueltas (solución del suelo) a través de la raíz y expulsa vapor de agua a través de las hojas



H₂O

La salida del agua en forma de vapor crea un gradiente de presión negativo en la planta que, en combinación con el efecto de capilaridad en el xilema, permite llevar el agua con nutrientes disueltos desde la raíz hasta las hojas. Así, la fuerza que causa la entrada de la solución del suelo a la planta proviene de la transpiración del vapor de agua a través de los estomas abiertos que se encuentran en la superficie de las hojas.

Ilustración y textos adaptados de Taiz y Zeiger (eds.) 2006. A medida que la raíz absorbe agua del suelo, el agua aprovechable (regiones azul claro, con flechas) disminuye y la solución del suelo queda confinada muy cerca de las partículas de suelo donde la tensión es mayor y es más difícil para la raíz absorberla (azul más intenso).

Aire

Agua

Para poder ser absorbidos, los nutrimentos deben estar disueltos en el agua existente en los poros que se forman entre las partículas de suelo. La presencia y solubilidad de los elementos minerales necesarios para el desarrollo de las plantas son factores determinantes para que la planta alcance la suficiencia de uno o más nutrimentos o para que sufra la deficiencia de ellos. Así mismo, cuando un elemento mineral está presente en gran cantidad y se encuentra disponible en la solución del suelo, se pueden presentar problemas de toxicidad.

Las hojas son el principal centro de actividad fotosintética de la planta. Para llegar a las hojas, el agua con nutrimentos disueltos debe atravesar diferentes medios (pared celular, citoplasma, membranas y espacios porosos), de forma que utiliza mecanismos de transporte según el medio; entre los mecanismos principales están la difusión molecular (transporte rápido en distancias cortas pero extremadamente lento en distancias largas) y el flujo masal (muy rápido en distancias largas).

Durante el día la planta actúa como una eficiente bomba de succión que toma el agua con sales disueltas (solución del suelo) a través de la raíz y expulsa vapor de agua a través de las hojas. La salida del agua en forma de vapor crea un gradiente de presión negativo en la planta que, en combinación con el efecto de capilaridad en el xilema, permite llevar el agua con nutrientes disueltos desde la raíz hasta las hojas. Así, la fuerza que causa la entrada de la solución del suelo a la planta proviene de la transpiración del vapor de agua a través de los estomas abiertos que se encuentran en la superficie de las hojas (ver ilustración en página anterior).

Los estomas poseen dos células llamadas células guardas que actúan como una válvula que permite el intercambio gaseoso entre la hoja y la atmósfera. En estudios recientes se ha encontrado que los estomas son estructuras tan especializadas que pueden ser activadas por diferentes mecanismos; son los casos de la concentración de potasio que abre los estomas en las mañanas y la concentración de sacarosa, encargada de mantenerlos abiertos el resto del día mientras la planta realiza sus procesos de fotosíntesis (Talbot y Zeiger, 1998). Cuando los estomas se encuentran abiertos, el aire que entra a la hoja evapora la película de agua que cubre las células del mesófilo y entonces se produce la presión hidrostática negativa que genera la succión necesaria para que el agua que se encuentra en el xilema ascienda hacia las hojas; por lo tanto, durante la noche, cuando los estomas se cierran, se detienen la traspiración y la entrada de agua a la planta.

En condiciones de alta humedad relativa del aire, cuando la planta no está transpirando se puede presentar un fenómeno conocido como presión de raíz que ocurre por la acumulación de iones que generan

presión hidrostática positiva en el xilema. Dicha presión origina el fenómeno de gutación que se observa temprano en la mañana en forma de gotas en los bordes de las hojas en algunas especies de plantas. Esas gotas llamadas comúnmente gotas de rocío son, en realidad, gotas de savia, la cual es exudada a través de poros especializados denominados hidátodos.

Efecto del agua en los nutrimentos del suelo

El déficit de humedad del suelo disminuye la disponibilidad de los nutrimentos a pesar de que se encuentren en cantidades suficientes. Las plantas requieren que los nutrimentos se encuentren disueltos en la solución del suelo para que éstos puedan ser absorbidos y translocados hasta los lugares donde van a ser metabolizados. El exceso de agua o el déficit en la zona radicular afectan la forma química en la que están presentes los nutrimentos en el suelo.

El nitrógeno es el nutrimento que más limita la producción de los cultivos de especies no leguminosas. La caña de azúcar, al ser una gramínea, depende del nitrógeno proveniente de la mineralización de la materia orgánica del suelo y de los fertilizantes aplicados como complemento del nitrógeno disponible en la materia orgánica. El nitrógeno es absorbido por las plantas en la forma química de amonio (catión) o en forma de nitrato (anión) y el efecto biológico de absorberlo de una forma u otra puede afectar el desempeño fisiológico y la productividad de los cultivos. Se ha encontrado que en general las plantas requieren una combinación de ambas formas de nitrógeno, aunque la tendencia es que se requiere una mayor proporción de nitrato que de amonio.

La forma predominante del nitrógeno en el suelo depende principalmente del contenido de humedad del suelo. Es así como en suelos con aireación limitada por exceso de humedad se restringe la nitrificación (paso de amonio a nitrato), debido a que este proceso es realizado por bacterias aeróbicas exclusivas. De acuerdo con lo anterior se puede afirmar que la caña de azúcar requiere suelos bien aireados para tener una nutrición nitrogenada balanceada en términos de la relación nitrato/amonio, que permitan alcanzar el rendimiento potencial del cultivo. También, que los suelos con exceso de humedad disminuyen fuertemente la productividad de los cultivos de caña de azúcar.

Referencias bibliográficas

Kramer, P.J. y Boyer, J.S. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, San Diego, CA. 325 p.

Taiz, L. y Zeiger, E. (Eds.) 2006. Plant physiology. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, MS. 764 p.

Talbot, L. D. y Zeiger, E. 1998. The role of sucrose in guard cell osmoregulation. Journal of Experimental Botany, 49: 329-337.

Diversidad genética y perfil molecular de las variedades registradas en el banco de germoplasma de Cenicaña

Jershon López Gerena, Eliana Macea Choperena, Jorge Ignacio Victoria K.*

Introducción

Por diversidad genética se entiende la variación de los genes en cada especie, en poblaciones determinadas o en los individuos de una población. La diversidad genética representa la variación heredable en los organismos y cumple la función de mantener un reservorio de variabilidad genética que permita la adaptación y la supervivencia de las especies en respuesta al medio externo.

En el caso de las especies de interés agronómico, como la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), la importancia de la diversidad genética está dada por las oportunidades que ofrece para el mejoramiento genético de las variedades cultivadas y por el aprovechamiento que los agricultores hacen de tales variedades. En el programa de mejoramiento genético de Cenicaña se buscan variedades que muestren adaptabilidad a condiciones agroecológicas específicas, que pueden ser adversas, lo cual debe reflejarse en los resultados de productividad y rentabilidad.

Cenicaña posee un banco de germoplasma compuesto por 1305 variedades, el 54% desarrolladas con germoplasma colombiano y el 46% originarias de distintas localidades y programas de mejoramiento del mundo. Con base en este recurso genético el Centro adelanta procesos de selección de variedades mediante la caracterización morfológica y agronómica de los genotipos en el campo y el uso de marcadores moleculares de ADN (ácido desoxirribonucleico) como los microsatélites.

Los microsatélites y otros marcadores de ADN han sido utilizados con éxito en la identificación de germoplasma, su clasificación y el mantenimiento de colecciones, así como en la selección de progenitores, la distinción varietal, la introgresión de caracteres deseados y las pruebas de paternidad (Lee, 1995). El uso de marcadores moleculares es de costo bajo y tiene la garantía de que los resultados no están influenciados por el medio ambiente (marcadores neutrales); se basa en la amplificación del ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), con lo cual es posible identificar bandas o alelos dominantes y codominantes en el ADN de las variedades. Muchos marcadores microsatélites han sido desarrollados para el análisis de diferentes cultivos, incluida la caña de azúcar (Cordeiro *et al.*, 1999 y 2000). Cenicaña posee actualmente 3500 microsatélites, obtenidos a través de su participación en el Consorcio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar (ICSB, por su sigla en inglés) (Ming y Qingyi, 2008).

En este documento se presenta un resumen del análisis molecular del ADN de las variedades del banco de germoplasma de Cenicaña con cuatro marcadores microsatélites, realizado con el fin de determinar la diversidad genética existente en el banco de germoplasma y obtener la huella o perfil molecular de cada variedad. Este conocimiento aporta criterios de decisión en el proceso de mejoramiento genético, principalmente en las etapas de selección de progenitores y predicción de híbridos.

Materiales y métodos

De acuerdo con los objetivos propuestos se utilizaron cuatro marcadores moleculares microsatélites (CV 29, CV 37, CV 38 y CIR 43) para analizar el ADN de 1305 variedades de caña de azúcar que componen el banco de germoplasma de Cenicaña. Los pasos metodológicos para el efecto se indican a continuación.



Resultados preliminares y conclusiones finales de los proyectos de investigación científica y tecnológica de Cenicaña

Biólogo, Ph.D., Biotecnólogo <jlopez@cenicana.org>; Joven Investigadora (vinculada a Cenicaña nov.2008-may. 2009); Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Director del Programa de Variedades <jivictoria@cenicana.org>. Todos de Cenicaña.

Extracción del ADN, cuantificación y dilución

- Extracción: se tomaron tres gramos de tejido del cogollo de cada variedad y se les extrajo el ADN por el método de Gilberston y colaboradores (1991).
- Cuantificación: mediante visualización en geles de agarosa al 1% teñidos con bromuro de etidio se calculó la concentración de ADN de cada variedad utilizando valores conocidos de ADN Lambda de 50 ng/ul, 100 ng/ul y 150 ng/ul.
- Dilución: para su posterior amplificación, el ADN de cada variedad fue diluido a una concentración final de 5 ng/ul.

Amplificación del ADN y obtención del perfil (huella) molecular

- Amplificación: el ADN diluido de cada variedad fue amplificado mediante PCR (reacción en cadena de la polimerasa) utilizando cuatro marcadores moleculares de ADN (microsatélites CIR 43, CV 29, CV 37 y CV 38).
- Obtención del perfil molecular: cinco microlitros del ADN amplificado fueron dispuestos en geles denaturantes de poliacrilamida al 5% y 7M de urea, sometidos a 2500 V, 100 W durante una hora y luego teñidos con nitrato de plata, con el fin de revelar las bandas generadas por cada microsatélite. El peso molecular (pares de bases, pb) de cada banda (alelo) se calculó con referencia a un patrón conocido de 30-330 pb y bandas definidas cada 10 pb. La huella o perfil molecular de cada variedad indica el peso molecular de las bandas o alelos presentes y su contenido de información polimórfica (PIC, por su sigla en inglés).

Análisis de la diversidad genética en el banco de germoplasma

- Análisis de la distancia genética: con los datos del perfil molecular se estimó el índice de similitud de Dice y se elaboraron diagramas de similitud genética y dendogramas para observar la distancia genética entre las variedades; se usaron para el efecto la opción Jaccard y el método algorítmico UPGMA incluidos en el programa NTSYSpc (Rohlf, 1994).
- Análisis de componentes principales: a partir de la información molecular generada por el microsatélite CV 29 se estimó el índice de similitud de Dice y se elaboraron diagramas de similitud genética en dos y tres dimensiones (2D y 3D), con el fin de precisar el conocimiento acerca de la diversidad genética de las variedades que conforman el banco de germoplasma de Cenicaña.

Resultados y discusión

Un total de 1305 variedades registradas en el banco de germoplasma de Cenicaña fueron caracterizadas en su perfil molecular de acuerdo con el peso molecular de las bandas o alelos revelados mediante el uso de los cuatro marcadores microsatélites utilizados en el estudio. El análisis de la diversidad permitió conformar grupos de variedades de acuerdo con su similitud o distancia genética.

Los resultados contribuyen a la conservación y el conocimiento del recurso genético registrado en Colombia en relación con la caña de azúcar, Saccharum spp. Además de servir en la selección de las variedades para cruzamientos dirigidos, los resultados del perfil molecular son útiles para identificar posibles duplicados en el banco de germoplasma, individuos provenientes de autofecundaciones, el padre de individuos provenientes de policruzamientos, híbridos intraespecíficos e inter-específicos y las variedades de caña de azúcar en un cultivo.

Banco de ADN



El ADN de cada variedad fue colocado por duplicado en tubos crioviales de 2 ml que luego se acomodaron en cajas de plástico. Una copia será almacenada en nitrógeno líquido (-196 °C) en el laboratorio del Instituto

Alexander Von Humboldt ubicado en las instalaciones del Centro Internacional de Agricultura Tropical, Ciat, en Palmira; la otra copia se encuentra almacenada en un congelador (-80 °C) en el Laboratorio de Biotecnología de Cenicaña, en la Estación Experimental de San Antonio de los Caballeros en Florida. Ambos laboratorios están localizados en el departamento del Valle del Cauca en Colombia. Este ADN puede ser utilizado en ensayos de identidad molecular y de diversidad genética.

Perfil molecular

Se analizaron los alelos generados por los microsatélites y su contenido de información polimórfica. En total se observaron 58 alelos, de los cuales 56 (98%) fueron polimórficos; esto confirmó la alta ploidía y la heterocigosidad existentes en las variedades analizadas.

El perfil molecular de los alelos mostró diferencias en cuanto al peso molecular, entre 88 pb con CV 29 y 202 pb con CV 38 (Figura 1). Los microsatélites CV 29, CV 37 y CV 38 fueron muy polimórficos y según Maccheroni y colaboradores (2009) estos marcadores ofrecen la posibilidad de diferenciar una variedad de caña de azúcar en una población de 10 millones. El microsatélite CIR 43 fue empleado antes en un estudio

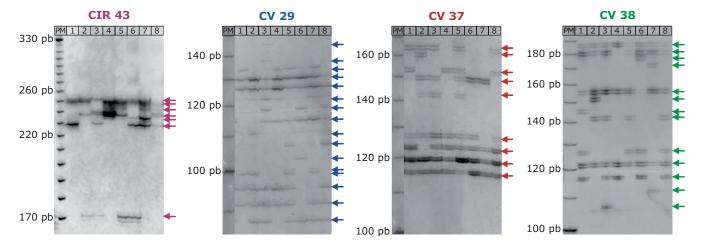


Figura 1. Perfil molecular de ocho variedades obtenido con cuatro microsatélites. MP es el marcador de peso molecular entre 30 pb y 330 bp.

de diversidad genética en el que se analizaron 136 variedades de Cenicaña y permitió discriminar sólo el 60% de las variedades (Espinosa, 2008).

La información de las variedades se registró en una matriz binaria (1: presencia de alelos; 0: ausencia) en Microsoft® Office Excel, con el fin de conformar una base de datos del banco de germoplasma que permita identificar las variedades por su perfil o huella molecular.

Para el análisis de la diversidad alélica se midió el contenido de información polimórfica (PIC), a partir del cual un marcador puede distinguir dos alelos tomados al azar de una población en estudio. Con los cuatro microsatélites los valores del PIC fueron altos en la mayoría de los loci evaluados, razón por la cual estos microsatélites se consideran apropiados para el estudio de la diversidad genética de las variedades del banco de germoplasma.

El número de alelos polimórficos generados con la amplificación del ADN de las 1305 variedades del banco de germoplasma se presenta en el Cuadro 1 para cada microsatélite utilizado, junto con la media del PIC correspondiente.

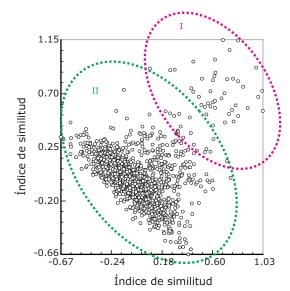
Cuadro 1. Análisis de 1305 variedades del banco de germoplasma de Cenicaña con cuatro microsatélites.

Marcador molecular (microsatélite)	Alelos polimórficos observados (No.)	Contenido de información polimórfica ¹ (PIC)
CV 38	19	0.92
CV 29	15	0.92
CV 37	12	0.89
CIR 43	10	0.90

^{1.} Media de todos los loci polimórficos con cada microsatélite.

Similitud genética y agrupamiento

Análisis del índice de similitud de Dice con cuatro microsatélites. De acuerdo con el índice de similitud de Dice, en el banco de germoplasma se identificaron dos grupos de variedades que representan el 8% y el 92% de la población total. El Grupo I, más pequeño y con distancias genéticas entre 0.2 y 0.45, se dividió en nueve subgrupos. Por su parte, el 92% de las variedades del Grupo II mostraron una similitud genética muy estrecha, con distancias entre 0.45 y 1.0, de manera que no se formaron subgrupos (Figura 2).



Grupo	Distancia genética	Subgrupos	Variedades del banco de germoplasma (%)
Grupo I*	0.20 - 0.45	9	8
Grupo II	0.45 - 1.00	0	92

^{*} Incluye variedades importadas de diferentes países.

Figura 2. Análisis de la similitud genética de 1305 variedades analizadas con cuatro marcadores moleculares. La variabilidad genética entre grupos es pequeña.

La cercanía genética entre las variedades se debe a que muchas de ellas tienen progenitores comunes; por ejemplo, las variedades ICA 70 34 e ICA 70 36 tienen una similitud genética de 1.0, lo cual se explica porque estas variedades tienen ambos progenitores en común. En el Grupo II se encuentran la mayoría de variedades Cenicaña Colombia (CC) registradas en el banco de germoplasma.

Análisis del índice de similitud de Dice con el microsatélite CV 29. En este análisis se observaron dos niveles de corte. Las variedades del primer nivel mostraron un valor aproximado de similitud genética de 0.20, lo cual llevó a que se formaran nueve subgrupos muy distantes genéticamente; en este nivel se encuentran variedades que en la agrupación general se ubicaron en el Grupo I, como ICA 69-16 y CC Col 119 de Colombia y Ja 60-9 de Cuba. El segundo nivel presentó una similitud genética de 0.45 aproximadamente; se formaron muchos grupos, uno de ellos integrado sólo por la variedad NA 73-2596.

Análisis de componentes principales de la similitud genética con el microsatélite CV 29. El análisis de componentes principales mostró cuatro grupos de variedades definidos por su similitud genética (Figura 3). En el Grupo IV se encuentran las variedades con las distancias genéticas más amplias, como por ejemplo 1248 (Guam A), 851 (ICA 70-25), 869 (ICA 70-9), 418 (CC Col-199), 1245 (SP 86-155). Se recomienda tener en cuenta estas variedades en los grupos élite de progenitores para los cruzamientos del programa de mejoramiento genético de Cenicaña. En los tres grupos restantes existe poca variabilidad genética entre las variedades. El análisis mostró además que las variedades importadas registradas en el banco tienden a ser similares desde el punto de vista genético, según el índice de similitud de Dice.

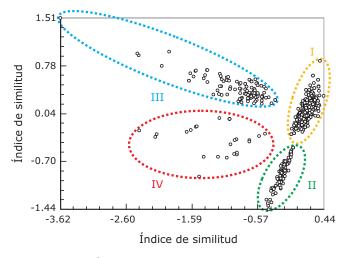


Figura 3. Análisis de componentes principales de la similitud genética de 1305 variedades analizadas con el microsatélite CV 29.

Conclusiones

- Utilizando cuatro marcadores microsatélites fue posible obtener la huella o perfil molecular de 1305 variedades del banco de germoplasma de Cenicaña.
- Se determinó la distancia genética entre las variedades y con el uso de cuatro marcadores microsatélites se diferenciaron dos grupos de variedades.
- Utilizando la información de un solo marcador, el CV 29, fue posible diferenciar cuatro grupos principales de variedades, algunas de las cuales pueden ser utilizadas dentro y fuera de cada grupo como posibles progenitores para ampliar la base genética del banco de germoplasma.
- A partir del análisis de similitud genética se pueden establecer criterios para ampliar la base genética disponible en el banco de germoplasma y para la selección de progenitores portadores de características agronómicas deseables.

Referencias bibliográficas

- Cordeiro, G.M.; Maguire, T.L.; Edwards, K.J.; Henry, R.J. 1999.

 Optimization of a microsatellite enrechment technique in
 Saccharum spp. Plant Molecular Biology Reporter, 17: 225229.
- Cordeiro, G.M.; Taylor, G.O.; Henry, R.J. 2000. Characterization of microsatellite markers from sugarcane (*Saccharum* spp.) a highly polyploid species. Plant Science, 155: 161-168.
- Espinosa P., K. 2008. Evaluación de la diversidad genética de 136 variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) usando microsatélites. Cenicaña, Cali, Colombia. 32 p. (Documento de trabajo, no.624)
- Gilberston, R.; Rojas, M.; Rusell, D.; Maxell, D. 1991. Use of asymmetric polymerase chain reaction and DNA sequencing to determine genetic variability of bean golden mosaic geminivirus in the Dominican Republic. Journal of General Virology, 72: 2843-2848.
- Lee, M. 1995. DNA markers and plant breeding programs. Adv. Agron., 55: 265-334.
- Maccheroni, W.; Jordao, H.; De Gaspari, R.; De Moura, G.L.; Matsuoka, S. 2009. Development of a dependable microsatellite-based fingerprinting system for sugarcane. Sugar Cane Int. 27:47-52
- Ming, R., and Qingyi Yu, 2008. Construction of high density genetic maps of S. officinarum (2N=80) and S. robustum (2N=80) for genome sequencing and marker-assisted selection.

 Full-proposal submitted to the International Consortium for Sugarcane Biotechnology. Revised following the November 2007 business meeting. Disponible en http://www.icsb-online.org/main/proposals/ICSB-Sugarcane%20mapping-proposal_revised%202-01-08.pdf consultado 5/10/2009
- Rohlf, F.J. 1994. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 1.80. Applied Biostatiscs. Inc. N.Y.

Contribución de los cruzamientos hechos en México en el proceso de obtención de variedades Cenicaña Colombia

Carlos A. Viveros V.*; Diosdado Baena G.**; Alberto Palma Z.*; Freddy A. Salazar V.*;

Jorge I. Victoria K.*; Carlos Flores R.*** y Hernando Ranjel J.*

Conceptos básicos

Para obtener una variedad de caña de azúcar se requiere eficacia en el proceso de mejoramiento genético. El primer paso es controlar la recombinación genética entre las variedades de mejor comportamiento fitosanitario y agronómico, de forma que se consiga la complementariedad de genes que expresen algunas características fundamentales como alta sacarosa (% caña), alta biomasa (% caña) y resistencia a enfermedades; es deseable que los nuevos genotipos se caractericen además por su deshoje natural o el porte erecto de sus tallos, para mencionar sólo algunos aspectos. El segundo paso es seleccionar los mejores individuos, es decir aquellos que muestren de forma consistente su adaptación en las zonas agroecológicas donde son evaluados.

Con este objetivo, el Programa de Variedades de Cenicaña hace selección de clones aptos para las zonas secassemisecas, húmedas y de piedemonte, en sitios representativos de las principales condiciones productivas que tienen lugar en el valle del río Cauca.

A continuación se explican los conceptos básicos relacionados con la formación de grupos de variedades élite para los cruzamientos y la obtención de la semilla requerida para la selección de los mejores clones. Se destaca la contribución que ha significado en estos procesos la cooperación del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (C.I.D.C.A.) gracias al convenio establecido entre Cenicaña y la Cámara de las Industrias Azucarera y Alcoholera de México, con el objeto de realizar cruzamientos en la Estación de Hibridación ubicada en Tapachula, estado de Chiapas.

Producción de inflorescencias y fotoperíodo

La flor es el órgano reproductivo de la planta en donde se producen los granos de polen y los óvulos que intervienen en un cruzamiento. En la caña de azúcar, las flores se agrupan en una inflorescencia que botánicamente se denomina panícula. La producción de inflorescencias es regulada por factores como la madurez de la planta, su estado nutricional, la temperatura mínima nocturna, la humedad del suelo y principalmente, en particular en el caso de la caña de azúcar, el número de horas luz o fotoperíodo.



En la caña de azúcar las flores se agrupan en una inflorescencia que botánicamente se denomina panícula.





Estación de Hibridación del CIDCA en Tapachula, México.

^{*} Respectivamente: Ingeniero agrónomo, M.Sc., Fitomejorador <cavivero@cenicana.org>; Matemático, M.Sc., Biometrista <aepalma@cenicana.org>; Ingeniero agrónomo, Ph.D., Fitomejorador <fsalazar@cenicana.org>; Ingeniero agrónomo, Ph.D., Director Programa de Variedades; Ingeniero agrónomo, Ph.D., fitomejorador vinculado con Cenicaña entre 1980 y 2008. Todos de Cenicaña.

^{**} Ingeniero agrónomo, Ph.D., docente de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

^{***} Ingeniero agrónomo, Ph.D., Director del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar. México.

El fotoperíodo es la cantidad de horas de luz que las plantas reciben durante su ciclo de vida. La longitud de un día en unidades de horas de luz depende de la ubicación geográfica del sitio con respecto a la línea del Ecuador (latitud). En un ciclo de cultivo de caña de azúcar se requiere inicialmente días largos y que las horas de luz vayan disminuyendo en forma gradual hasta finalizar con días cortos o lo que es igual, noches largas.

Para conseguir la inducción de inflorescencias, los tallos de la caña de azúcar deben pasar del estado vegetativo al reproductivo. Este cambio es indeseable en las variedades de caña que se siembran para la producción comercial, debido a que el crecimiento de los tallos cesa para dar lugar a la formación de las inflorescencias, lo que conlleva disminuciones significativas en la producción del cultivo.

En el proceso de mejoramiento genético de Cenicaña es indispensable la producción de flores con polen viable para cumplir el objetivo de obtención de nuevas variedades. El objetivo se puede ver limitado debido a que el fotoperíodo en el valle del río Cauca no permite la floración natural, lo cual restringe el uso potencial de las nuevas variedades Cenicaña Colombia como progenitores para cruzamientos.

Selección de progenitores y control de cruzamientos

El avance en el proceso de mejoramiento vegetal depende, en gran parte, del recurso genético disponible. De acuerdo con la experiencia de Cenicaña, los resultados se han visto limitados por los bajos porcentajes de floración obtenidos en condiciones naturales, por lo cual el Centro realiza experimentos de fotoperíodo con el objetivo de estimular los procesos fisiológicos necesarios para la producción de inflorescencias en variedades de caña de azúcar que no florecen naturalmente en las condiciones del valle del río Cauca. Los estudios de fotoperíodo se realizan tanto en la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros (EESA) como en la Estación de Hibridación del CIDCA en Tapachula.

El control de los cruzamientos dirigidos que tendrán lugar en la EESA en Colombia o en el CIDCA en México se realiza todos los años mediante la conformación de grupos de variedades élite con características de interés, con el fin de seleccionar los progenitores que deben intervenir en cada cruzamiento según los objetivos del mejoramiento genético (variedades para zonas secas-semisecas, húmedas y de piedemonte). A partir de 2007, el uso de programas de simulación y selección incorporados en el Sistema de Información de Variedades (SIVAR) ha permitido mejorar la selección de padres de alto valor reproductivo, dando como resultado una mayor eficacia en el proceso de obtención de variedades.

El producto de cada cruzamiento es la semilla formada en la inflorescencia femenina. El procedimiento para obtener la semilla es el siguiente: se siembran las variedades élites pertenecientes a los grupos de cruzamientos y los tallos que inducen floración se acodan. Los tallos florecidos y acodados son cortados y llevados a las cámaras de cruzamientos en donde se procede a determinar el sexo mediante la tinción de los granos de polen; cuando el 20% o más de los granos de polen son viables la flor es macho y cuando este valor es inferior al 20% la flor es hembra. Los tallos florecidos seleccionados como progenitores se colocan en faroles o compartimientos separados para evitar la contaminación con polen extraño. Al término de 30 días se cosecha la semilla de la inflorescencia femenina, se limpia y se almacena a -20°C hasta el momento de ser utilizada.

Las estaciones de cruzamientos

Por su ubicación geográfica, la EESA y el CIDCA tienen un fotoperíodo natural diferente, lo cual implica que en Colombia se requiere una infraestructura especializada para inducir la floración de la caña mediante tratamientos de luz artificial, mientras que en México se puede lograr de forma natural.

La ubicación de las estaciones determina las condiciones climatológicas de cada sitio y la longitud del fotoperíodo en los distintos meses. En comparación con la EESA, en la estación del CIDCA el fotoperíodo en un año es mayor y las condiciones de luz durante el día inducen la floración natural en la mayoría de las variedades aptas que allí se encuentran (Figura 1).

En el CIDCA se tiene una colección de 3496 variedades de caña de diferentes países, incluyendo las que conforman los grupos élite de interés de Cenicaña para cruzamientos: 81 variedades (progenitores) para zonas húmedas y 124 para zonas secas-semisecas.

En el año 2006 se hicieron evaluaciones para determinar el porcentaje de floración natural en ambas localidades. En la estación de México el 71% de las variedades enviadas por Cenicaña florecieron, mientras que en la EESA sólo entre el 31% y el 34% de las variedades evaluadas produjo inflorescencias.

Contribución de los cruzamientos hechos en México

En el periodo 2002-2008 en la estación del CIDCA se realizaron 1706 cruzamientos con variedades llevadas por Cenicaña (Figura 2), a partir de los cuales se sembraron aproximadamente 600 mil plántulas en experimentos para la selección de los mejores clones.

El mayor aporte del convenio con México está dado por la incorporación de variedades élite de alto valor reproductivo que no florecen naturalmente en la EESA.

Estaciones de cruzamientos ubicación, clima y fotoperíodo



12:00

11:30

Μ

Α

Mes

Ubicación y climatología	CIDCA	Cenicaña
Latitud Norte	14° 57'	3° 23'
Longitud Oeste	92° 10'	76° 19'
Altitud (msnm)	366	1020
Temperatura media anual (°C)	25.1	23.3
Temp. máxima media (°C)	30.9	29.3
Temp. mínima media (°C)	19.3	15.1.3
Temp. máxima absoluta (°C)	38.8	35.9
Temp. mínima absoluta (°C)	10.0	13.3
Precipit. media anual (mm)	4496	1137

La longitud de un día en unidades de horas de luz

depende de la ubicación geográfica del sitio con respecto a la línea del Ecuador (latitud).

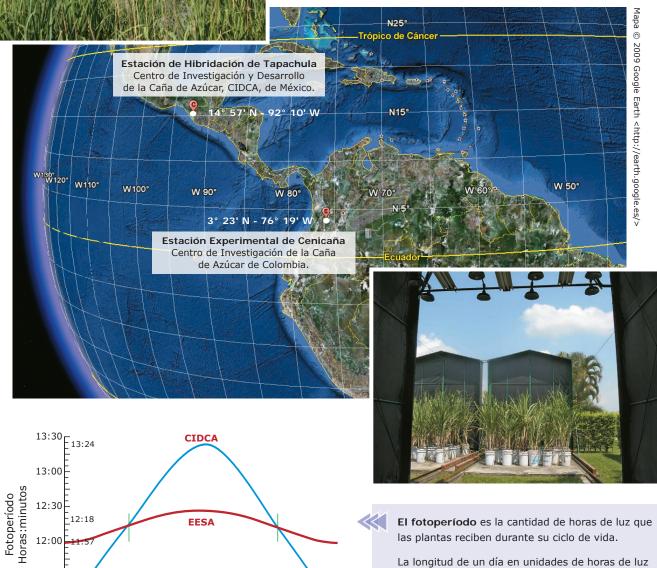


Figura 1. Ubicación geográfica, variables climatológicas y fotoperíodo en la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros, Colombia, y en la Estación de Hibridación de Tapachula del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) en México.

0

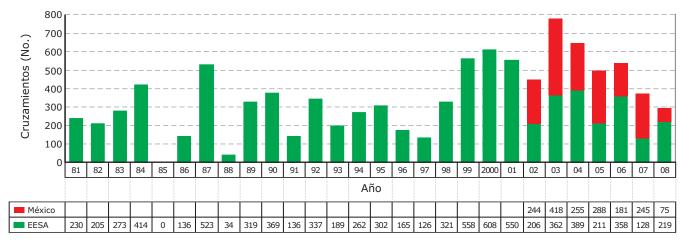


Figura 2. Número de cruzamientos realizados por el Programa de Variedades de Cenicaña entre 1981 y 2008 en la Estación Experimental de San Antonio (EESA) y en la Estación de Hibridación del CIDCA en México.

Como resultado de la cooperación fortalecida por más de seis años de trabajo conjunto, las posibilidades de obtener variedades para las zonas agroecológicas del valle del río Cauca han aumentado en tanto se han logrado cruzamientos que en el pasado no era posible realizar por la falta de flores.

Selección de clones para las zonas húmedas

En las zonas húmedas del valle del río Cauca se lleva a cabo un proceso específico de selección de clones, similar a los que tienen lugar en las zonas secas-semisecas y del piedemonte. El objetivo en las zonas húmedas es obtener variedades mejores que el testigo, con 15% más tonelaje y 5% más sacarosa (% caña). La selección para zonas húmedas comenzó con los experimentos en campo correspondientes al Estado I de la Serie 96. Hasta la Serie 04 se utilizaron exclusivamente los cruzamientos hechos en la EESA y para establecer el Estado I de la Serie 05 se contó además con la progenie de cruzamientos realizados en México. Durante el período 2003-2008, en el CIDCA se realizaron 380 cruzamientos con las variedades del grupo élite para zonas húmedas, entre los que se destacan 63 cruzamientos con la CC 85-92 como progenitor.

Estado I de la Serie 09. La cosecha de este experimento se realizó en septiembre de 2009. Para la selección de las mejores familias se calculó el índice de selección ponderado estimado (ISPE), compuesto por las variables sacarosa (% caña), altura de tallos y población. En la estimación del ISPE de cada familia se multiplicó la sacarosa (% caña) por 0.3, la altura por 0.5 y la población por 0.2 como valores de ponderación. Los cruzamientos evaluados fueron superiores al testigo CC 85-92 con respecto al ISPE, la sacarosa (% caña) y la altura de los tallos, e inferiores en cuanto a la población, lo cual es deseable pues las poblaciones altas, aunque aumentan la sacarosa (% caña), reducen el tonelaje (Viveros et. al., 2008). Con los cruzamientos hechos en México se tuvo la tendencia hacia mayores valores del ISPE y la altura en comparación con los cruzamientos realizados en la EESA. En esta Serie 09 se seleccionaron los cruzamientos con ISPE mayor que 0.20, valor superior al obtenido por el

testigo CC 85-92. Con base en el ISPE se seleccionaron 35 cruzamientos de un total de 104; tres fueron hechos en Colombia y 32, en México. Al momento de la selección individual en campo se tuvo en cuenta la resistencia a las enfermedades de importancia económica, el porcentaje de floración y el porte agronómico de los diferentes genotipos; se seleccionaron 150 clones, de los cuales 17 provienen de cruzamientos hechos en la EESA y 133, de cruzamientos hechos en México.

Selección recurrente por sacarosa (% caña)

Este proceso se inició en 2005 con la selección y recombinación de cien variedades de alto contenido de sacarosa utilizadas como progenitores, entre ellas variedades Cenicaña Colombia (CC) y del banco de germoplasma del CIDCA. Tendrá una duración de cinco ciclos. En junio de 2007, en la EESA se hizo la evaluación del primer ciclo de selección conformado por una población de 2628 clones pertenecientes a 52 familias; la media de sacarosa (% caña) fue 11.69%. En esta población se estimó que el 40% de la varianza fenotípica observada corresponde a efectos genéticos heredados de los padres. De esta población se seleccionaron los cien clones de mayor contenido de sacarosa, que representan a 31 familias, los cuales tuvieron una media de sacarosa de 12.52%, en un rango entre 11.86% y 14.32%. Las familias seleccionadas en este primer ciclo representan el 44% del total de familias evaluadas; el porcentaje de clones seleccionados en toda la población fue de 3.8%.

Los cien clones seleccionados serán enviados al CIDCA para seguir con ellos el segundo ciclo de selección recurrente. Con la recombinación de los clones seleccionados se espera que en el segundo ciclo la ganancia genética supere en 0.33% la media de la población inicial, pasando de 11.69% a 11.99%.

Referencia bibliográfica

Viveros, C.A.; Palma, A.; López, L.O. y Victoria, J.I. 2008. Características agronómicas de la caña de azúcar asociadas con las toneladas de caña por hectárea (TCH) y la sacarosa (% caña). Carta Trimestral. 30, 3 y 4 (jul.-dic.): 10-14.

Índice operacional para cuantificar el desempeño energético de una estación de evaporación en un ingenio azucarero

Jairo Moreno Lemos; Carlos A. Aquirre; Edgar Fernando Castillo M.; Jorge Iván Socarras; Sara Peredo*

Introducción

El proceso de evaporación es la operación que consume la mayor cantidad de vapor de escape y lo distribuye para el consumo energético de una planta de azúcar; toda la energía contenida en el vapor de escape que proviene de las turbinas de accionamiento mecánico es distribuida e integrada hacia los efectos posteriores y hacia otros usuarios, como tachos y calentamientos de jugo; por esto el balance energético de una planta azucarera dependerá en gran medida de la eficiencia del tren de evaporación. Normalmente, para evaluar el comportamiento del tren de evaporación se realizan balances de materia y energía, cuya precisión depende en gran medida de la calidad de los instrumentos de monitoreo y registro con que se cuente en cada ingenio. En otros casos, el desempeño se cuantifica registrando variables como nivel y concentración de sólidos (° Brix) a la salida de cada cuerpo.

En este trabajo se presenta una metodología alternativa para evaluar la eficiencia energética en cada efecto del tren de evaporación, la cual incluye la definición de un nuevo índice operacional basado principalmente en las dimensiones geométricas del evaporador, la presión del vapor de escape y la temperatura del cuerpo. Este nuevo índice ha sido calculado y probado durante la operación típica en estaciones

de evaporación de ingenios colombianos y ha mostrado ser confiable para reproducir las condiciones de incrustación y de pérdida de coeficiente de transferencia de calor en los equipos de transferencia de calor.

Eficiencia energética en una estación de evaporación

El objetivo de esta fase del proceso es lograr concentrar jugo que entra aproximadamente entre 13° y 17° Brix, hasta 61°-69° Brix cuando sale del último efecto. La operación de evaporación consiste en una serie de efectos, los cuales utilizan el vapor de escape para agotar al máximo su energía. Un efecto lo conforma un grupo de evaporadores que utilizan el mismo vapor de calentamiento para concentrar jugo. La Figura 1 muestra una estación de evaporación en la cual el primer efecto lo conforman los dos primeros cuerpos, debido a que utilizan el vapor de escape como fuente energética para calentar el jugo, mientras que el segundo efecto lo conforma solamente el tercer cuerpo ya que utiliza como fuente de calentamiento los vapores generados por los dos cuerpos del primer efecto, y así sucesivamente. Normalmente al vapor de primer efecto se le realizan extracciones que son utilizadas para tachos y calentamiento segundario, mientras que los vapores de segundo efecto se utilizan para calentamiento primario.

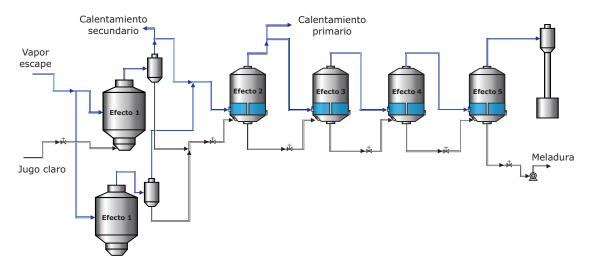


Figura 1. Estación de evaporación típica en un ingenio colombiano. Las líneas azules representan flujos de vapor mientras y las de color negro, jugo).

^{*} Ingeniero Químico, Investigador temporal <jmoreno@cenicana.org>; Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecánico <caaguirre@cenicana.org>; Ingeniero Químico Ph.D., Director Programa Procesos de fábrica <efcastillo@cenicana.org>; Ingeniero Químico, Ingeniero Químico Químico <jisocarras@cenicana.org>; Química, Química <spereddo@cenicana.org>. Todos de Cenicaña.

Para calcular la eficiencia y el desempeño operacional de los equipos de evaporación existen varios parámetros. Los más conocidos son:

- Economía: Representa la cantidad de agua evaporada que se produce por cada unidad de masa de vapor utilizada.
- Coeficiente de evaporación: Vapor producido por unidad de área instalada.
- Coeficiente de transferencia de calor: Energía transferida por unidad de área por delta de temperatura.
- Eficiencia del área de evaporación (Espinosa y Carrillo, 1984).

En este artículo se presenta un parámetro novedoso para conocer el desempeño energético de una operación de evaporación en un ingenio azucarero, ya sea para un equipo o para toda la estación de evaporación; adicionalmente se puede determinar el tiempo de limpieza de los equipos. Este parámetro se denomina índice de desempeño energético (IDEE). El uso de este índice permite valorar periódicamente el estado físico de las superficies metálicas de los intercambiadores de calor de los evaporadores de una manera indirecta, de forma que se puedan prever las operaciones de desincrustación y limpieza necesarias para contribuir con la eficiencia energética en una estación de evaporación de una fábrica de azúcar. La incrustación se presenta de manera irreversible en todas las fábricas donde se elabora azúcar a partir de jugos de caña, puesto que los jugos presentan contenidos altos de no-azúcares solubles que, en el momento de elevar la temperatura hasta alcanzar la correspondiente a su punto de ebullición, se separan del líquido y se depositan en la superficie del metal como una capa sólida inerte, fuertemente adherida y cementada.

Es importante resaltar cómo la eficiencia energética de un evaporador está relacionada directamente con el nivel de las incrustaciones y con los días de operación de los equipos. Cuanto mayor sea el número de días de operación continua del evaporador, mayor será la incrustación presente y será menos eficiente la transferencia de calor, por lo que se requerirá más vapor de escape por cada unidad másica de jugo para mantener la misma concentración de sólidos de la meladura final.

El parámetro operacional más afectado por el fenómeno de la incrustación de un evaporador es el coeficiente de transferencia de calor. Por este motivo, es posible encontrar en la literatura científica y tecnológica varias correlaciones funcionales de este coeficiente en función del tiempo de operación del tren de evaporación (Cárdenas y Ruiz Roberto, 1995; Guo et al., 1983; Hugot, 1986). En el año

2008, el Programa de Fábrica de Cenicaña encontró que la disminución del coeficiente de intercambio de calor en los evaporadores seguía un comportamiento exponencial, así:

$$U = U_{max} \times e^{-\alpha xt} \tag{1}$$

Donde,

 $U_{\text{máx}}$ = Coeficiente de transferencia de calor calculado para equipos limpios (W/m².K)

 α = Coeficiente de decrecimiento, adimensional.

t = Tiempo de operación (días)

Esta ecuación ha sido validada en el sector azucarero colombiano, donde se ha comprobado que el período medio de duración de la corrida operacional de un tren de evaporación típico es de quince días. Sin embargo, existe una dificultad intrínseca para el cálculo rápido de este coeficiente, puesto que esta labor implica el seguimiento y registro de las variables macroscópicas de operación (presión, temperatura, nivel y concentración de sólidos) y realizar los correspondientes balances de materia y energía (Rosero, 2008).

Indice de desempeño energético en el tren de evaporación (IDEE)

El índice de desempeño energético en el tren de evaporación (IDEE) está diseñado para cuantificar la eficiencia en el uso del vapor de escape en una estación de evaporación de un ingenio azucarero. El IDEE se define como:

$$I_{IDEE} = \frac{(\Delta Bx)(FI_{In})}{P_E A_T}$$
 (2)

Donde:

 ΔBx = Delta de Brix entre la entrada y la salida de la serie como porcentaje (°Brix)

 FI_{In} = Flujo entrando a la serie (kg/h)

P_E = Presión manométrica del vapor de calentamiento entrando a la serie (Kpas)

 $A_{T} = \text{ Área total de la serie (m}^2)$

En otras palabras, este índice representa la razón de flujo de jugo por unidad de energía y por unidad de área instalada necesaria para obtener el cambio deseado en la concentración de sólidos. Cuanto mayor sea el valor del IDEE, más eficiente será la estación de evaporación y viceversa. En la medida que el nivel de incrustación sobre la superficie metálica de los intercambiadores de calor aumente, el coeficiente de transferencia de calor (U) disminuirá, tal y como

se representa por la ecuación 1. Este índice tiene en cuenta el tiempo de residencia del jugo sobre la estación o el equipo (Flujo/Área). El efecto en el aumento de la temperatura del jugo que entra a la estación se detecta con el término de la diferencia de Brix; finalmente, la presión da la sensibilidad de la energía utilizada para la operación.

Debido a que el IDEE es afectado por las mismas variables de operación en el proceso de evaporación, deberá presentar el mismo comportamiento a través del tiempo que el coeficiente de transferencia de calor. Pero a diferencia de este último, para el cálculo del IDEE se necesitan variables que se pueden obtener de forma rápida.

De esta manera, con el cálculo periodico del IDEE se puede obtener una expresión experimental con tendencia exponencial y determinar el coeficiente de decrecimiento. Éste a su vez puede ser utilizado en la Ecuación 1, trazando una curva con decrecimiento exponencial para el coeficiente global de transferencia de calor. Así, puede obtenerse un método alternativo para la determinación del tiempo de incrustación que limita la operación continua de la fábrica de azúcar.

Casos de estudio

La metodología propuesta fue usada para calcular el IDEE en dos ingenios azucareros colombianos durante un período de dos meses:

- Ingenio A: Esta fábrica produce sólo azúcar, con una capacidad de molienda de 4000 toneladas de caña por día. Maneja un quíntuple efecto en la estación de evaporación, con una presión del vapor de escape de 22 psig en promedio. La limpieza de los equipos de evaporación se realiza cada 15 días, razón por la cual la fábrica para totalmente por mantenimiento.
- Ingenio B: Esta fábrica produce azúcar y etanol, con una capacidad de molienda de 7500 toneladas de caña por día. El tren de evaporación corresponde a un quíntuple efecto. La concentración de sólidos en la meladura es de aproximadamente 62° Brix. Posee un sistema de válvulas TJ que permite sacar de línea equipos de evaporación de manera individual para efectuar labores de limpieza, sin tener que detener la operación de todo el tren de evaporación.

Además de los seguimientos realizados en estos dos ingenios, se evaluó el IDEE en cinco ingenios con valores promedio de las variables involucradas en el cálculo.

Resultados

En el Ingenio A se realizó un seguimiento para calcular el comportamiento del coeficiente de transferencia de calor en los diferentes cuerpos de la estación de evaporación. Durante este seguimiento se encontraron condiciones operacionales que hacían ineficiente la estación. El programa de Fábrica de Cenicaña propuso al ingenio realizar una serie de cambios en la estación de evaporación y realizar un segundo seguimiento para observar el desempeño después de las modificaciones. Con base en este trabajo se tomaron los datos de proceso y se realizó el cálculo del IDEE.

La Figura 2 muestra el comportamiento del IDEE para dos corridas. Durante el día 5 se realizaron las modificaciones propuestas. En la primera corrida, el índice disminuyó hasta cuando se realizaron las modificaciones, a partir de las cuales el índice aumentó y volvió a estabilizarse durante el día 7. En la segunda corrida se tuvieron valores del índice mayores que en la primera; al comparar los dos períodos se observa la gran incidencia que tuvieron las modificaciones desde el punto de vista de la transferencia de calor, a través de IDEE. En el Cuadro 1 se muestran los IDEE para cada una de las corridas cuando los equipos se encontraban limpios. El aumento de este índice respecto al valor calculado en la primera corrida fue del 20.85%.

En el Ingenio B se obtuvo el valor de los coeficientes de transferencia (U) para los diferentes equipos de transferencia, utilizando la correlación de la Ecuación 1. Los coeficientes de decrecimiento para cada uno de los efectos, calculados a partir del comportamiento del U en el tiempo, se muestran en el Cuadro 2. A partir de los datos de proceso se

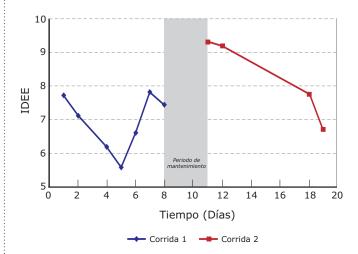


Figura 2. Comportamiento de IDEE en función del tiempo durante dos corridas. Tren de evaporación del Ingenio B.

hizo el cálculo para el comportamiento del IDEE en función del tiempo y se correlacionó con un modelo exponencial para obtener un coeficiente de decrecimiento. La desviación con respecto al valor calculado por el método del U es menor del 15% para todos los valores calculados.

En la Figura 3 se presentan los valores obtenidos para el IDEE en cinco ingenios de la región; estos valores se obtuvieron con datos promedio tomados directamente de los ingenios. Según la figura, un valor para el IDEE por encima de 12 unidades representa una estación de evaporación en unas condiciones buenas de operación y de aprovechamiento del vapor.

Cuadro 1. IDEE para las dos corridas realizadas en el ingenio A, cuando todos los equipos se encontraban limpios (iniciando la operación).

Corrida	IDEE
1	7.72
2	9.33

Cuadro 2. Parámetros para obtener el comportamiento del coeficiente de transferencia (U) en función del tiempo, en el Ingenio B.

Efecto	U para superficies limpias	α por el método del coeficiente de transferencia (U)	α por el método del IDEE
1	2642	0.0253	0.0275
2	2308	0.0259	0.0274
3	1982	0.0275	0.0257
4	1593	0.0314	0.0306
5	836	0.1234	0.1387

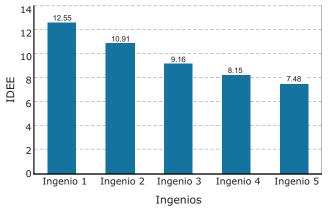


Figura 3. Índices de desempeño IDEE hallados por el Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña en cinco ingenios colombianos, 2009.orridas. Tren de evaporación del Ingenio B.

Conclusiones

- A diferencia del coeficiente de transferencia de calor, el IDEE puede ser calculado directamente con variables de operación que constantemente son monitoreadas en un ingenio azucarero. De esta manera, el IDEE puede ser asimilado por los sistemas de control y automatización de los ingenios para conocer en línea y en tiempo real el estado de las superficies calefactoras utilizadas en un tren de evaporación.
- Se desarrolló un método de estimación del coeficiente de decrecimiento que arroja valores para este parámetro con una desviación estándar menor de 10% con respecto al obtenido por el método de transferencia de calor tradicional.
- Un valor para el índice de desempeño energético IDEE por encima de las 12 unidades representa una estación de evaporación en condiciones apropiadas de diseño y operación, y valores por debajo de las 7 unidades indican que el comportamiento de la estación es ineficiente.

Referencias bibliográficas

Cárdenas G. y Ruiz Roberto M. 1995. Influencia del ensuciamiento en el coeficiente global de transferencia de calor en evaporadores. International Sugar Journal. 97, 1164. (Diciembre): 649-658.

Espinosa R. y Carrillo M.J, 1984. Sistemas de utilización de calor. Pueblos y educación. Ciudad de México. pag. 77.

Guo S.Y.; White E.T. y Wright P.G. 1983. Heat transfer coefficients for natural circulation evaporators. p. 237-244. En:
 1983 Conference of Australian Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Mackay, Australia. 18-22 abril,
 1983. Watson Ferguson and Company. Brisbane, Australia.

Hugot, E. 1986. Manual del ingeniero azucarero. Elsevier. Amsterdam. Pag 397.

Rosero, L.F. 2008. Evaluación experimental y modelamiento teórico de evaporadores típicos de ingenios azucareros colombianos. Tesis Ingeniería Mecánica. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería Cali, Colombia. pp. 80.

Avances en el estudio del comportamiento de una levadura alcoholera comercial en ingenios duales colombianos

Zunny Tatiana Daza M*; Jorge A. Vásquez*; Jorge I. Socarrás*; Oscar Mora*; Luisa Martínez*;

Deisci Barrientos*; Fabiola Legarda**; Luz Marina Chávez**; Edgar F. Castillo*.

Introducción

En el proceso de producción de etanol carburante en Colombia se utilizan principalmente como sustratos la miel B y el jugo clarificado, los cuales provienen de las fábricas de azúcar. Estos materiales contienen altas concentraciones de azúcares que se consumen debido a la actividad metabólica de microorganismos y que son convertidos en otros productos de interés industrial como el etanol.

Para la producción de etanol a escala industrial se utiliza la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, especie biológica que presenta dos tipos de comportamiento de acuerdo con el nivel de suministro de aire durante el proceso. El primer comportamiento se denomina metabolismo aerobio o respiración (también llamado propagación), en el cual el microorganismo aumenta su población mediante reproducción y genera biomasa y dióxido de carbono; el segundo se conoce como metabolismo anaerobio (o fermentación), en el cual se producen etanol, dióxido de carbono y biomasa en menor proporción.

El rendimiento en la etapa de fermentación se basa en el grado de conversión de los azúcares a etanol por parte de la levadura (medidos como Azúcares Reductores Totales, ART). Una de las variables de producción más importantes es el contenido de etanol en el volumen final de mezcla metabolizada que sale de los fermentadores (vino). El rendimiento en etanol es función de los requerimientos necesarios para propiciar eficientemente la actividad metabólica de la levadura. Estos requerimientos comprenden las concentraciones óptimas de nutrientes (carbono, fósforo), la temperatura y el pH. Las variaciones de los niveles óptimos de los parámetros anteriores pueden dar lugar al llamado estrés de la levadura, el cual ocasiona una reducción en el consumo de azúcares o bien desvía el flujo metabólico hacia otros compuestos diferentes al etanol, causando con ello una disminución en el rendimiento económico de la producción.

El conocimiento acerca del desempeño metabólico de las levaduras utilizadas industrialmente proporciona herramientas para mejorar el control de los procesos en las destilerías y las fábricas. En este artículo se muestran algunos resultados experimentales relacionados con estudios preliminares de la cinética de crecimiento de una cepa de levadura comercial utilizada en la producción de etanol carburante en el Ingenio Mayagüez S.A. y suministrada a Cenicaña con fines de investigación.



Observaciones concretas relacionadas con los procesos de investigación en marcha

^{*} Respectivamente: Microbióloga Industrial, Microbióloga Industrial <tdaza@cenicana.org>; Bacteriólogo M.Sc., Investigador en Biotecnología <javasquez@cenicana.org>; Ingeniero Químico, Ingeniero Químico, <jisocarras@cenicana.org>; Microbiólogo Industrial, Investigador en Microbiología <omora@cenicana.org>; Microbióloga Industrial (estuvo vinculada con Cenicaña entre julio de 2008 y julio de 2009 como estudiante, Universidad Javeriana, en desarrollo de trabajo de grado); Ingeniera Química, estuvo vinculada con Cenicaña entre enero de 2005 y abril de 2008 como Ingeniera Química; Ingeniero Químico Ph.D., Director Programa de Fábrica <efcastillo@cenicana.org>. Todos de Cenicaña.

^{**} Respectivamente: Ingeniera Química, Directora de la Planta de Alcohol del Ingenio Mayagüez <falegarda@ ingeniomayaguez.com>; Estudiante de Ingeniería Química de la Universidad del Valle vinculada con el Ingenio Mayagüez S.A.

Metodología experimental

Se presentan a continuación los lineamientos generales de la metodología experimental en las etapas de propagación y fermentación de la levadura comercial.

Etapa de propagación

Para realizar la curva de crecimiento se utilizó uno de los reactores de 10 litros de la planta piloto ubicada en el laboratorio de la destilería del Ingenio Mayagüez. Se tomó como sustrato el material proveniente del tanque T-124 (tanque de mezcla de los materiales miel B y jugo claro) de la planta de etanol y se ajustó a una concentración de ART de 10% (w/v). El pH se ajustó a 4.5 utilizando una solución de H₂SO₄ 14 N. Esta mezcla se esterilizó en autoclave durante 20 minutos a 1.034 bar (15 psig).

Un volumen de 400 mL de esta mezcla esterilizada se tomó como base para obtener el preinóculo a partir de un cultivo de la levadura en medio agar YGC®. La levadura y el medio se incubaron durante 16 horas a 30 °C con agitación constante. Posteriormente el preinóculo se adicionó a un volumen de 3600 mL de la mezcla esterilizada y ésta se sometió a un período de incubación de 24 horas a 30 °C con agitación e inyección de aire. Para el seguimiento del crecimiento de la levadura en esta etapa se tomaron muestras individuales de 100 mL cada dos horas, con el objeto de efectuar los análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

El conteo de levaduras se realizó mediante la técnica llamada "Conteo de levaduras viables con cámara de Neubauer mejorada utilizando azul de metileno al 1%" (Procedimientos PRAJ F-3 y F-4); los análisis de azúcares se realizaron mediante la técnica de Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (HPLC, sigla en inglés) (Procedimiento PRAJ G-1) y los de concentración de etanol (%, v/v), mediante la técnica de densitometría (Procedimiento PRAJ D-3). Todos los análisis descritos se realizaron en el laboratorio del Ingenio Mayagüez.

Etapa de fermentación

La evaluación del comportamiento en fermentación de la levadura alcoholera comercial se realizó en el equipo biorreactor y fermentador BIOFLO® 110 de la casa comercial New Brunswick Scientific adquirido por Cenicaña.

Para esta prueba se tomó como materia prima la miel B proveniente de la planta de azúcar del Ingenio Mayagüez y se ajustó a una concentración de ART de 12% (w/v). El pH se ajustó a 4.5 utilizando una solución de $\rm H_2SO_4$ 14 N; a este medio se adicionó DAP (fosfato diamónico) para lograr una concentración de amino nitrógeno libre FAN (*Free Amonium Nitrogen*) de 300 mg/L.

Un volumen de 1600 mL de esta mezcla esterilizada se tomó como base para obtener el inóculo a partir de un cultivo de la levadura en medio agar YGC®. La levadura y el medio se incubaron durante 16 horas a 30 °C con agitación constante. Posteriormente este preinóculo se adicionó a un volumen de 6400 mL de la mezcla esterilizada y ésta se sometió a un proceso de fermentación de 24 horas a 30 °C con agitación y controles de temperatura y pH. Para el seguimiento del crecimiento de la levadura en esta etapa se tomaron muestras individuales de 100 mL cada dos horas, con el objeto de efectuar los análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

El conteo de levaduras se realizó mediante la técnica Conteo de Levaduras Viables; los análisis de azúcares y etanol se realizaron mediante la técnica de HPLC en el Laboratorio de Análisis de Caña de Cenicaña.

Resultados y discusión

Etapa de propagación

En el proceso de producción de etanol, específicamente en la fase de propagación, el crecimiento microbiano sigue un patrón de reacción por lotes (reactor discontinuo), ya que un medio de cultivo se inocula inicialmente con un número determinado de células y no se adiciona ningún tipo nuevo de célula ni una cantidad adicional de azúcares durante el proceso. De esta manera se lleva a cabo una secuencia de eventos característicos conocida como ciclo celular, en la cual la población microbiana crece en número al seguir una serie de etapas, entre las cuales se destacan la fase de adaptación (que se presentó durante las dos primeras horas), la fase de crecimiento exponencial (entre las horas 2 y 10) y la fase estacionaria (a partir de la hora 10) cuando cesa el crecimiento microbiano (Scragg, 2000). Este crecimiento se encuentra inversamente relacionado con la concentración de azúcares en el medio (Figura 1).

Los azúcares totales presentes en las materias primas provenientes de la fábrica de azúcar están compuestos principalmente por sacarosa, glucosa y fructosa. Se puede observar que la sacarosa es consumida gradualmente con el tiempo a medida que avanza el proceso de propagación (Figura 2). En el caso de la glucosa, ésta se mantiene constante durante las primeras 6 horas de proceso, por lo cual cabe afirmar que la velocidad de consumo de glucosa en este período es igual a la velocidad de generación de la misma a partir de la inversión de la sacarosa.

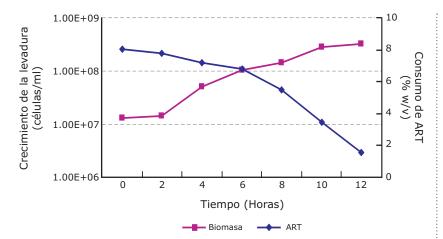


Figura 1. Crecimiento de una levadura comercial y consumo de ART (azúcares reductores totales) en la etapa de propagación.

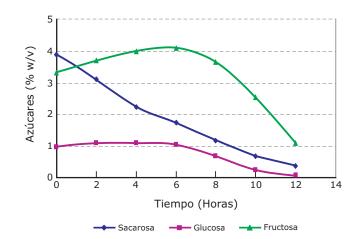


Figura 2. Concentración de azúcares en la etapa de propagación de una levadura comercial.

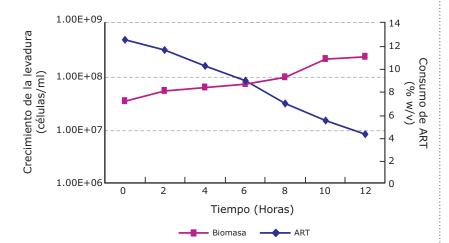


Figura 3. Crecimiento de una levadura comercial y consumo de ART en la etapa de fermentación.

Situación contraria ocurre con la fructosa, que durante las primeras 6 horas se acumula en el medio, lo cual sugiere que su velocidad de consumo es inferior a su velocidad de generación. El consumo de fructosa se acelera a partir de la sexta hora de propagación. Varios autores (Guillaume et al., 2007; Santos et al., 2008) han reportado este fenómeno y sus causas aún no son conocidas. La concentración de fructosa se incrementa durante las primeras horas de la propagación; consecuentemente, la fructosa llega a ser el principal azúcar presente en las etapas finales del proceso y las levaduras tienen que consumirla en estas condiciones de "no preferencia" y con las altas concentraciones de etanol en esta etapa. El estrés de las levaduras asociado a estas condiciones de operación genera un desbalance nutricional que conlleva un estancamiento en la fermentación.

A pesar de que las diferencias entre la velocidad de consumo de glucosa y fructosa durante la etapa de propagación no están completamente establecidas (*Op. cit.*), existen indicios de una asociación entre el transporte a través de la membrana celular de la levadura y el complejo enzimático involucrado en el metabolismo más rápido de la glucosa; el ingreso de hexosas a la célula se encuentra influenciado por una familia de compuestos químicos llamados "transportadores específicos", los cuales presentan mayor afinidad por la glucosa.

Etapa de fermentación

Al igual que en la etapa de propagación, en la fermentación el crecimiento celular está ligado al consumo de azúcares. No obstante, en esta etapa la fase de adaptación fue casi nula puesto que desde la hora 0 la población celular presentó la fase de crecimiento exponencial. Durante toda la fermentación el consumo de azúcares mostró una tendencia a ser constante a medida que avanzó el tiempo de reacción, a diferencia de lo ocurrido en la etapa de propagación, cuando este consumo se aceleró a partir de la hora 6 (Figura 3). Esto sugiere que en la etapa de propagación la levadura en estudio dirige su consumo energético y su metabolismo hacia la producción del complejo enzimático que posteriormente, en la etapa de fermentación, posibilita su máxima expresión cinética para la producción de etanol. En otras palabras, una alta eficiencia en la fermentación etanólica será función directa del resultado operacional del reactor de propagación de levaduras.

La concentración de glucosa disminuyó a través de la fermentación, lo cual indica que la velocidad de consumo es mayor a la velocidad de generación de este azúcar a partir de la inversión de la sacarosa. En el caso de la fructosa, prácticamente su concentración permaneció constante durante las primeras 6 horas, lo cual indica que la velocidad de generación y la de consumo fueron iguales (Figura 4).

En cuanto a la producción de etanol durante las etapas de propagación y fermentación, la mayor producción de etanol ocurrió en condiciones anaerobias (fermentación), con concentraciones de 6.23% (v/v) a las 12 horas (Figura 5) y de 9.11% (v/v) a las 24 horas, cuando el sustrato se había agotado por completo. De esta manera se alcanzó una eficiencia en producción de etanol del 92%. En condiciones aerobias, la concentración de etanol alcanzó valores de 3.6% (v/v) a las 12 horas, siendo ésta la producción máxima. Este fenómeno se debe a un mecanismo metabólico presente en levaduras como Saccharomyces cerevisiae, llamado "Efecto Crabtree", que se presenta cuando existen altas concentraciones externas de glucosa, lo cual impide a la célula el consumo de oxígeno y ocasiona un metabolismo fermentativo (Piskur et al., 2006).

El crecimiento celular, como se señaló anteriormente, es mayor cuando en el medio hay una alta disponibilidad de oxígeno, lo cual garantiza un metabolismo aerobio que favorece la formación de biomasa (Figura 6). La velocidad de crecimiento (µ) de la población de células en la etapa de propagación fue de 0.38 hora-1, mientras que en la etapa de fermentación fue de 0.1 hora-1. Esto indica que en condiciones aerobias la levadura tarda 1.8 horas para duplicar su población, mientras que en condiciones anaerobias tarda 7.1 horas.

Las correlaciones obtenidas para las velocidades de crecimiento en las etapas de propagación y fermentación fueron:

Propagación:

$$Ln\frac{X}{Xo} = 0.3848(t) - 0.4216$$
 R²: 0.9266

Fermentación:

$$Ln \frac{X}{XO} = 0.0968(t) - 0.2366$$
 R²: 0.9737

Donde *Ln X/Xo* corresponde al logaritmo natural de la población (X) respecto a la población inicial (Xo).

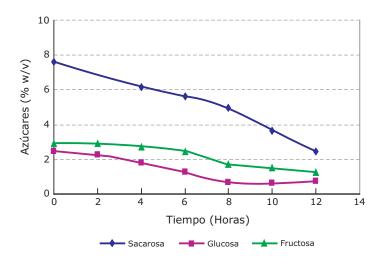


Figura 4. Concentración de azúcares en la etapa de fermentación de una levadura comercial.

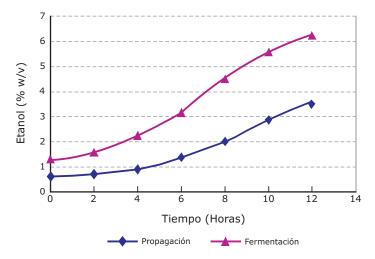


Figura 5. Producción de etanol de una levadura comercial en fermentación por lotes.

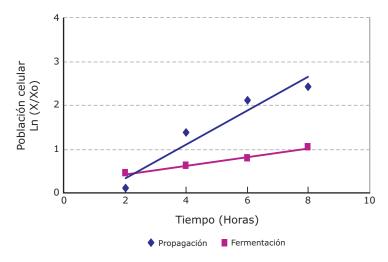


Figura 6. Velocidades de crecimiento de una levadura comercial en condiciones aeróbicas y anaeróbicas.

En este artículo se muestran algunos resultados experimentales relacionados con estudios preliminares de la cinética de crecimiento de una cepa de levadura comercial utilizada en la producción de

Mayagüez S.A. y suministrada a Cenicaña con fines de investigación.

etanol carburante en el Ingenio

Conclusiones

Es evidente que el comportamiento cinético, metabólico y operacional de la levadura comercial es fundamentalmente diferente en las etapas de propagación y de fermentación, lo que demuestra el carácter facultativo (comportamiento aeróbico y anaeróbico) de esta especie microbiana.

Durante el proceso de propagación se presentó una mayor velocidad de crecimiento (0.3 hora⁻¹) con respecto a la obtenida durante la fermentación (0.1 hora⁻¹), lo cual generó una mayor población celular al final de esa etapa.

En la etapa de fermentación se produjeron concentraciones de etanol de 6.23% (v/v) luego de 12 horas de proceso, mientras que durante la propagación sólo se obtuvieron contenidos de etanol de 3.6% (v/v) en el mismo lapso de tiempo.

Se evidenció la mayor afinidad de la levadura por consumir primero la glucosa y luego la fructosa en ambas etapas experimentales, efecto que fue mayor durante la propagación. Sin embargo, debe señalarse que se desconoce todavía la velocidad específica de inversión de sacarosa hacia glucosa y fructosa, variable de gran importancia práctica para la selección de los materiales y de los microorganismos que sean capaces de disminuir los tiempos de reacción a escala industrial.

Proyecciones

En Cenicaña se continuará con el estudio de la cinética de crecimiento y producción de etanol de las levaduras comerciales al utilizar como sustrato vinaza en diferentes concentraciones, además de los materiales provenientes de la fábrica de azúcar.

De igual manera, se avanza en el estudio de factores asociados con el comportamiento de la levadura (por ejemplo: la dosificación de nutrientes) y en el establecimiento de parámetros fisicoquímicos que puedan ser asociados con el control dinámico del proceso fermentativo, tales como la conductividad, el potencial de oxido reducción (ORP) y las concentraciones traza de algunos metabolitos químicos.

Así mismo, se adelantan estudios relacionados con la búsqueda y evaluación de levaduras nativas con potencial para la producción de etanol que sean tolerantes a altas concentraciones de vinaza y que puedan ser objeto de modificación genética para mejorar su productividad.

Referencias bibliográficas

- Guillaume, C; Delobel, P; Sablayrolles, J; Blondin, B. 2007. Molecular basis of fructose utilization by the wine yeast Saccharomyces cerevisiae: a mutated HXT3 allele enhances fructose fermentation. En: Applied And Environmental Microbiology, Vol. 73, No.8. pp: 2432–2439.
- PRAJ Industries. 2000. HIFERM-GR Fermentation Analisis Manual. 3rd ed. India. 294 p.
- Santos, J; Sousa, M; Cardoso, H; Inacio, J; Silva; S; Spencer-Martins, I. 2008. Ethanol tolerance of sugar transport, and the rectification of stuck wine fermentations. En: Microbiology 154. pp: 422–430.
- Piskur, J; Rozpe, E; Polakova, S; Merico, A; Compagno, C. 2006. How did *Saccharomyces* evolve to become a good brewer? En: TRENDS in Genetics Vol.22 No.4. pp: 183–186.
- Scragg, A. 2002. Biotecnología para ingenieros. México. Editorial Limusa. 410 p.

Cenicaña, Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Una organización comprometida con la excelencia en investigación y servicios.

Entidad sin ánimo de lucro que desde su fundación en 1977 se financia principalmente con aportes directos de los ingenios azucareros y los proveedores de caña de azúcar localizados en el valle geográfico del río Cauca.

Servicios de diagnóstico de enfermedades en semilleros y cultivos comerciales, importación y cuarentena de variedades de caña de azúcar

Laboratorio de Fitopatología en la Estación Experimental, ext.5150 ó 5139 kww.cenicana.org/servicios/diagnostico_enfermedades.php Importación de variedades: Jorge I. Victoria, ext.5127 kipsiloopenga

 Servicios de análisis de suelos y análisis foliar y recomendaciones de fertilización y enmiendas para el cultivo de la caña de azúcar

Laboratorio de Química en la Estación Experimental, ext.5149 kww.cenicana.org/servicios/analisis_suelo.php
Sistema experto de fertilización, SEF v.2009
kww.cenicana.org/aeps/sef.php

Preguntas frecuentes y consultorio tecnológico

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología, ext.5168 kwww.cenicana.org/banco_preguntas/index.php

Sistema SqrF: Sugerencias, quejas, reclamos y felicitaciones

Grupo de Respuesta al Cliente, ext.5179 ó 5133 <www.cenicana.org/grc/index.php>



Si usted es donante de Cenicaña y quiere registrarse para obtener los servicios de información disponibles en nuestro sitio web, comuníquese con nosotros o visítenos en la Estación Experimental.

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología, ext.5168 <www.cenicana.org/hoja_registro_pag.php>

Apreciado lector...

Si cambia de dirección postal o de dirección electrónica, por favor, infórmenos. Sólo así podrá continuar recibiendo nuestras publicaciones impresas y nuestros boletines electrónicos.

Remita sus datos actualizados incluyendo: Nombres y apellidos, cédula de ciudadanía, dirección postal y de correo electrónico, teléfono, fax, afiliación institucional y NIT de la empresa, nombres de la(s) hacienda(s) y el ingenio relacionado.



buzon@cenicana.org

www.cenicana.org



Estación Experimental

Via Cali-Florida km 26 San Antonio de los Caballeros (Florida, Valle del Cauca)

Teléfono (57) (2) 687 66 11 Fax (57) (2) 260 78 53

W W W . 4 - 7 2 . c o m . c o

Línea de Atención al Cliente Nacional
01 8000 111210

Tarifa Postal Reducida No. 2010-129 4-72 La Red Postal de Colombia Vence 31 de diciembre de 2010