



cenicaña

2013

Informe Anual



CC 01-1940

**Nueva variedad
recomendada para
ambientes húmedos**

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

www.cenicana.org



2013

Informe Anual

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

www.cenicana.org

Carátula

Paisaje de caña con variedad CC 01-1940. Hacienda Bohíos (Fotografía: Adriana Vega).

Semilla de la variedad CC 01-1940 (Fotografía: María Claudia Pizarro).

Detalles de la variedad (Fotografía: Banco de Imágenes).

Contracarátula

Lotes experimentales de la Estación Experimental de Cenicaña (Fotografía: Fabio Andrés Herrera).

Publicación Cenicaña

ISSN 0120-5854

Cita bibliográfica

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2014.

Informe Anual 2013. Cali, Cenicaña. 131 p.

Producción editorial

Servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología. Cenicaña.

Tiraje

800 ejemplares

Dirección postal

Calle 58 norte No. 3BN-110

Cali, Valle del Cauca, Colombia

Estación experimental

San Antonio de los Caballeros

Vía Cali-Florida km 26

Tel: (57-2) 687 66 11

Fax: (57-2) 260 78 53

www.cenicana.org

buzon@cenicana.org

Nota:

La mención de productos comerciales en esta publicación tiene solamente el propósito de ilustrar a los lectores acerca de las pruebas realizadas y en ningún caso compromete a Cenicaña con los fabricantes, quienes no están autorizados para usar los resultados con fines promocionales ni publicitarios.

Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro, por cualquier medio, sin permiso escrito de Cenicaña.

Junta Directiva 2012–2014

Juan José Lülle Suárez
Presidente

Einar Anderson Acuña
Secretario

Principales

Juan José Lülle Suárez
Presidente
Incauca S.A.

Djalma Teixeira De Lima Filho
Presidente
Riopaila Castilla S.A.

Rodrigo Belalcázar Hernández
Gerente General
Ingenio Manuelita S.A.

Andrés Rebollobo Cobo
Gerente General
Ingenio Pichichí S.A.

Luis Fernando Londoño Capurro
Presidente
Asocaña

Rodrigo Villegas Tascón
Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

Guido Mauricio López Ochoa
Presidente Junta Directiva
Procaña

Suplentes

Gonzalo Ortiz Aristizábal
Gerente General
Ingenio Providencia S.A.

Guillermo Ramírez Chávez
Vicepresidente de Operaciones Agrícolas
Riopaila Castilla S.A.

Germán Jaramillo Villegas
Asesor directivo
Ingenio La Cabaña S.A.

César Augusto Arango Isaza
Gerente General
Ingenio Risaralda S.A.

Mauricio Iragorri Rizo
Gerente general
Ingenio Mayagüez S.A.

Bernardo Silva Castro
Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

Carlos Hernando Azcárate Tascón
Vicepresidente Junta Directiva
Procaña

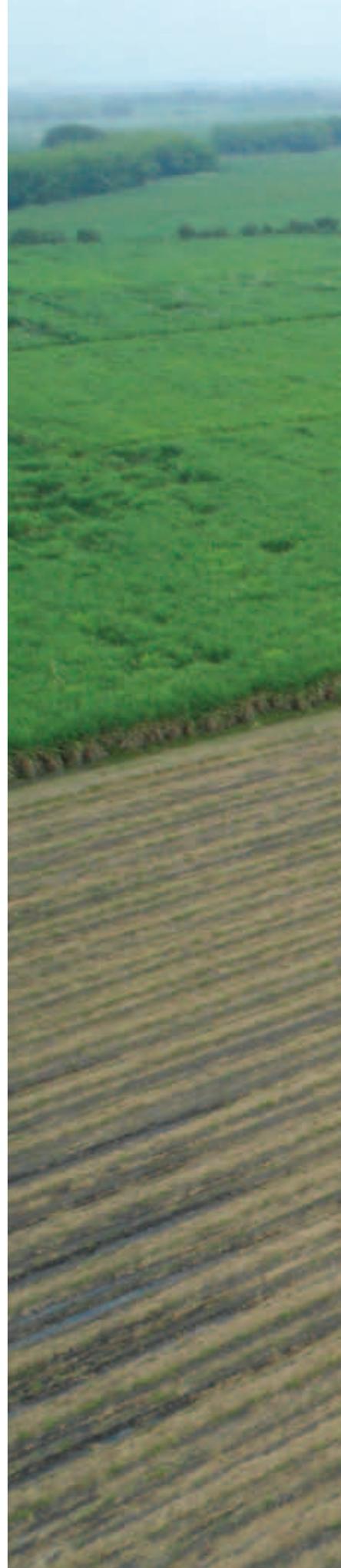
Comités de la Junta

Comité Ejecutivo

Presidente
Luis Fernando Londoño Capurro
Presidente Asocaña

Comité de Programas

Presidente
Gustavo Medina Vargas
Director División de campo, cosecha
y maquinaria agrícola
Ingenio La Cabaña S.A.





Comités de Investigación

Comité de campo

Presidente

Gustavo Medina Vargas

Director División de campo, cosecha
y maquinaria agrícola
Ingenio La Cabaña S.A.

Comité de cosecha

Presidente

Raúl Buenaventura Cobo

Gerente de cosecha
Ingenio Mayagüez S.A.

Comité de fábrica

Presidente

Carlos Alberto Marín

Gerente de fábrica.
Ingenio Riopaila Castilla S.A.

Cenicaña 2013

Álvaro Amaya Estévez

Director general

Einar Anderson Acuña

Director administrativo

Jorge Ignacio Victoria Kafure

Director Programa de variedades

Javier Alí Carbonell González

Director Programa de agronomía

Nicolás Javier Gil Zapata

Director Programa de procesos de fábrica

Einar Anderson Acuña

Jefe (E) Servicio de análisis económico
y estadístico

Camilo H. Isaacs Echeverri

Jefe Servicio de cooperación técnica
y transferencia de tecnología

Adriana Arenas Calderón

Jefe Servicio de información y documentación
de la caña de azúcar de Colombia

Jaime Hernán Caicedo Ángel

Jefe Servicio de tecnología informática

Luis Eduardo González Buriticá

Superintendente
Superintendencia de la Estación experimental

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

Cenicaña es una corporación privada, sin ánimo de lucro, fundada en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, Asocaña, y financiada con donaciones directas de los ingenios azucareros y los proveedores de caña localizados en el valle del río Cauca.

Su misión es contribuir al desarrollo, la competitividad y la sostenibilidad del sector agroindustrial de la caña de azúcar de Colombia, mediante la generación de conocimiento y la innovación tecnológica, a través de la investigación, la transferencia de tecnología y la prestación de servicios especializados, con base en un sistema integrado de gestión, para que el sector sea reconocido por el mejoramiento socioeconómico y la conservación ambiental de las zonas productoras de caña de azúcar.

Así, el Centro favorece la innovación en la agroindustria gestionando proyectos de investigación y desarrollo acordes con la planeación estratégica del sector productivo. Dirige programas de investigación en variedades, agronomía y procesos de fábrica, y servicios especializados en información y documentación, tecnología informática, análisis económico y estadístico, cooperación técnica y transferencia de tecnología.

En sus funciones de apoyo sectorial, Cenicaña administra la Red Meteorológica Automatizada y la Red PM-10 de la agroindustria azucarera en el valle del río Cauca. Atiende las solicitudes de importación de variedades a Colombia y presta servicios de propagación y multiplicación de variedades, análisis de suelo y tejido foliar, inspección fitopatológica en campo y laboratorio, diagnóstico de enfermedades de la caña de azúcar, e información y documentación.

Estación Experimental, vía Cali-Florida km 26.
San Antonio de los Caballeros, Florida
(Valle del Cauca, Colombia)





Contenido

Informe anual 2013

Mensaje de Mauricio Irigorri Rizo, Gerente general Ingenio Mayagüez	VIII
Informe del Director General	X
Clima en el valle del río Cauca	1
Producción de caña y azúcar	6
Pronóstico de productividad 2014	13
Adopción de variedades	16
CATE: Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica	20
Programa de variedades	26
Programa de agronomía	38
Programa de procesos de fábrica	52
Servicio de análisis económico y estadístico	64
Servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología	74
Servicio de tecnología informática	82
Servicio de información y documentación	88
Superintendencia de la estación experimental	92
Sistema de gestión de calidad	96
Apéndice	98
Acrónimos, siglas y abreviaturas	112

Investigación e innovación, pilares estratégicos para la competitividad del sector azucarero colombiano



Mauricio Irigorri Rizo
Gerente general Ingenio Mayagüez

Son varios los factores que afectan la competitividad de la industria azucarera colombiana, entre los cuales los más notorios son la revaluación del peso, la globalización de los mercados, los diferentes tratados de libre comercio que ha suscrito nuestro país, y la eficiencia de los diferentes procesos de la industria.

En cuanto a la revaluación del peso, mientras países como Estados Unidos y Brasil devalúan sus monedas con el fin de reactivar su economía y defender la producción agrícola, en Colombia ocurre lo contrario. La devaluación del real en Brasil tiene un efecto directo en el precio del azúcar: con una tasa de cambio de 1.6, el precio del azúcar fue de 30 cvs/lb, y hoy, con una tasa de 2.4, el precio es de 15 cvs/lb.

De otra parte, nuestras importaciones de azúcar han venido creciendo. Así, en el 2012 se importaron 320,000 toneladas de azúcar y en el 2013, 285,000, con el agravante en este último año de que ingresó azúcar de Bolivia y Perú, países ambos de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), y por lo tanto no pagó aranceles, con la consecuencia de que se puede comercializar a precios con los cuales no somos capaces de competir.

Esto significa que el gobierno nacional debe reconsiderar las reglas de juego para las importaciones de la CAN: si Colombia quiere exportar a Bolivia, se nos exige cumplir con una certificación de inocuidad que no es requisito en sus empresas nacionales; intentar exportar azúcar a Ecuador no es posible, ya que exige licencia previa para este producto, la cual solo concede cuando su mercado es deficitario; y Venezuela le compra actualmente el azúcar a Brasil, como lo hacía cuando era miembro de la CAN.

Estamos, pues, en el extremo estrecho de un embudo y en la boca los países de la CAN, pues ellos pueden traer azúcar libremente a Colombia, pero nosotros no podemos llevarles nuestro producto.

¿Cómo competir en un mundo globalizado con estas desventajas? Es muy difícil. Por eso necesitamos jugar con las mismas reglas de nuestros

competidores: una moneda devaluada al ritmo de países como Brasil, e imponer a las importaciones de azúcar provenientes de la CAN similares restricciones a las que ella impone a nuestro azúcar.

Ahora bien, independientemente de estos factores cuya solución está en manos del Gobierno, la industria azucarera colombiana debe trabajar arduamente para ser más competitiva en todos aquellos aspectos que puede mejorar y controlar, ser cada día más innovadora y fortalecer las áreas de investigación y desarrollo.

Este es el campo de acción de Cenicaña, centrado en el desarrollo de nuevas variedades, en la mejora de los sistemas de cultivo, riego, corte, alce y transporte y en la optimización de los procesos de fábrica.

Considero, sin embargo, que el foco de sus investigaciones debe ser desarrollar variedades que nos permitan disminuir nuestros costos unitarios de campo y de fábrica y con ello dar un salto importante en competitividad. La meta de Cenicaña es, entonces, ofrecer una nueva variedad comercial competitiva por año, y en ello está trabajando.

De otra parte, debemos ser receptivos para adoptar en nuestros procesos las nuevas tecnologías desarrolladas por Cenicaña, que buscan aumentar su eficiencia y consecuentemente disminuir costos, única manera de sobrevivir en un mundo globalizado donde se compite de manera desequilibrada. •



2013

Un año con resultados que ofrecen oportunidades de competitividad para ingenios y cultivadores



Álvaro Amaya Estévez
Director general de Cenicaña

Entorno

Los factores macroeconómicos y climáticos afectan tanto la competitividad como la productividad del sector azucarero e inciden, directa o indirectamente, en el desarrollo y adopción de nuevas tecnologías y nuevas variedades.

El incremento de la producción de azúcar en el mundo, determinada fundamentalmente por la expansión de los cultivos de caña de azúcar y de remolacha azucarera, resultó en una sobreoferta que afectó el precio del azúcar y derivados en los mercados mundial y local. Esto devino en menores ingresos para el sector azucarero.

Con respecto al clima, las condiciones fueron normales en 2013, lo cual contribuyó a que las labores de campo se realizaran de manera oportuna y con calidad, a hacer una renovación con variedades más productivas, a adoptar un manejo agronómico específico y a reducir los costos de cosecha.

Ahora bien, además del entorno, en la productividad del sector azucarero colombiano juegan un papel clave Cenicaña y los ingenios y cultivadores.

A Cenicaña le compete el desarrollo tecnológico que comprende, entre otros aspectos, la oferta de variedades más productivas, las recomendaciones técnicas para la implementación de la agricultura específica por sitio y el mejoramiento de los procesos industriales, así como la transferencia de las nuevas tecnologías, la capacitación y el análisis de los resultados y el desarrollo de modelos para orientar la adopción de dichas tecnologías y estimar su rentabilidad. A los ingenios y cultivadores les corresponde comprometerse con la innovación y la sostenibilidad, y es en las tecnologías y servicios ofrecidos por el Centro donde encuentran un apoyo fundamental.

Este compromiso integral, sumado a unas condiciones favorables del entorno, permite incrementar la productividad en el corto y mediano plazo. Las nuevas tecnologías y avances obtenidos en 2013 ofrecen un potencial de mayor productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la producción ante eventos climáticos adversos o riesgos de plagas y enfermedades.

En 2013 la producción promedio de caña por hectárea fue de 109 toneladas, lo cual superó en 5 TCH la obtenida en 2012. Ello equivale aproximadamente

a un millón de toneladas más de caña con relación al año anterior. El rendimiento promedio presentó una leve disminución de 0.1 unidades porcentuales frente al 2012. Por su parte, la producción de azúcar por hectárea fue mayor en 0.4 toneladas en 2013, a pesar que la edad de cosecha fue menor en 0.4 meses en comparación con 2012.

Basados en el comportamiento histórico de la producción, en los fenómenos climáticos Niño-Niña y en la edad del cultivo se estima que en el año 2014 la producción promedio de caña por hectárea podrá estar entre 115-120 toneladas.

El reto es superar dicho pronóstico con la adopción de la agricultura específica por sitio y sembrando mayor área con las nuevas variedades. Para afrontar este desafío es fundamental la capacitación que ofrezca Cenicaña al sector y el acompañamiento que presten los ingenios a sus proveedores de caña de azúcar. A continuación se presentan los avances más relevantes del periodo.

Variedades

Los avances en variedades se derivan de los resultados del proceso de selección, y de la siembra y adopción de las mejores variedades por parte de ingenios y cultivadores.

En cuanto a lo primero, para la zona seca-semiseca se destaca la selección por sacarosa de algunos clones en relación con la variedad CC 85-92. Los mejores clones de los estados iniciales de selección superaron en sacarosa entre 10-16% a la variedad testigo. Estos clones continuarán a su siguiente fase de evaluación en el 2014. En la fase final del proceso de selección, que corresponde a las pruebas regionales, se seleccionaron 15 variedades que superan a la CC 85-92 entre 2% y 24% en TCH y entre 2% y 20% en sacarosa.



En el proceso de selección varietal para condiciones húmedas, se destacan dos variedades que superaron entre 21% y 51% el TSH de la CC 85-92. Estas variedades pasarán a pruebas regionales en 2014. En otra serie de experimentos de pruebas regionales cosechadas en plantilla también en suelos húmedos se destaca la variedad CC 06-791 con 16% más de producción de caña y con mayor sacarosa que la CC 85-92.

De otra parte, la adopción de las nuevas variedades y las áreas comerciales o semicomerciales sembradas con ellas aumentaron en 2013. En diciembre de 2013 el área sembrada con nuevas variedades era de 55,000 hectáreas, un incremento del 58% en relación con el 2012. Además, parte del incremento de la productividad en el 2013 está relacionado con las nuevas variedades sembradas y, si hay una mayor adopción se espera que este indicador aumente en 2014

Estos avances varietales son resultado de metodologías de vanguardia que han tenido éxito en otros cultivos, como la selección por familias y la selección en condiciones que replican el ambiente donde se sembrarán comercialmente. Con igual criterio se utilizan los más modernos adelantos para la detección de enfermedades, como las técnicas moleculares, que brindan mayor precisión y rapidez a menor costo.

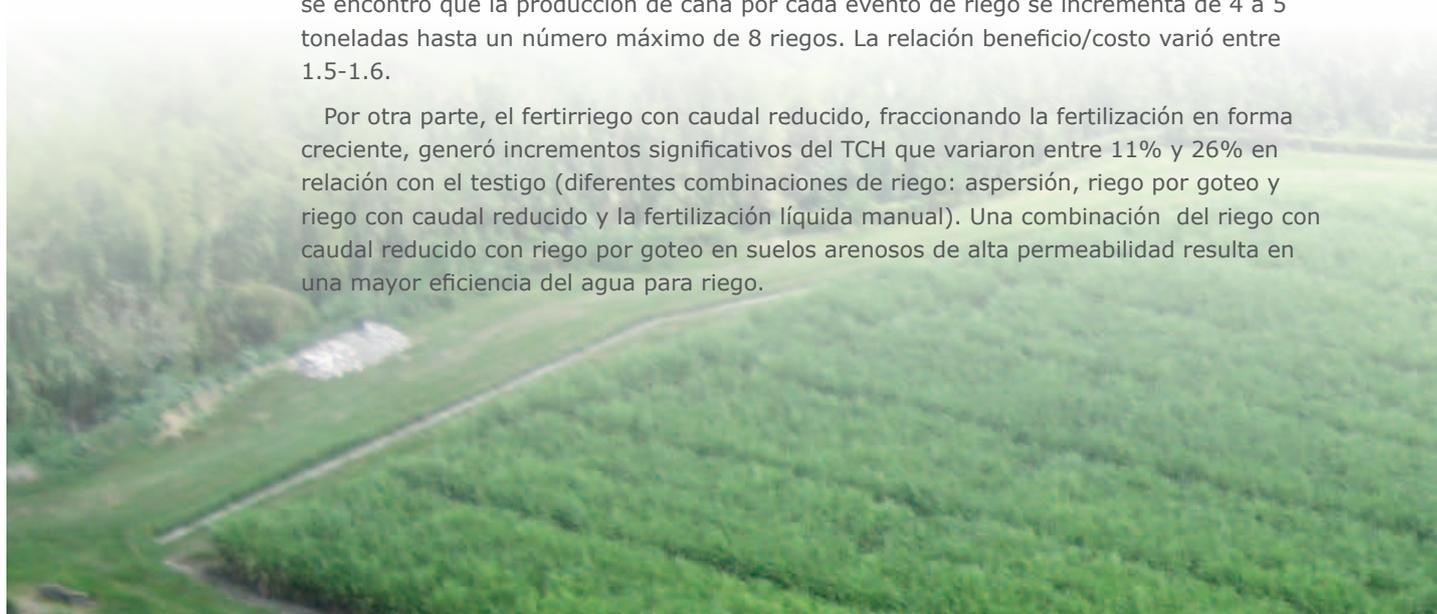
Precisamente, con el apoyo de técnicas moleculares y el uso de la biotecnología se han identificado fragmentos del genoma que contienen genes relacionados con el déficit o con el exceso de agua. La función de estos genes se validará en una planta modelo de menor ciclo que la caña de azúcar, para luego convalidar en la caña los más relevantes.

Con respecto a los insectos plaga, el año anterior se detectó la presencia del barrenador del tallo *Diatraea tabernella*. El seguimiento y control del insecto se centró en las áreas aledañas al ingenio Risaralda. Es una plaga con gran potencial de daño, pero basados en la experiencia del control biológico de otras especies de *Diatraea* se han tomado medidas para su manejo.

Agronomía

En la investigación sobre manejo de aguas se lograron avances importantes. Uno de ellos es la determinación de la respuesta de la caña de azúcar al riego y cuál es la rentabilidad de éste en zonas de grupos de humedad H0 y H1. En dichas condiciones se encontró que la producción de caña por cada evento de riego se incrementa de 4 a 5 toneladas hasta un número máximo de 8 riegos. La relación beneficio/costo varió entre 1.5-1.6.

Por otra parte, el fertirriego con caudal reducido, fraccionando la fertilización en forma creciente, generó incrementos significativos del TCH que variaron entre 11% y 26% en relación con el testigo (diferentes combinaciones de riego: aspersión, riego por goteo y riego con caudal reducido y la fertilización líquida manual). Una combinación del riego con caudal reducido con riego por goteo en suelos arenosos de alta permeabilidad resulta en una mayor eficiencia del agua para riego.



El programa de agronomía de Cenicaña apoya y coordina las acciones técnicas de la “Mesa del Agua” que para el sector lidera Asocaña. Con la información de los ingenios, en el año 2011 se determinó la línea base de los indicadores del uso del agua. La consolidación y monitoreo de dichos indicadores muestra que el consumo de agua en 2013 fue menor en 8% al de la línea base. Es posible reducir el consumo de agua en el futuro mediante el monitoreo permanente, con información de calidad e implementando la tecnología desarrollada por Cenicaña para el manejo y uso del agua.

La evaluación de la vinaza con fuentes nitrogenadas en suelos húmedos y condiciones de alta precipitación mostró su potencial como promotor de la actividad microbiológica del suelo, lo cual favorece la hidrólisis de las fuentes nitrogenadas y contribuye a disminuir la volatilización de la urea.

Un mayor avance en la selección de variedades y en la orientación del manejo agronómico se fundamenta en la caracterización de los procesos fisiológicos de la planta durante su crecimiento y acumulación de sacarosa. La evaluación de cuatro variedades en cuanto a fotosíntesis, eficiencia y tasa de respiración mostró que no necesariamente las variedades de mayor fotosíntesis son las más eficientes en la fijación de carbono. La variedad CC 06-791 sobresale por su fijación de carbono y su mayor eficiencia en condiciones de baja luminosidad. Estudios adicionales con otras variedades darán pautas para su mejoramiento genético y para saber con más precisión cómo responde la caña de azúcar a las variaciones climáticas.

El seguimiento a la maduración mostró una alta relación con el déficit de presión de vapor diurno, que se da en la interacción entre temperatura y humedad relativa. Esto contribuye a entender y caracterizar mejor el proceso de maduración.

El análisis de la respuesta del cultivo a la secuencia de eventos Niño y Niña indica que periodos extensos con presencia de La Niña impactan en mayor grado la producción, y los efectos permanecen hasta un año después por la saturación de los suelos, el pisoteo y los daños al cultivo que puedan ocurrir durante la cosecha.

Durante el 2013 se completó el desarrollo y validación de un equipo zanjador denominado “zanjador excéntrico”, para el que un ingenio planteó la necesidad. Cenicaña proporcionó el diseño y la ingeniería y un fabricante construyó el zanjador. La evaluación y validación también fueron conjuntas y hoy el equipo está disponible para ingenios y cultivadores.

Cenicaña evalúa y valida las labores agrícolas con tecnologías de precisión. Al respecto, desarrolló un protocolo para el sistema de autoguía o piloto automático para el surcado de los campos, el cual validó en dos ingenios. Los resultados indican que en el surcado convencional la desviación al final del surco es de casi medio metro, en tanto con el autoguía la desviación es tan solo de una pulgada.

Fábrica

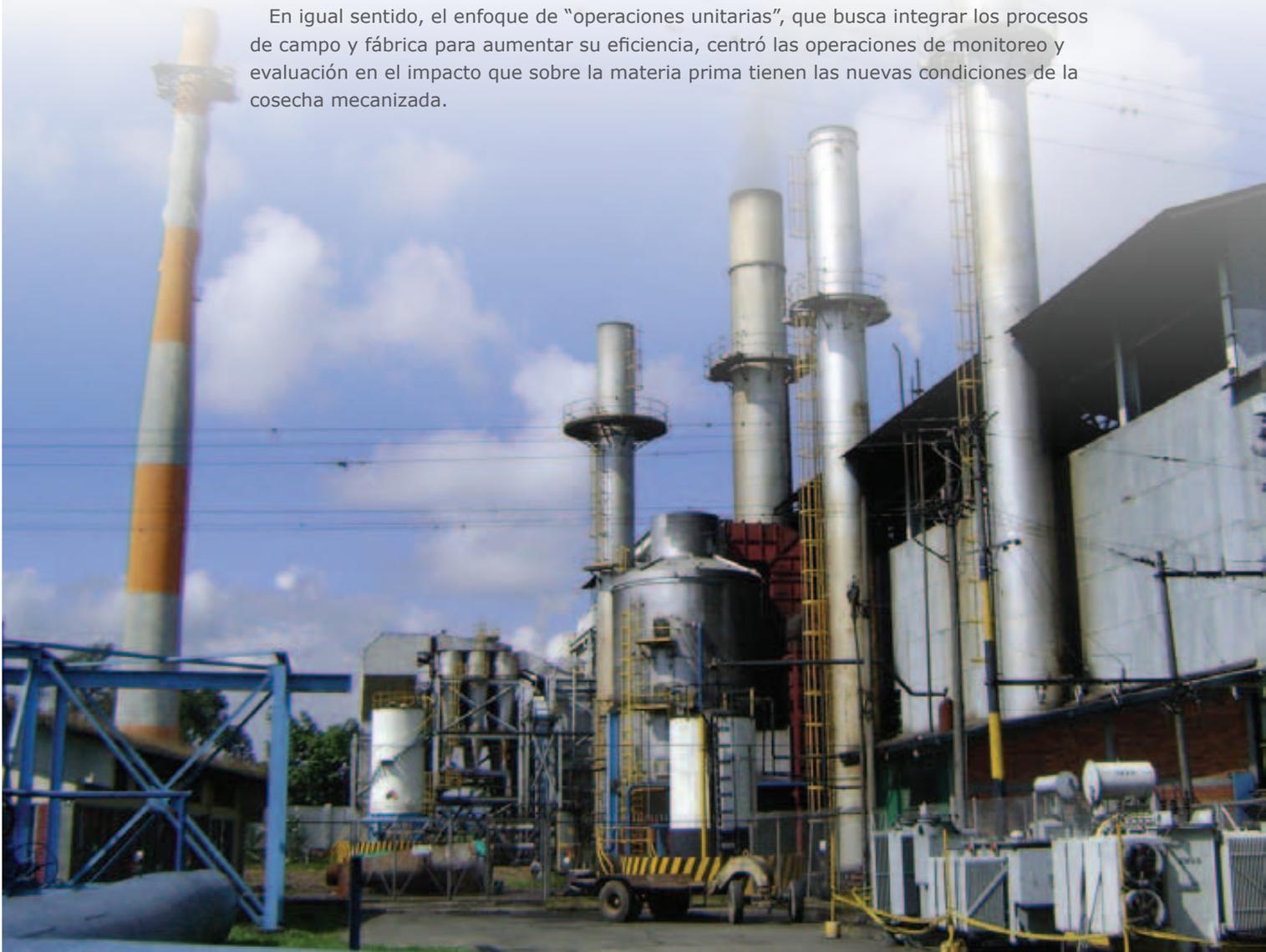
El mejoramiento de los procesos industriales puede agregar a la materia prima, en fracción de horas, un valor de gran impacto económico en comparación con el proceso productivo en el campo, que demora al menos un año.

Con respecto a la energía, en 2013 se evaluó el impacto del control de aire en la eficiencia de las calderas con base en un indicador que relaciona el aire suministrado y la generación de vapor vivo en la caldera. Como resultado, se encontró que la cantidad y distribución de aire en las calderas favorece su eficiencia, y se determinaron las condiciones requeridas para su mejor operación.

Otra mejora es la relacionada con el balance de agua en la fábrica. En este caso se rediseñó un condensador barométrico, lo que se tradujo en una reducción del 50% en el consumo de agua de un ingenio por mejores condiciones para la condensación del vapor.

Así mismo, la imbibición en línea implementada en un ingenio permitió reducir la imbibición % caña y disminuir la sacarosa en bagazo, con impactos económicos significativos. Con la implementación de este modelo se estima un ahorro anual de \$480 millones para una molienda de 5000 toneladas de caña por día en dicho ingenio.

En igual sentido, el enfoque de "operaciones unitarias", que busca integrar los procesos de campo y fábrica para aumentar su eficiencia, centró las operaciones de monitoreo y evaluación en el impacto que sobre la materia prima tienen las nuevas condiciones de la cosecha mecanizada.



Con el monitoreo paralelo del laboratorio móvil de Cenicaña en las fábricas se identificaron potenciales de mejora en tres ingenios, tales como la reducción en un 50% de los porcentajes de variación de la sacarosa en bagazo, el incremento de tres unidades porcentuales en la eficiencia de extracción con el uso del programa Cenimol , y una significativa disminución de la variación en el *Poll in Open Cells* (POC) de casi cuatro veces con la validación de la desfibadora de trabajo pesado.

También se avanzó en una evaluación de las características de jugos de caña cosechada mecánicamente, la cual mostró el impacto de los residuos agrícolas de cosecha en un incremento de la turbiedad y del color. Ello justifica el monitoreo de la clarificación y la evaluación de productos que reduzcan la turbiedad y el color. Uno de los productos evaluados mostró una reducción del 42% en el color.

En cuanto a la caracterización y cuantificación de las pérdidas indeterminadas, se encontró que la inversión de la sacarosa ocurre 13% por ruta química, 25% por ruta bioquímica y más del 65% por ruta microbiológica. En uno de los experimentos se obtuvo un 90% de inversión por ruta microbiológica, lo cual orienta las estrategias de control.

La producción de etanol requiere ajustes al sistema de producción de azúcar y monitoreo y mejoras a los procesos de fermentación y producción. Durante 2013 se evaluaron suplementos nutricionales a las levaduras, y se obtuvieron aumentos en la producción de etanol de 0.4-0.5 unidades porcentuales en el laboratorio. En lo relacionado con la recirculación de vinaza, la adición de nutrientes mejora la eficiencia fermentativa pero inhibe la reproducción de las levaduras.

Como apoyo a los sistemas de gestión de inocuidad para el azúcar se estandarizaron los métodos para la cuantificación de los principales grupos microbianos en los diferentes tipos de azúcar y se estableció un protocolo para determinar la incertidumbre en el balance de la sacarosa en fábrica.

CATE

Los avances del CATE en 2013 se relacionan principalmente con el análisis y consolidación del uso de los vagones de mínimo peso. Los dos ingenios que participan en este proyecto reportan una reducción del costo de transporte de aproximadamente 10%.

Respecto a la evaluación y logística del transporte con vagones de autovolteo de mínimo peso, la información recolectada por Cenicaña sobre sus ventajas ha conducido a que se esté retomando el uso de este sistema en la industria y que oferentes de esta tecnología lo estén adecuando a las condiciones de la cosecha de caña de azúcar en Colombia.

Un desarrollo a mediano plazo es el sistema de trasbordo y transporte de caña larga con vagones de mínimo peso y alta densidad de carga. Los resultados son promisorios: se reporta una capacidad de carga de 353 kg/m³, frente a la de 292 kg/m³ que se logran en vagones de transporte HD 20000, con la consecuente reducción de costos del CATE.

Transferencia de tecnología

La transferencia de tecnología en Cenicaña la coordina el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología, con la participación del personal técnico y operativo. La interacción permanente con nuestros usuarios, con los ingenios y con los cultivadores de caña de azúcar a través de los distintos medios de difusión y validación es la estrategia para promover la adopción de las nuevas tecnologías.

Basados en los requerimientos técnicos que surgieron de las reuniones de Cenicaña con los equipos directivos y técnicos de los ingenios y con los cultivadores se ha de definido un plan de acción por ingenio para la renovación de variedades y formular recomendaciones para su manejo. Lo anterior se complementó con el foro técnico realizado con los proveedores de caña, en el cual se actualizaron los temas de variedades, manejo del agua, sanidad de los cultivos y cosecha mecanizada.

Asimismo, con el propósito de incrementar la adopción de prácticas sostenibles e innovadoras en las unidades productivas, se fortaleció la estrategia de transferencia de tecnología de Cenicaña con un enfoque de gestión de conocimiento, para apoyar el desarrollo de habilidades y destrezas en los responsables de transferir las tecnologías y también en quienes las implementan. Durante 2013 se avanzó en la estructuración de las guías metodológicas que contienen los materiales de referencia técnica y didáctica para llevar a cabo la capacitación que inicia en el 2014.

Servicios de apoyo

Finalmente, es importante destacar los avances, mejoras y contribuciones de los demás servicios que ofrece Cenicaña y que son un soporte fundamental de la investigación y la transferencia de tecnología

Este año se realizaron una serie de obras en la Estación Experimental dirigidas especialmente a ofrecer un mejor servicio a proveedores e ingenios, se mejoró la infraestructura de almacenamiento y seguridad de las bases de datos de investigación del sector, continuó el desarrollo de metodologías para la investigación y el análisis de la producción comercial y se amplió la oferta y canales de acceso a información especializada.

Los avances en investigación de los diferentes programas y en la oferta de los servicios ofrecidos por Cenicaña en el 2013 son referentes del papel desempeñado en ese compromiso por aportar a la productividad del sector, pero son ante todo una oportunidad para seguir aportando al desarrollo del país. •



Variedad CC 01-1228

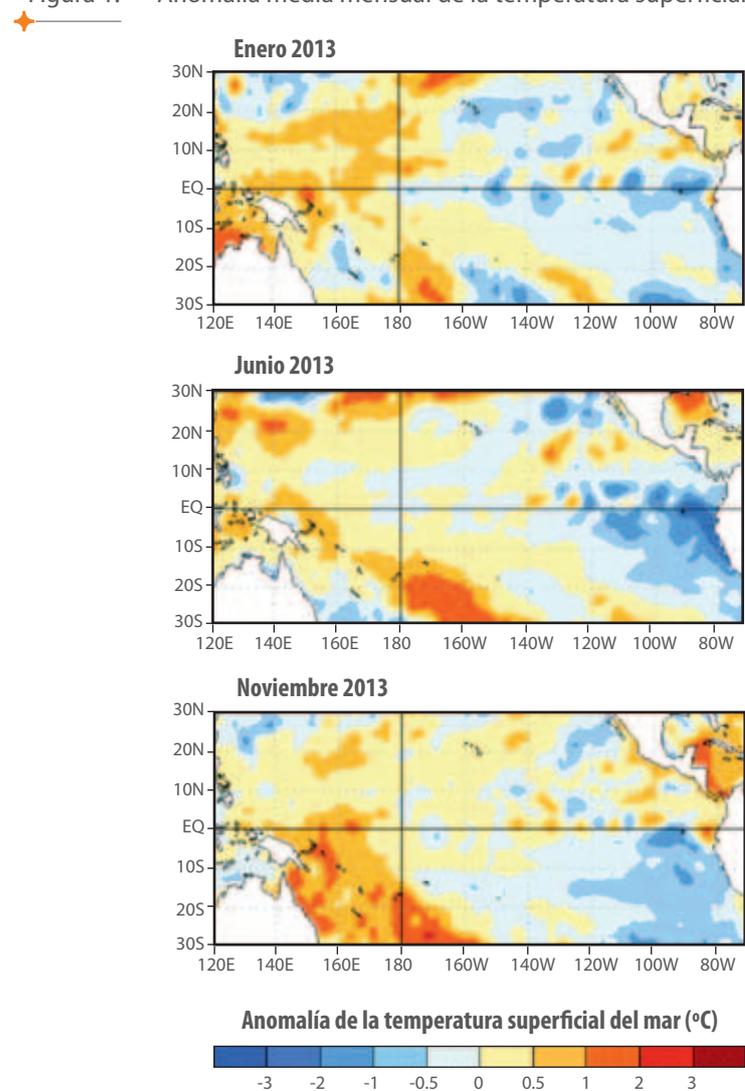
2013

El clima en el valle del río Cauca

Durante el 2013 predominaron condiciones normales en el océano Pacífico tropical. A comienzos del año las anomalías en las temperaturas en la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial fueron positivas, cerca de cero en el Pacífico central y levemente negativas en la mayor parte del Pacífico oriental. A mediados y finales del año continuaron las condiciones normales, reflejo de lo cual fue la persistencia de temperaturas en la superficie del mar cercanas al promedio en gran parte del Pacífico ecuatorial.

Las condiciones térmicas de la superficie del océano Pacífico tropical para tres períodos de 2013 pueden observarse en la **Figura 1**.

Figura 1. Anomalía media mensual de la temperatura superficial del océano Pacífico tropical.



Fuente: NOAA.

Comportamiento del clima durante 2013

Nivel mensual

Durante los meses de enero, junio y julio se presentaron valores muy bajos o bajos de humedad relativa y precipitación.

En febrero y mayo se presentaron bajos valores de evaporación y radiación solar.

En enero, mayo, junio y agosto hubo una temperatura máxima absoluta con mayores valores que los registrados históricamente.

Nivel trimestral

El primer trimestre del año se caracterizó por bajos valores de radiación, evaporación, días con lluvia y precipitación.

El segundo y cuarto trimestre fueron de características similares al primero en cuanto a la evaporación y bajas temperaturas mínimas absolutas.

Durante el primer y segundo trimestre se registraron los mayores valores de temperaturas máximas absolutas presentados hasta la fecha.

Particularidades del clima en 2013

En los **Cuadros 1 y 2 y las Figuras de la 2 a la 4** se muestra un comparativo de los valores anuales de las diferentes variables climatológicas registrados en los últimos veinte años por las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. •

La RMA

Cenicaña opera la Red Meteorológica Automatizada (RMA) integrada por treinta y cuatro estaciones que cubren la parte plana del valle del río Cauca. Con los datos horarios y diarios generados por estas estaciones se ha conformado una base de datos climatológicos que permiten realizar análisis para el sector agroindustrial de la caña de azúcar.

Se puede consultar en línea en www.cenicana.org

Cuadro 1. Comparativo 2013 versus 1994-2013

Variables climatológicas (valor medio anual)	Año 2013	Climatológico 1994-2013
Temperatura máxima absoluta más alta de los últimos 20 años	39.5 °C	39.5 °C, año 2013
Segunda menor humedad relativa	78%	80%
Segundo valor de temperatura máxima media	30.1 °C	29.7 °C
Cuarta menor radiación solar media diaria	399 cal/(cm ² x día)	406 cal/(cm ² x día)
Sexta menor evaporación	1580 mm	1703 mm
Sexta mayor oscilación media diaria de temperatura	11.1 °C	10.8 °C
Año de valores intermedios para las variables:		
Temperatura máxima absoluta	13.2 °C	12.3 °C, año 2011
Temperatura mínima media	18.9 °C	18.8 °C
Temperatura media del aire	23.3 °C	23.1 °C
Número de días con precipitación	169 días	181 días
Precipitación	1166 mm	1239 mm

Ver comparativo multianual de todos los años (1994-2013) en el **Apéndice I, página 104.**

Cuadro 2. Condiciones climáticas en el valle del río Cauca. Resumen de valores medios y extremos. Años 2012 y 2013 versus año climatológico del periodo 1994-2013.

Variable climatológica	Semestre 1			Semestre 2			Año		
	2012	2013	Clima	2012	2013	Clima	2012	2013	Clima
Temperatura mínima absoluta (°C)	14.4	14.0	12.3	13.3	13.2	12.8	13.3	13.2	12.3
Temperatura mínima media (°C)	18.8	19.1	19.0	18.5	18.6	18.6	18.7	18.9	18.8
Temperatura media del aire (°C)	23.1	23.5	23.2	23.4	23.1	23.0	23.3	23.3	23.1
Temperatura máxima media (°C)	29.7	30.1	29.7	30.5	30.1	29.7	30.1	30.1	29.7
Temperatura máxima absoluta (°C)	36.5	39.5	39.5	36.5	39.0	39.2	36.5	39.5	39.5
Oscilación media diaria de temperatura (°C)	10.8	10.9	10.6	11.9	11.3	11.0	11.4	11.1	10.8
Humedad relativa media (%)	80	78	80	75	77	79	77	78	80
Precipitación (mm)	755	627	665	445	539	573	1200	1166	1239
Días con precipitación (No.)	96	82	92	70	87	89	166	169	181
Evaporación (mm)	786	769	836	894	810	867	1682	1579	1703
Radiación solar media diaria [cal/(cm ² x día)]	397	396	405	416	401	407	406	399	406

Figura 2. Temperaturas anuales del aire (°C). Valores medios y extremos en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2013.

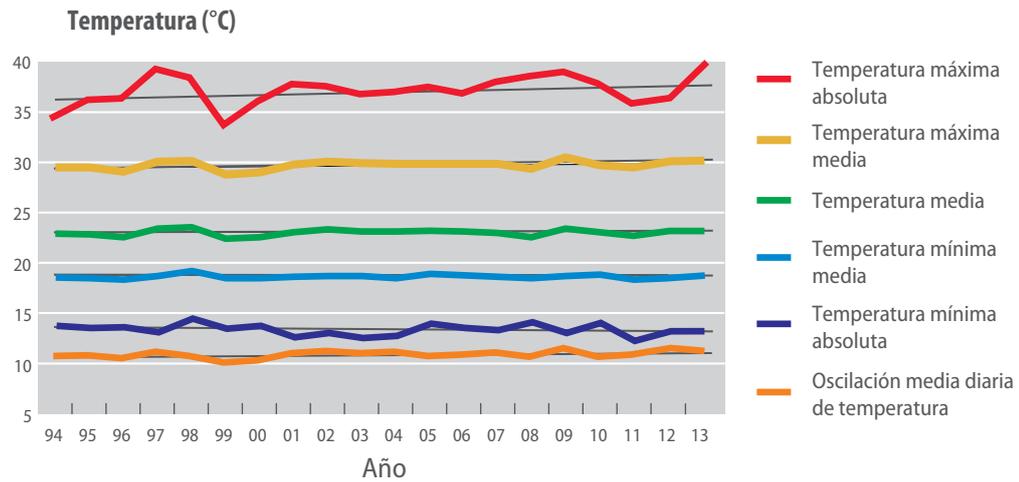


Figura 3. Precipitación atmosférica, radiación solar media diaria y oscilación media diaria de temperatura. Valores mensuales años 2012 y 2013 versus medias mensuales climatológicas 1994-2013.

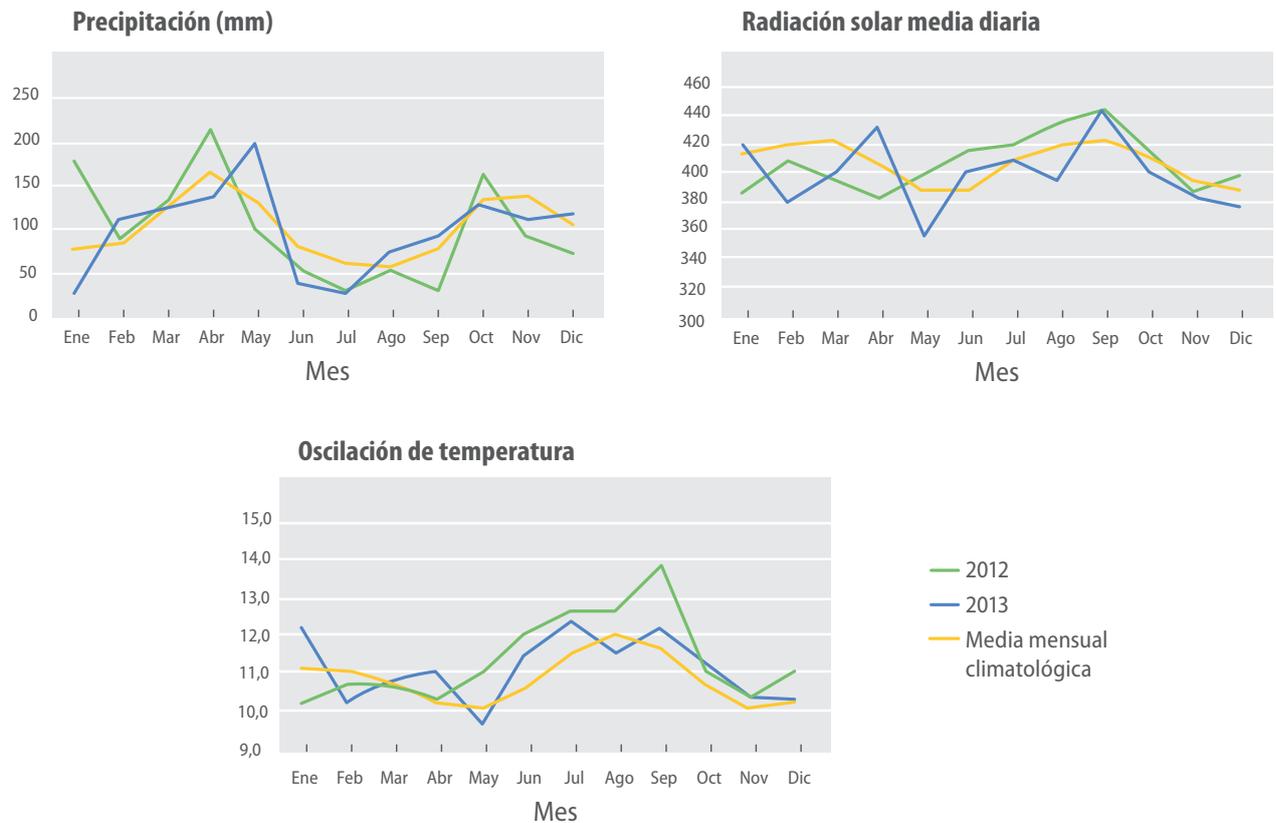
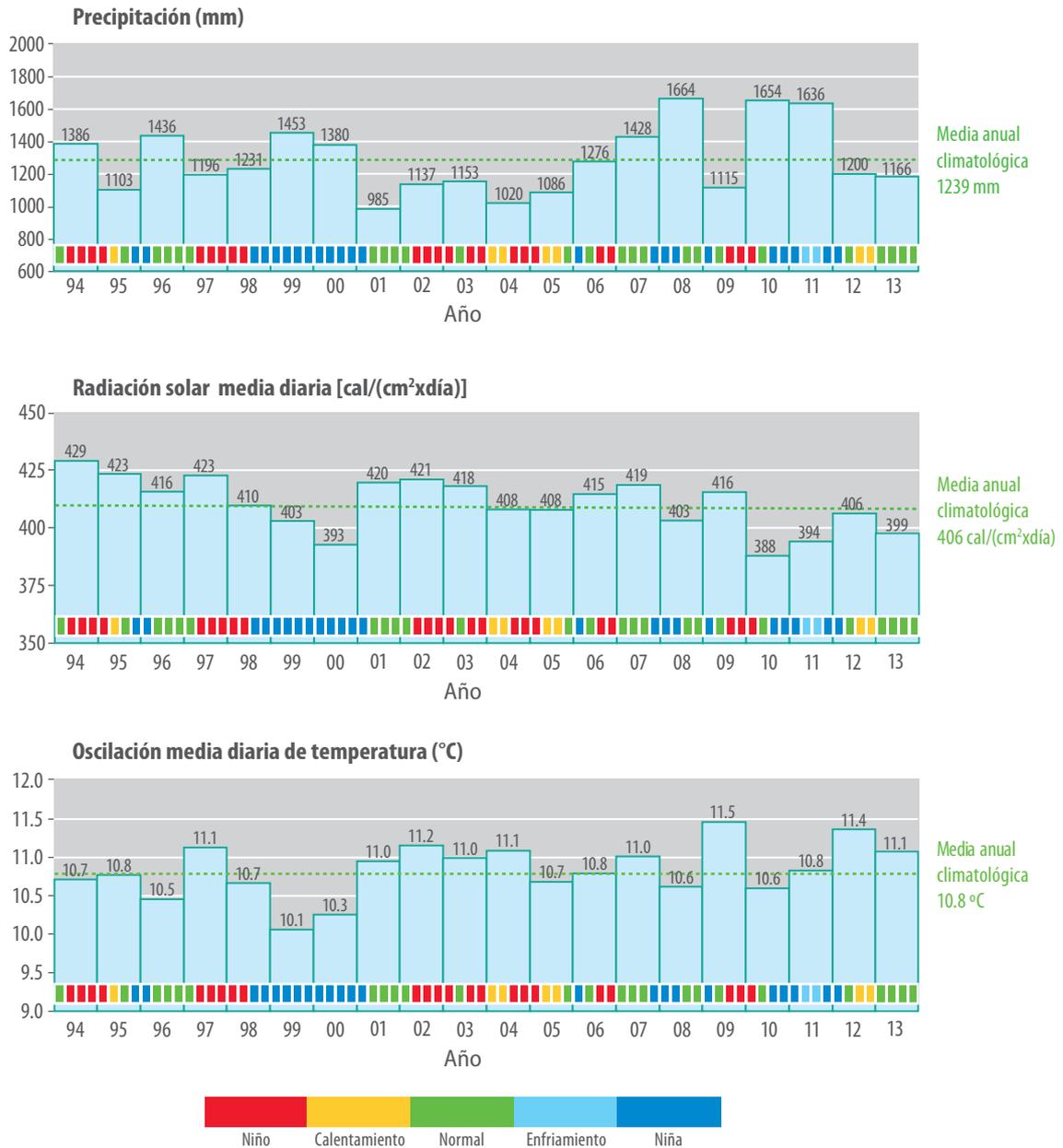


Figura 4. Precipitación atmosférica, radiación solar media diaria y oscilación media diaria de temperatura. Promedios valle del río Cauca. Valores anuales del periodo 1994-2013 versus eventos Niño - Niña.



Fuente: Cenicaña. Red Meteorológica Automatizada (RMA). Treinta y cuatro estaciones en el valle del río Cauca.



2013

Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca

Para el análisis descriptivo de productividad se procesaron los registros de los lotes cosechados en tierras de ingenios y proveedores de caña en el año 2013, suministrados por los ingenios Carmelita, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos. Los resultados de campo y los totales de caña molida y azúcar producido se basan en los datos de los trece ingenios. Los resultados industriales corresponden a doce ingenios.

El análisis comparativo entre años muestra para el 2013 diferencias negativas en diez de los veinte indicadores, y diferencias positivas en los otros diez, entre estos últimos TCH, TCHM, TAH, TAHM, toneladas totales de caña molida y azúcar producido, pérdidas de sacarosa en cachaza, en indeterminadas y en miel final, además de la producción de etanol.

Durante el 2013 la precipitación presentó el tradicional régimen bimodal (con las temporadas lluviosas abril - mayo y octubre - noviembre), en el cual el primer semestre fue dos veces más lluvioso que el segundo; pero la precipitación fue inferior en 22% a la del 2012, menor que los valores multianuales. La radiación solar también fue inferior tanto a la de 2012 como a la multianual. La oscilación de la temperatura fue inferior a 2012 y superior a la multianual.

En general se puede caracterizar la condición climática externa durante el 2013 como normal, lo cual favoreció que las labores de campo se realizaran de manera oportuna y eficiente.

Resultados generales

El resumen de los indicadores de productividad de la agroindustria entre enero y diciembre de 2012 y 2013 se presenta en el **Cuadro 3**. Del análisis se concluye lo siguiente:

- En el valle del río Cauca al 31 de diciembre de 2013 había sembradas 225,560 ha de caña de azúcar para la producción de azúcar y etanol, de las cuales se cosecharon 193,472 ha.
- La caña de azúcar estaba distribuida en 26,788 suertes (lotes) y al momento de la cosecha tenía en promedio 12.4 meses de edad y 5.3 cortes. En el 83.8% del área se encontraban las variedades CC 85-92, CC 93-4418, CC 84-75 y CC 01-1940.

- Los ingenios molieron en total 21,374,196 toneladas de caña y produjeron 2,485,689 toneladas de azúcar.
- La producción total de etanol fue de 387,854 miles de litros.
- Al comparar los indicadores de 2013 con los de 2012 se ve que disminuyeron los siguientes: área sembrada (-2,189 ha), área cosechada (-13,720 ha), número de suertes cosechadas (-340), edad de cosecha (-0.4 meses), número de cortes (-0.3 cortes), rendimiento comercial (-0.1 unidades), rendimiento real (-0.26), fibra (-0.34), sacarosa % caña (-0.30) y pérdidas de sacarosa en bagazo (-0.34 unidades).
- Los indicadores que aumentaron en 2013 fueron: toneladas de caña y azúcar por hectárea (4.9 TCH y 0.4 TAH, respectivamente), toneladas de caña y azúcar por hectárea mes (0.6 TCHM y 0.1 TAHM, respectivamente), toneladas totales de caña molida y azúcar producido (675,017.43 t y 22,806.1 t, respectivamente), pérdidas de sacarosa en cachaza (0.00004 unidades), pérdidas de sacarosa en indeterminadas (0.15 unidades), pérdidas de sacarosa en miel final (0.45 unidades), y etanol (18,091.38 miles de litros).

Observaciones en el campo

El incremento de la producción total de caña y azúcar con respecto al 2012 se debió al aumento de las TCH. Es importante resaltar que este incremento de las TCH fue escalonado en el transcurso del año: empezó en enero de 2013 con 92.3 TCH y llegó en diciembre a 117.9 TCH. Las condiciones normales de clima durante todo 2013 y gran parte de 2012 contribuyeron al buen estado de los campos y a la realización oportuna y con calidad de las diferentes labores, además de favorecer el cambio varietal (**Cuadro 3, Figura 5**).

En relación con el 2012 el rendimiento comercial tuvo el siguiente comportamiento: fue superior en el primer trimestre, inferior en los meses siguientes, y en los dos últimos meses del año volvió a superar el 2012. Este hecho se puede explicar por la oscilación de la temperatura y la radiación solar, cuyos valores fueron en 2013 inferiores a los de 2012. Además, otras variables de clima y factores de manejo afectaron la concentración de sacarosa (**Cuadro 3, Figura 5**).

Los incrementos en TAH están más asociados con los aumentos de las toneladas de caña por hectárea en 2013. Los aumentos de TCHM y TAHM son efecto de los incrementos de caña y azúcar por hectárea y los menores valores de edad de cosecha con respecto a 2012.

Los indicadores de TCH, TCHM, TAH y TAHM fueron en 2013 mayores que los de 2012 en todos los ambientes. En el húmedo, las TCH se incrementaron en 10 TCH, mientras que en piedemonte y seco-semiseco el aumento fue de una tonelada de caña por hectárea. Estas diferencias pueden explicarse, entre otros factores, por el incremento en la cosecha de la variedad CC 01-1940 en el ambiente húmedo y por el mejoramiento de las condiciones climáticas que inciden más positivamente en este ambiente (**Cuadro 4**).

Se espera que en el año 2014 el promedio de TCH de la industria sea superior a 115 TCH, lo que dependerá fundamentalmente de la edad de cosecha.

Cuadro 3. Indicadores de productividad de la industria azucarera colombiana entre enero y diciembre de 2012 y 2013.

Indicador	Trimestres 2013				Enero-Diciembre			Diferencia 2013-2012 %- °C	Desviación estándar 2013
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	2012	2013	2004- 2013		
Campo (datos de trece ingenios) ¹									
Área neta sembrada en caña (ha)	-	-	-	-	227,748	225,560	-	-1.0	-
Área cosechada (ha)	44,713	40,098	58,038	50,623	207,193	193,472	1,855,859	-6.6	-
Número de suertes cosechadas	6182	5946	7886	6774	27,128	26,788	240,856	-1.3	-
Edad de corte (meses)	12.1	12.3	12.4	12.7	12.8	12.4	13.3	-3.1	1.0
Número de corte	5.9	5.5	5.0	5.2	5.6	5.3	5.1	-5.4	4.0
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	95.4	105.9	114.5	116.4	103.9	108.8	116.6	4.7	26.0
Toneladas de caña por hectárea mes (TCHM)	7.9	8.7	9,2	9,2	8.2	8.8	8.9	7.3	2.0
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	11.0	11.7	13.6	13.6	12.2	12.6	13.6	3.3	3.3
Toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM)	0.91	0.96	1.09	1.07	0.97	1.02	1.04	5.2	0.25
Rendimiento comercial (%) ²	11.5	11.1	11.9	11.7	11.7	11.6	11.6	-0.9	1.2
Fábrica (datos de doce ingenios) ³									
Toneladas totales de caña molida ⁴	4,391,423	4,236,918	6,900,385	5,845,469	20,699,179	21,374,196	215,055,770	3.3	-
Toneladas totales de azúcar producido ⁵	506,422	461,550	828,834	688,883	2,462,883	2,485,689	25,204,536	0.9	-
Rendimiento real con base en 99.7% Pol ⁶	11.54	11.02	12.01	11.68	11.89	11.63	11.72	-2.2	-
Fibra % caña	15.65	15.42	14.61	15.18	15.48	15.14	14.99	-2.2	-
Sacarosa aparente % caña	13.13	12.58	13.57	13.26	13.49	13.19	13.36	-2.2	-
Pérdidas sacarosa en bagazo % sacarosa caña	3.98	3.88	3.49	3.76	4.08	3.74	4.07	-8.3	-
Pérdidas sacarosa en cachaza % sacarosa caña	0.55	0.56	0.48	0.67	0.56	0.56	0.67	0.01	-
Pérdidas sacarosa indeterminadas % sacarosa caña	1.36	1.44	1.13	1.34	1.15	1.30	1.49	13.2	-
Pérdidas sacarosa en miel final % sacarosa caña	6.44	6.72	6.54	7.40	6.34	6.79	6.24	7.0	-
Litros de etanol (miles)	89,084	98,471	106,772	93,527	369,762	387,854	-	4,9	-
Clima (datos de 34 estaciones RMA) ⁷									
Precipitación (mm)	261	366	191	348	1202	1166	-	-3,0	-
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	11.1	10.7	12.0	10.6	11.4	11.1	-	-0.34°C	-
Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	397	395	415	387	406	399	-	-1.8	-
Condición climática externa	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	-	-	-

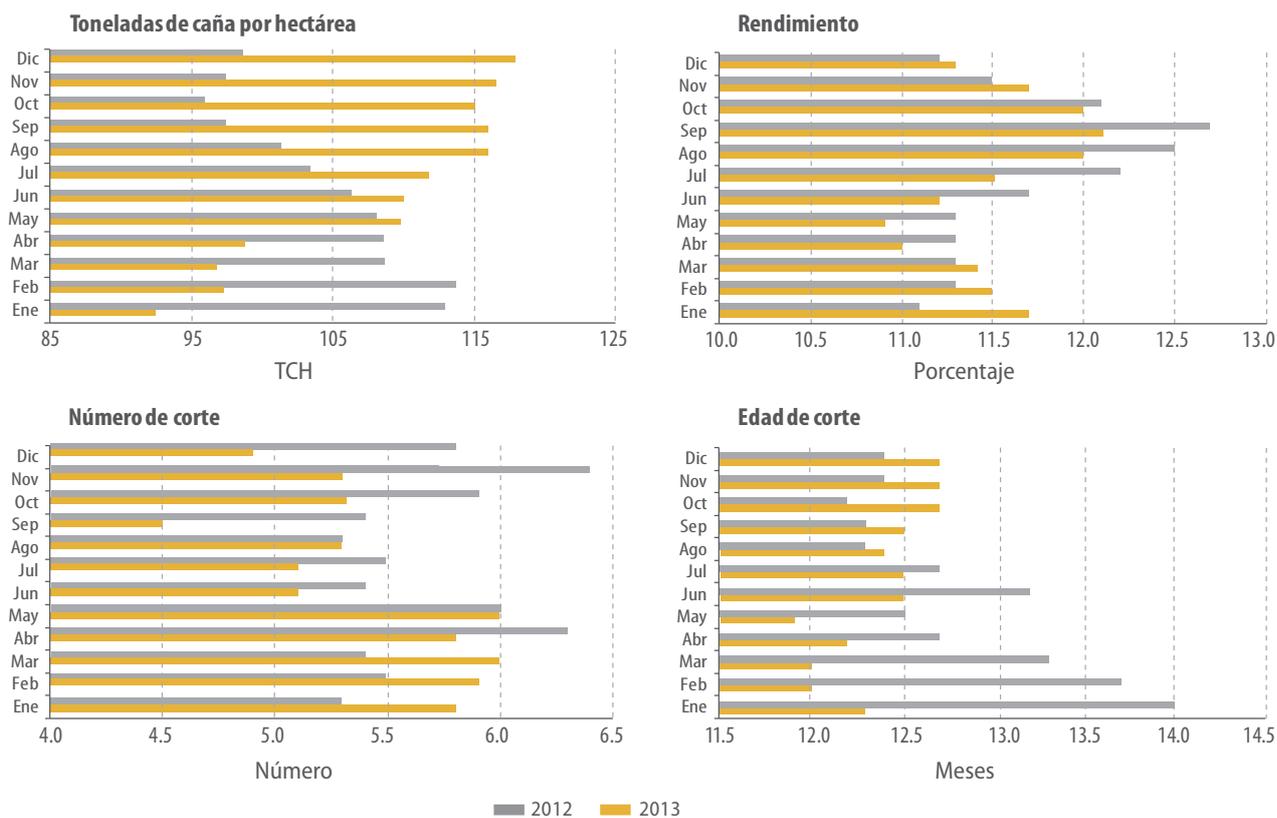
- Ingenios Carmelita, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y San Carlos.
- Rendimiento comercial: porcentaje (%) de azúcar (en peso) recuperado por tonelada de caña molida. Resultado promedio ponderado por las toneladas totales de caña molida. Ver numeral 4 en este pie de cuadro.
- Todas las cifras de fábrica corresponden a promedios ponderados con respecto a las toneladas totales de caña molida reportadas por doce ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Inter Ingenios: Carmelita, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y San Carlos.
- Toneladas totales de caña molida: comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el periodo menos el saldo en patios al finalizar el periodo (existencias + caña entrada – saldo patios).
- Toneladas totales de azúcar producido: suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido.
- Rendimiento real: porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida, en el cual el azúcar neto corresponde al azúcar elaborado y empacado más la diferencia de los inventarios anterior y actual del azúcar de los materiales en proceso en el periodo considerado (mieles, masas, magmas, meladuras y jugos). Este índice convierte todos los tipos de azúcares a una misma base de contenido de Pol 99.7°, el cual corresponde al tipo de azúcar de mayor producción en el sector, el azúcar blanco.
- RMA: Red Meteorológica Automatizada de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

Valores medios multianuales 1994-2013	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)
Primer trimestre	285	418	11.0
Segundo trimestre	380	392	10.3
Tercer trimestre	194	416	11.7
Cuarto trimestre	379	397	10.3

Cuadro 4. Productividad de la caña de azúcar en tres ambientes de cultivo en el valle del río Cauca, Colombia. Valores promedio \pm desviación estándar de los años 2012 y 2013.

Variable	Ambiente seco-semiseco		Ambiente húmedo		Ambiente de piedemonte	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Edad (meses)	12.9 \pm 1.7	12.4 \pm 0.9	12.4 \pm 1.5	12.2 \pm 1.0	12.8 \pm 1.4	12.5 \pm 1.0
Corte (No.)	6.1 \pm 4.1	5.8 \pm 4.1	5.6 \pm 3.8	5.3 \pm 4.1	4.6 \pm 3.0	4.4 \pm 3.0
TCH	109.5 \pm 23.7	110.9 \pm 24.4	90.6 \pm 23.2	102.7 \pm 25.1	91.2 \pm 22.8	91.4 \pm 23.1
TCHM	8.6 \pm 1.8	9.0 \pm 1.9	7.4 \pm 1.8	8.5 \pm 2.0	7.2 \pm 1.8	7.4 \pm 1.8
TAH	12.9 \pm 2.9	12.8 \pm 3.1	10.7 \pm 2.7	12.0 \pm 3.2	11.1 \pm 2.7	10.9 \pm 3.0
TAHM	1.02 \pm 0.23	1.04 \pm 0.23	0.88 \pm 0.22	0.99 \pm 0.26	0.88 \pm 0.22	0.88 \pm 0.23
Rto (%)	11.8 \pm 1.2	11.6 \pm 1.2	11.8 \pm 1.2	11.7 \pm 1.3	12.2 \pm 1.3	12.0 \pm 1.2

Figura 5. Indicadores de la productividad de campo de la agroindustria azucarera colombiana en 2012 y 2013. Datos de trece ingenios.



El incremento de la producción total de caña y azúcar con respecto al 2012 se debió al aumento de TCH. Este incremento de TCH fue escalonado: empezó en enero de 2013 con 92.3 TCH y llegó en diciembre a 117.9 TCH.

Variedades de caña de azúcar

Las variedades más cosechadas en 2013 fueron CC 85-92 (71%), CC 93-4418 (8.55%) y CC 84-75 (7.5%). Esto muestra que la variedad CC 85-92 tiene todavía una marcada influencia en los resultados de productividad. Es importante resaltar que la variedad CC 93-4418 desplazó la CC 84-75 del segundo lugar en cosecha, y que la CC 01-1940 se encuentra ya en quinto lugar (**Cuadro 5**).

El censo de variedades a 31 de diciembre de 2013 mostró que el 83.8% del área está sembrada con cuatro variedades Cenicaña: CC 85-92, CC 93-4418, CC 84-75 y CC 01-1940. Las variedades CC 85-92 y CC 84-75 disminuyeron en 5.9 y 1.7 unidades porcentuales, respectivamente, al compararlas con 2012. Por su parte, las variedades CC 93-4418 y CC 01-1940 aumentaron en 5.9 y 3.6 unidades, respectivamente. Otras variedades Cenicaña, como CC 93-4181, CC 01-1228 y CC 98-72 ganaron en participación. Las otras variedades de este grupo de 16 variedades principales disminuyeron o permanecieron estables (**Cuadro 6**).

La productividad de variedades CC cosechadas en 15 zonas agroecológicas (69% del área cosechada) se presenta en el **Apéndice II**. En las 15 zonas agroecológicas estas variedades alcanzaron resultados de productividad superiores a CC 85-92 y CC 84-75. Las variedades que se destacaron con mayor frecuencia fueron CC 93-4418, CC 93-4181, CC 93-3895, CC 92-2198, CC 01-1940, CC 01-1228, CC 98-72 y CC 93-3826.

Para complementar la información acerca de las variedades se presentan los resultados mediante curvas de isomargen, que muestran el índice de margen operacional (IMO) (**Figura 6**). El 100% del IMO se refiere al promedio de la utilidad operacional de todas las suertes cosechadas por la industria, en el supuesto de que todas corresponden a tierras propias de los ingenios y fue calculado con base en el precio ponderado del azúcar (promedio del sector a diciembre de 2012). Los costos de campo no incluyen el costo de la tierra, y engloban todos los costos directos de adecuación, preparación, siembra y levantamiento del cultivo.

Los valores más altos de IMO se consiguieron en las zonas 15H1, 5H3, 1H1, 6H1, 11H1, 10H3 y 11H0, la mayoría de ellas zonas secas y de alta fertilidad, y las variedades destacadas fueron CC 93-4418, CC 93-3826, CC 01-1940 y CC 93-4181. Los valores más bajos de IMO se registraron en las zonas 6H3, 6H2, 8H3, 11H3, 10H4 y 5H3 (zonas húmedas), y las variedades cosechadas con esos valores bajos fueron CC 84-75 y CC 85-92. En el 57.3% de los casos reportados en la **Figura 6** se consiguió un IMO superior al promedio de la industria.

Observaciones de fábrica

El menor contenido de fibra y los cambios tecnológicos en los ingenios contribuyeron al incremento en 0.34 unidades de la extracción directa, que mide la eficiencia de la recuperación de sacarosa en los molinos; ésta alcanzó un valor de 96.26%.

Asimismo, las pérdidas en miel final, expresadas como % sacarosa caña, aumentaron en 0.45 unidades con respecto al 2012 y alcanzaron un valor de 6.79%, lo que está asociado a un incremento en el contenido de no sacarosa procesado en la fábrica. Las pérdidas de sacarosa en indeterminadas disminuyeron en 0.15 unidades con respecto al 2012, debido al tiempo seco al momento de la cosecha y a una mayor estabilidad de la molienda.

Finalmente, la eficiencia en recuperación de sacarosa en la fábrica permaneció constante: 87.92 kg de sacarosa recuperados por cada 100 kg de sacarosa en caña.

Al comparar las cifras del periodo 2004- 2012 con las obtenidas en el año 2013, se evidencia una reducción significativa en las pérdidas de sacarosa en bagazo, cachaza e indeterminadas; solo se incrementaron las pérdidas en miel final por el mayor contenido de no azúcares que ingresaron a la fábrica asociado al incremento en el procesamiento de los residuos agrícolas de cosecha.

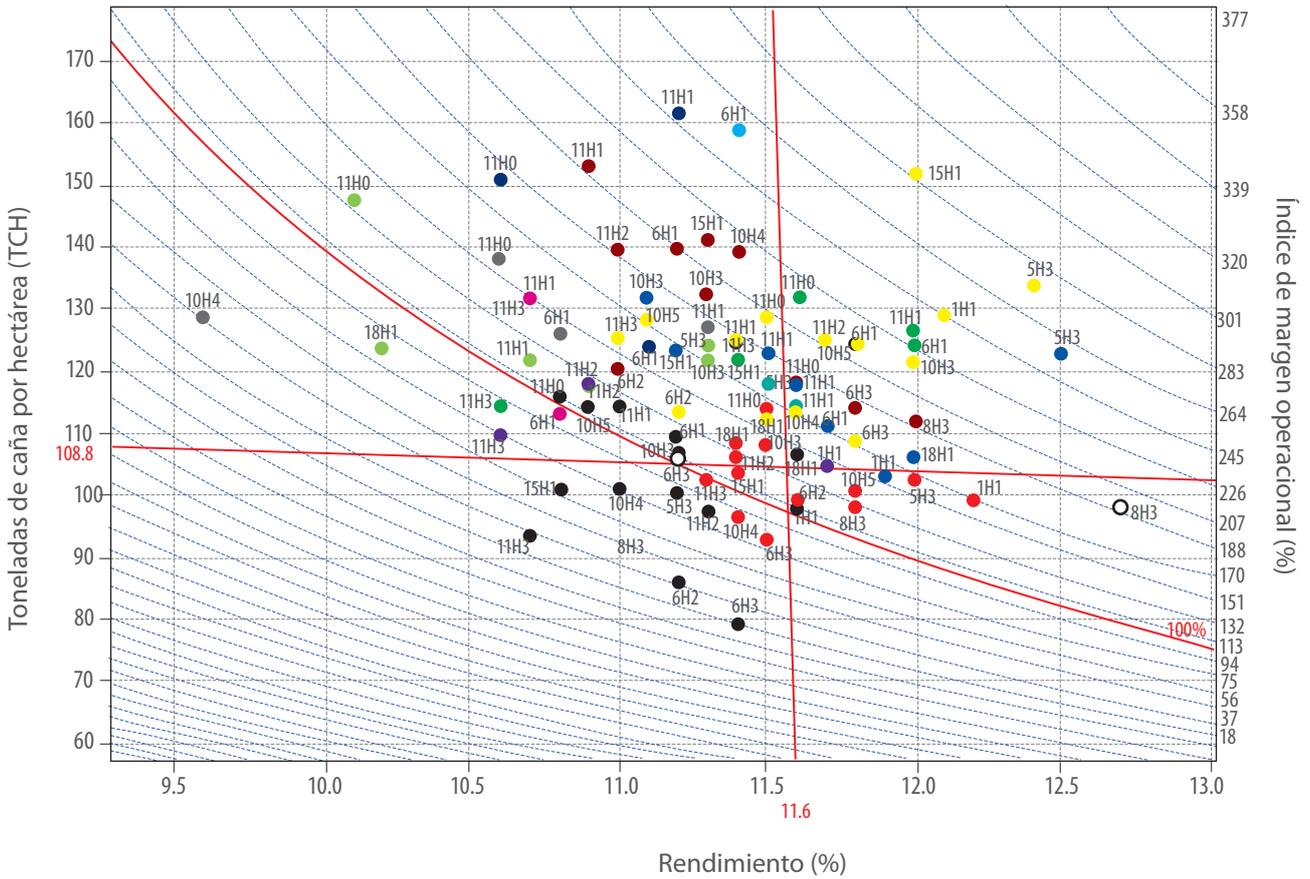
Cuadro 5. Participación de las variedades comerciales y semicomerciales en el área cosechada. Datos de trece ingenios, 2012 y 2013.

Variedad	Participación en el área cosechada (%)	
	2012	2013
CC 85-92	74.64	71.04
CC 93-4418	3.87	8.55
CC 84-75	9.70	7.53
V 71-51	2.19	1.70
CC 01-1940	0.28	1.68
Miscelánea	1.44	1.41
PR 61-632	1.61	1.14
CC 93-4181	0.81	0.96
CC 01-1228	0.35	0.89
CC 93-3826	0.87	0.80
CC 92-2198	0.81	0.76
CC 93-3895	0.73	0.48
SP 71-6949	0.01	0.46
CC 92-2804	0.54	0.45
MZC 74-275	0.46	0.31
CC 98-72	0.08	0.21
Otras	1.61	1.64

Cuadro 6. Participación de las variedades comerciales y semicomerciales en el área sembrada. Datos de trece ingenios, 2012 y 2013.

Variedad	Participación en el área sembrada (%)	
	2012	2013
CC 85-92	66.4	60.5
CC 93-4418	7.9	12.1
CC 84-75	7.4	5.7
CC 01-1940	2.0	5.5
CC 01-1228	0.9	1.3
V 71-51	1.9	1.3
SP 71-6949	0.5	1.1
CC 93-4181	0.9	1.0
PR 61-632	1.1	1.0
CC 98-72	0.4	0.8
CC 93-3826	0.8	0.8
CC 92-2198	0.7	0.7
CC 93-3895	0.5	0.4
RB 73-2223	0.1	0.3
CC 97-7170	0.1	0.3
CC 92-2804	0.4	0.3
Misceláneas y otras	3.4	3.9
Renovación	4.8	3.1
Total	100.0	100.0

Figura 6. Índice de margen operacional obtenido con catorce variedades según la zona agroecológica. Datos de trece ingenios. 2013.



Desviación estándar de TCH: 26 y de rendimiento: 1.2

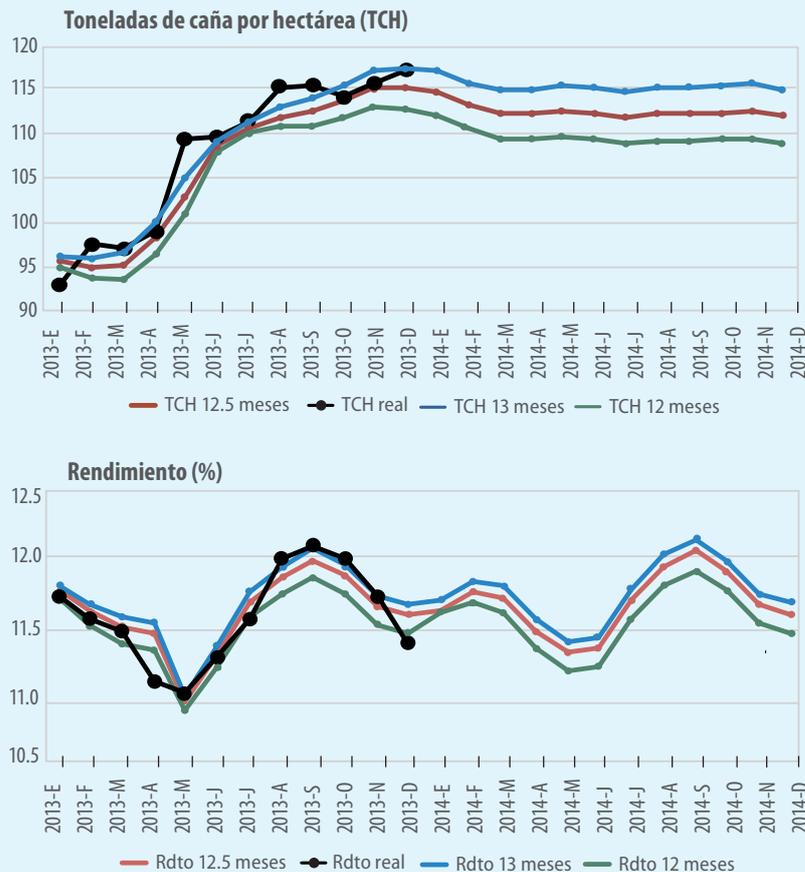
- CC 85-92
- CC 93-4418
- CC 01-1940
- CC 01-1228
- CC 03-154
- SP 71-6949
- CC 98-72
- CC 84-75
- CC 93-4181
- CC 92-2198
- CC 93-3826
- CC 97-7170
- CC 93-3895
- CC 92-2804

Pronósticos de productividad 2014

Para estimar el comportamiento de la productividad en TCH y rendimiento para el 2014, considerando una condición climática externa normal y tres edades de cosecha (12, 12.5 y 13 meses), se utilizaron modelos estadísticos propuestos por Cenicaña en 2010 y aplicados en los últimos tres años. Estos pronósticos indican que:

- La productividad en 2014, medida en toneladas de caña por hectárea, seguirá subiendo hasta estabilizarse en 115 - 120 TCH, según la edad a la cual se coseche la caña. Este supuesto se basa también en las condiciones climáticas presentes durante la cosecha anterior y el levantamiento del cultivo en 2013 (**Figura 7**).
- En cuanto al rendimiento, medido porcentualmente, la productividad conservará el comportamiento histórico: será menor en el primer semestre y mayor en el segundo semestre. Este pronóstico presume que durante el 2014 las condiciones climáticas serán normales (**Figura 7**).

Figura 7. Tendencia de la productividad en 2014.



Visión 2030

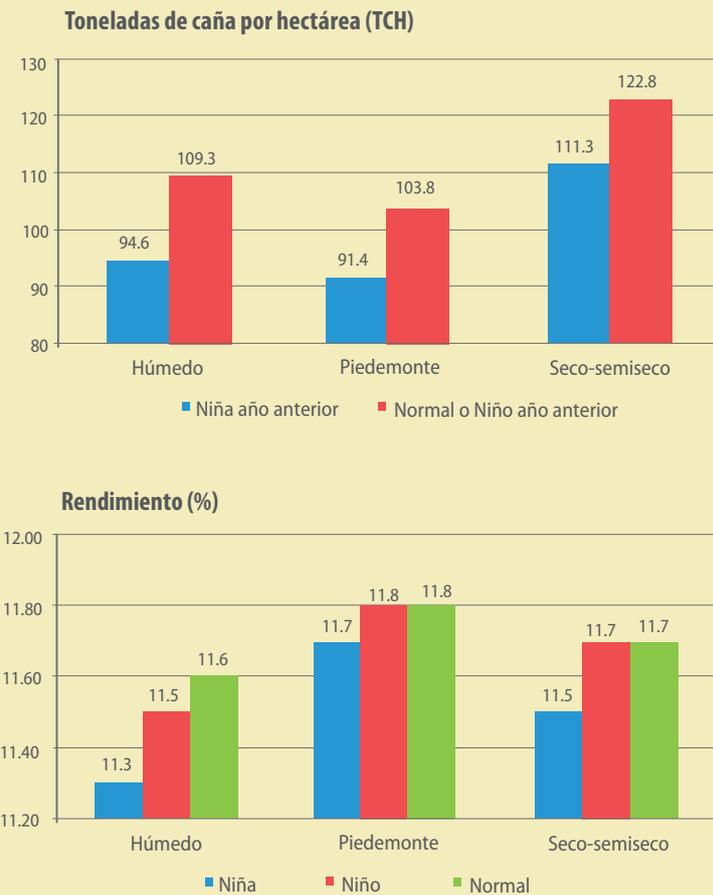
Proyección de la productividad

En la búsqueda de estrategias adicionales para cumplir las proyecciones de productividad para el 2014, 2019 y 2030, Cenicaña procesó datos comerciales en los tres ambientes característicos del valle del río Cauca, teniendo en cuenta tanto una condición climática externa normal como la ocurrencia de los fenómenos El Niño y La Niña. Para el 2030 la meta es alcanzar una productividad de 153.1 toneladas de caña por hectárea y 14.2% en rendimiento de azúcar.

Para 2030 se tomaron como línea base los resultados presupuestados para 2019, correspondientes al quinquenio 2017-2021 (en promedio, 134.3 TCH y 12.9% rendimiento) y sus correspondientes productividades por ambiente: seco-semiseco (138 TCH y 12.9%), piedemonte (121 TCH y 13.1%) y húmedo (124 TCH y 12.7%).

Se encontró que para pasar de 134.3 TCH promedio del quinquenio a 153.1 TCH es necesario aumentar la productividad de 138 TCH a 156.5 TCH en ambiente seco-semiseco; de 124 TCH a 142.6 TCH en ambiente húmedo, y de 121 TCH a 144 TCH en piedemonte. Esto significa un incremento aproximado de 14%.

Figura 8. Resultados en productividad por ambiente en condiciones El Niño, La Niña o Normal.



En el caso del rendimiento en azúcar, para superar el 12.9% promedio del quinquenio y alcanzar la meta de 14.2%, es necesario pasar de 12.9% a 14.2% en ambiente seco-semiseco; de 12.7% a 14.0% en ambiente húmedo, y de 13.1% a 14.4% en ambiente de piedemonte, o sea un incremento aproximado de 10%.

Por supuesto, estos resultados pueden variar dependiendo por las condiciones edáficas, de clima y de manejo. En cuanto al clima, su efecto es decisivo según el ambiente. Por ejemplo, si el año anterior la condición fue de La Niña, en el ambiente seco-semiseco la productividad disminuye en 11 TCH; en ambiente de piedemonte disminuye en 12 TCH, y en ambiente húmedo la disminución es de 14 TCH.

En cuanto al rendimiento en azúcar el efecto se da en el mismo año; de tal manera que si la condición en el mes de cosecha es Niño o Normal, el rendimiento en piedemonte y seco-semiseco no varía; pero en ambiente húmedo el Niño disminuye un poco el rendimiento en relación con las condiciones climáticas normales.

Cuando sucede el fenómeno La Niña su efecto se produce en los tres ambientes, así: el rendimiento en piedemonte disminuye 0.1 unidades respecto a Normal y El Niño; en seco-semiseco, 0.2 unidades; y en húmedo baja 0.2 unidades con respecto al Niño y 0.3 unidades con respecto a Normal (**Figura 8**).

Los anteriores efectos, que pertenecen a la categoría de factores no controlables, se deben tener presentes al realizar proyecciones de productividad, ya que los promedios variarán de acuerdo con su impacto, que se encuentra entre ± 10 y ± 15 para TCH y entre ± 0.1 y ± 0.3 para rendimiento en azúcar. •



2013

Adopción de variedades

El sector azucarero colombiano continuó en el año 2013 introduciendo nuevas variedades, de tal forma que 20,500 ha sembradas con CC 85-92, CC 84-75 y V 71-51 fueron renovadas y sembradas principalmente con CC 93-4418, CC 93-4181 y CC 98-72 en ambientes semisecos; CC 01-1940, en ambientes húmedos; y SP 71-6949, en ambientes de piedemonte (**Cuadro 7**).

En este año también continuó la tendencia a disminuir el área sembrada con CC 85-92 y a aumentar el área sembrada con otras variedades, lo cual se acerca al balance varietal promovido por Cenicaña para proteger al sector azucarero de eventualidades sanitarias (**Figura 9**).

A corto plazo, la meta del sector azucarero es que cuatro variedades se encuentren sembradas en el 80% del área total (20% cada una) y que el 20% restante sea cubierto por variedades que están aumentando o disminuyendo su área. De acuerdo con este criterio, las cuatro variedades que deben cubrir ese 80% podrían ser CC 85-92, CC 93-4418, CC 93-4181 y CC 01-1940. El 20% restante estaría sembrado con CC 97-7170, CC 98-72 y CC 03-154 como las que están aumentando; y CC 84-75, PR 61-632 y V 7151 como las variedades que están disminuyendo su área. En menor escala hay un número amplio de opciones varietales, las cuales aumentaron más de 1700 ha su área sembrada durante el año.

Se anota que la menor área registrada como sembrada con caña en el 2013 no se debe tomar como una menor área total, pues esto obedece al aumento de área en caña transitoria, sin contrato y sin matricular a algún ingenio en particular para su cosecha. Dicha caña es cortada y procesada por diferentes ingenios durante su ciclo de cultivo.

La disminución en el área sembrada con CC 85-92 se debe no sólo a la incidencia de la roya café, que aumentó su severidad en el último año, sino por la mayor productividad de las nuevas variedades en determinadas zonas agroecológicas. Por esta razón, es importante continuar los procesos de renovación con el enfoque de agricultura específica por sitio: sembrar en un determinado lote y en su respectiva zona agroecológica la variedad que mayor productividad ofrece para esas condiciones. Una herramienta fundamental en este propósito es la Guía de Recomendaciones Técnicas, disponible en el sitio web de Cenicaña.

Con base en el área sembrada y los resultados comerciales de productividad obtenidos en el sector, se debe hacer énfasis en la siembra de las variedades CC 93-4418, CC 93-4181, CC 98-72 y CC 97-7170 en los ambientes semisecos, especialmente en las zonas agroecológicas 6H1, 11H0 y 11H1; de las variedades CC 01-1940, CC 05-940, CC 04-526 y CC 03-469 para los ambientes húmedos, con prioridad en las zonas agroecológicas 11H3, 10H3, 5H3, 10H5 y 10H4; y finalmente, de las variedades CC 00-3257, CC 00-3771, CC 99-2461, CC 91-1606, SP 71-6949 y RB 72-2223 en ambientes de piedemonte, marcadamente en las zonas agroecológicas 11H1, 11H2, 22H0, 6H1 y 8H3. •

El sector azucarero colombiano continuó en el año 2013 la tendencia a disminuir el área sembrada con CC 85-92 y a aumentar el área sembrada con otras variedades, con lo cual se acerca al balance varietal promovido por Cenicaña.

Cuadro 7. Variación en área de las variedades sembradas a diciembre 31 de 2013.

Variedad	2013		2012		Diferencia 2013-2012	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
CC 85-92	138,384	60.5	151,181	66.4	-14,797	-9.8
CC 93- 4418	27,185	12.1	18,067	7.9	9118	50.5
CC 84-75	12,908	5.7	16,934	7.4	-4026	-23.8
CC 01-1940	12,495	5.5	4526	2.0	7969	176.1
V 71-51	2862	1.3	4221	1.9	-1359	-32.2
CC 01-1228	2872	1.3	1949	0.9	923	47.3
SP 71-6949	2433	1.1	1075	0.5	1358	126.3
CC 93-4181	2194	1.0	2029	0.9	164	8.1
PR 61-632	2173	1.0	2413	1.1	-240	-10.0
CC 98-72	1860	0.8	980	0.4	880	89.8
CC 93-3826	1769	0.8	1811	0.8	-43	-2.4
CC 92-2198	1641	0.7	1634	0.7	7	0.5
Misceláneas y otras	11,792	5.2	10,047	4.4	1745	17.4
Renovación	6991	3.1	10,879	4.8	-3888	-35.7
Total	225,560	100.0	227,748	100	-2189	-1.0

Figura 9. Distribución varietal a diciembre 31 de 2013.

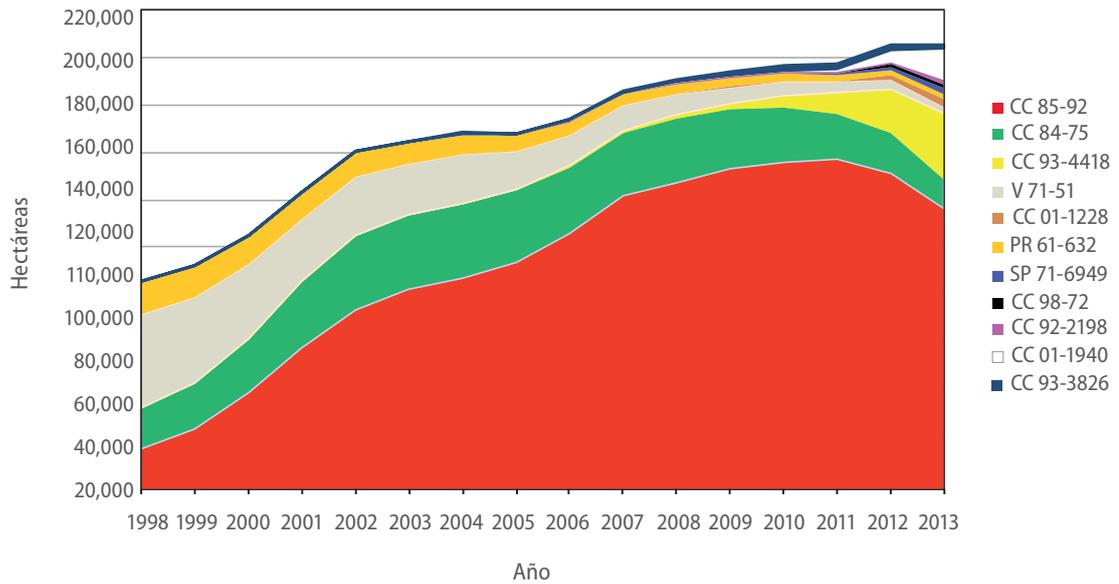


Figura 10. Comité de Variedades reunido el 13 de noviembre de 2013, donde se presentaron propuestas de distribución varietal para evitar riesgos sanitarios y darle la oportunidad a nuevas variedades.





En el 2013, la variedad CC 93 –4418 desplazó a la CC 84-75 del segundo lugar en cosecha.

CATE: Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica

Mejorar los estándares tecnológicos y la logística del sistema para disminuir los costos de producción y obtener mejoras económicas en el sector productivo.

21 Transporte y recepción de caña

22 Logística del sistema CATE



Vagones de autovoltéeo de mínimo peso.

Transporte y recepción de caña

En esta área de trabajo del proyecto CATE se pretende mejorar los estándares tecnológicos y la eficiencia del transporte y recepción de la caña en las fábricas. Para alcanzar este propósito, durante el 2013 se continuó con el seguimiento de los indicadores logísticos asociados a la operación con vagones de transporte de mínimo peso y su impacto en la disminución de los costos de operación. También culminó la evaluación de vagones prototipo de autovolteo de mínimo peso para el trasbordo de caña troceada.

Vagones de transporte de mínimo peso: seguimiento logístico e impacto económico

En el seguimiento a la implementación de los vagones de descarga lateral con capacidad de 24 toneladas y bajo peso estructural se presentaron valores de carga entre 24-25 toneladas de caña troceada por vagón, en ciclos operativos de cosecha en los ingenios Incauca y Providencia.

Luego de dos años de operación y de más de 1,700,000 toneladas de caña movilizadas se evidencian las siguientes ventajas en la operación de estos vagones:

- Reducción del costo de la actividad de transporte entre 9% y 11%, en cada caso.
- Aumento de 20% en la caña transportada en comparación con los vagones HD 20000 (carga de 20-21 toneladas de caña).

Diseño de vagones de autovolteo de mínimo peso: evaluación mecánica y seguimiento logístico

Con el fin de optimizar la logística y eficiencia de la operación de trasbordo a vagones de transporte de bajo peso de descarga alta (HD) y descargue lateral (DL) 24000, se planteó la ingeniería básica para la construcción de vagones de autovolteo de bajo peso estructural (menor de seis toneladas), carga por eje menor de seis toneladas, trocha variable y capacidad múltiple de la capacidad de carga de los vagones de transporte.

Se continuó la evaluación del comportamiento mecánico y operativo de dos prototipos de vagones de autovolteo construidos por dos empresas metalmeccánicas de la región y de un prototipo de tres ejes con capacidad de carga de 12 toneladas. Los vagones se caracterizan por tener dos ejes y capacidad de carga de 8.5 t. Además, se evaluó un vagón de autovolteo brasilero de dos ejes, con capacidad de 10 t. Las evaluaciones se realizaron en los ingenios Incauca, Providencia y Riopaila-Castilla planta Castilla.

En el seguimiento de la operación se determinaron taras de 6640 kg y 6580 kg y carga por eje de 7.4 t y 7.2 t para los vagones de 8.5 t; 8200 kg de tara y 6.8 t de carga por eje para el vagón de 12 t; y 5400 kg de tara y 6.8 t de carga por eje para el vagón de 10 t, y se registraron relaciones peso caña/peso acero hasta de 1.31, 1.52 y 1.50 para cada caso.

La utilización de los vagones DL 24000 reduce los costos de transporte de caña entre 9% y 11%, y aumenta en 20% la cantidad de caña transportada por tren en comparación con los vagones HD 20000.

Las pruebas de desempeño durante el cargue y trasbordo involucraron mediciones de fuerza de tiro, análisis de estabilidad y medición de reacciones.

Las mediciones de fuerza de tiro determinaron que:

- El vagón de 12 toneladas requiere un 22% más de energía por tonelada de caña transportada con respecto a los vagones de 8.5 toneladas.
- El vagón de 10 toneladas presenta una disminución del 30% de la energía requerida frente a los vagones de 8.5 toneladas.

Las pruebas de estabilidad indicaron que:

- Los vagones de 8.5 t y 10 t no presentaron dificultades de estabilidad en la operación de trasbordo durante la medición de reacciones.
- Durante esta evaluación el vagón de 12 t mostró deficiencias en su estabilidad debido a su configuración y ancho de trocha.

En las evaluaciones de la logística de la operación se realizaron mediciones en 40 ciclos de cargue y trasbordo y distancias de arrastre de los vagones de autovolteo entre 50 m y 800 m en terreno seco, con las que se obtuvieron los tiempos promedio del comportamiento del ciclo operativo para cada condición:

- Un aumento cercano al 3% en el costo de la operación de trasbordo de los vagones de autovolteo de 8.5 t con respecto a los vagones de 12 t.
- No se encontraron diferencias importantes en el costo operativo entre los vagones de 8.5 t y 10 t.

Finalmente, de los vagones evaluados se concluye que el vagón brasilero cumplió con los requisitos solicitados a los fabricantes: tiene una tara menor de seis toneladas, la carga por eje más baja y es estable durante la operación. En la evaluación mecánica se evidenció que el vagón está construido con perfiles de acero de alta resistencia en el puente de volteo y tiene una óptima calidad de soldaduras; además, es posible fabricarlo con trocha variable.

Logística del sistema CATE

Este componente del proyecto CATE busca caracterizar la logística integral del sistema para definir indicadores relacionados con la operación, y con ello desarrollar modelos de simulación que contribuyan a definir y seleccionar opciones tecnológicas para la adopción de mejores prácticas en alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica.

Durante 2013, con el objetivo de aumentar la densidad de carga en el transporte de caña larga cosechada manualmente, se evaluaron nuevos sistemas de alce, trasbordo y transporte de caña larga.

Sistema de trasbordo y transporte de caña larga con vagones de mínimo peso y alta densidad de carga

El sistema utiliza un vagón de mínimo peso, tipo esqueleto, de 35 m³ y tara inferior a cinco toneladas, que se carga con alzadora convencional y transporta la caña larga desde la suerte hasta los vagones de transporte de mínimo peso, ubicados en una estación de trasbordo (callejón, patio o bahía). El trasbordo se realiza con una grúa de alta capacidad con grab o mordaza de capacidad de carga entre 3-4 toneladas, montada sobre una plataforma para su movilización y transporte.

Cenicaña elaboró la ingeniería básica del grab con capacidad para cuatro toneladas de carga y se seleccionó la grúa requerida para efectuar la operación eficientemente. El Ingenio Risaralda contrató la construcción del grab para las pruebas preliminares.

En las pruebas se utilizó una excavadora Caterpillar 315CL, a la que se le instaló el grab construido. Cada vagón esqueleto cargó hasta 8.3 toneladas con densidad de carga de 290,6 kg/m³ (**Figura 11**), y el promedio de caña trasbordada con el equipo de trasbordo a vagones de transporte fue de 9.34 t, alcanzándose una densidad de carga de 353 kg/m³ que representa un aumento del 20% con respecto a la operación de cargue directo realizada a vagones de transporte HD 20000, en la que se logran densidades de 292 kg/m³. Esto indica que existe un potencial de mejora y reducción de costos del transporte de la caña larga que podría representar hasta un 2.3% del costo del CATE.

Figura 11. Vagón esqueleto cargado



Sistema de troceado con discos adaptado a alzadoras convencionales: ingeniería básica

El sistema de cosecha semimecánico requiere de alzadoras para cargar la caña cortada manualmente hacia los vagones de transporte. Esta condición, sumada a la longitud de la caña, impide que se acomode de manera adecuada sobre el vagón, lo cual genera espacios vacíos que impactan la densidad de carga.

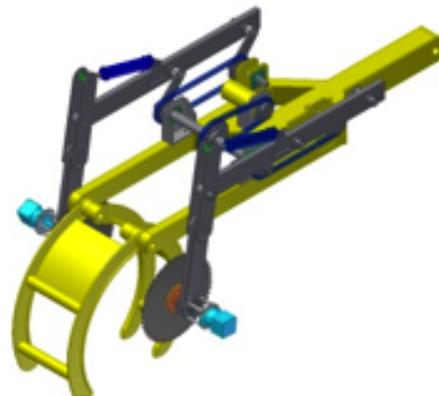
Cenicaña y el Ingenio Pichichí están diseñando un mecanismo de corte que permita trozar en porciones más pequeñas la caña para lograr transportar una mayor cantidad por su mejor distribución en los vagones y a una densidad más alta, sin modificar las características operacionales de capacidad y velocidad de trabajo de las alzadoras.

Para el efecto, Cenicaña desarrolló la ingeniería básica de un implemento de troceado compuesto por dos sierras tipo disco de corte (similar a los utilizados en el aserrado de madera), que por medio de cuatro barras describen una trayectoria que permitirá el corte al paquete de caña alzado (**Figura 12**). Esta propuesta incluye el diseño de los componentes mecánicos y el circuito hidráulico, con base en un análisis teórico del estado de cargas presente durante la operación. Esta información será validada por dinamometría en un banco de pruebas hidráulico.

Implementar sistemas de corte de este tipo permite una trayectoria de corte sin variaciones en su forma, una velocidad de alimentación constante y un bajo consumo de potencia. También disminuye la susceptibilidad a fallas mecánicas por menor cantidad de elementos en el sistema y no requiere ningún tipo de lubricación.

Para trozar en porciones más pequeñas la caña larga y lograr un aumento en la densidad de carga transportada se avanzó en el desarrollo de la ingeniería básica de un sistema de troceado, acoplado a las alzadoras de caña.

Figura 12. Esquema de ingeniería básica del mecanismo de sierras tipo disco de corte.



Sistema de troceado con motosierras hidráulicas adaptado a alzadoras convencionales: apoyo al desarrollo

Con el objetivo de aumentar la densidad de carga para el transporte de la caña cosechada con el sistema de cosecha semi-mecánico, Cenicaña apoyó durante el 2013 al Ingenio Incauca en el desarrollo de un sistema de corte para caña larga utilizando motosierras hidráulicas. Esta actividad involucró el análisis mecánico y cinemático del mecanismo de corte, lo que permitió identificar posibles zonas de fallas en la cadena de corte y proponer soluciones a su descarrilamiento que impedía el funcionamiento continuo del sistema.

Sistema de alce de caña larga con cables: ingeniería conceptual

Esta propuesta busca disminuir el impacto de las cargas de los equipos de cosecha sobre el suelo y reducir los costos del sistema CATE para caña larga en zonas de ambiente húmedo, al incrementar la densidad de carga en los vagones de transporte. El sistema consiste en ubicar en los callejones de la suerte dos grúas autopropulsadas, que mediante cables transportan la caña larga (dispuesta en contenedores metálicos conocidos como burritos) desde la suerte hasta el callejón, donde se dispone de una estación que troza la caña y por medio de un elevador o banda transportadora la lleva al vagón de transporte.

Con este propósito se avanzó en la ingeniería conceptual de los componentes del sistema grúa autopropulsada, carro transportador, contenedores metálicos para el alce de la caña larga y centro de picado, con los cálculos que permitan especificar las dimensiones de los equipos requeridos, y se inició el análisis logístico del sistema propuesto con la estimación de los tiempos de cargue y trasbordo. •



Programa de variedades

Obtener variedades que expresen su potencial genético en ambientes específicos y que mejoren la productividad y rentabilidad de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en el valle del río Cauca.

- 
- A man wearing a light-colored long-sleeved shirt, a wide-brimmed hat, and glasses is looking at several sugarcane seedlings in black plastic pots. He is holding a small white tag attached to one of the plants. The background shows a greenhouse structure with large windows.
- 27** Mejoramiento genético
 - 30** Biotecnología
 - 31** Entomología
 - 33** Fitopatología
 - 34** Servicios de sanidad vegetal

Mejoramiento genético de variedades

Durante el 2013 fueron evidentes los avances en la selección y disponibilidad de nuevas variedades para los ambientes del sector, tanto en sacarosa % caña como en TCH y TSH. A este respecto, se registraron algunas variedades con 20% más de sacarosa, 5-9 % más de TCH y 4% a 20% más de TSH que el testigo CC 85-92 en el ambiente semiseco. Avances similares se presentaron para el ambiente húmedo con la selección de variedades: 3% de sacarosa y 19% TSH por encima de CC 85-92.

Variedades para el ambiente seco-semiseco

Estado I-2014. En la plantilla del estado I-2014 se evaluaron 106 familias de hermanos completos (10,300 clones) y los testigos CC 85-92 (comercial), CC 93-3826 (por sacarosa) y MZC 74-275 (por sacarosa), en la estación experimental San Antonio de los Caballeros de Cenicaña. Las familias evaluadas fueron estadísticamente diferentes a los testigos comerciales. El coeficiente de variación fue de 1.83%, lo cual brinda confiabilidad en el comportamiento de las variedades. El promedio general de sacarosa % caña fue 14.63% y varió entre 12.66% y 16.61%. El contenido promedio de sacarosa para CC 85-92 y CC 93-3826 fue 14.97% y 15.86%, respectivamente. Se seleccionaron 36 familias con promedio de sacarosa 15.43%, que superaron la CC 85-92 con porcentajes de ganancia hasta 11% más de sacarosa % caña.

En la evaluación de las familias probadas se incluyeron 172 familias de hermanos completos (8359 clones) y los testigos CC 85-92, CC 93-3826 y MZC 74-275. Las familias fueron estadísticamente diferentes a los testigos comerciales. La media general para sacarosa % caña fue 14.66% y varió entre 11.79% y 16.72%, con diferencia mínima significativa entre dos medias de 0.43%. Se seleccionaron 38 familias con un promedio de 15.75%, que superaron la CC 85-92 hasta un 10% más en contenido de sacarosa % caña.

Con base en el análisis combinado de los ensayos, 59 familias fueron seleccionadas con un promedio de sacarosa de 15.59% y un rango de variación entre 14.97% y 16.72%.

Estado I-2013. La plantilla de los ensayos correspondientes al estado I-2013 fue sembrada en el 2011, y en el 2012 se hizo la evaluación del contenido de sacarosa y posteriormente se seleccionaron las familias que superaron al testigo CC 85-92. En el ensayo de evaluación de familias se probaron 52 familias de hermanos completos (6780 clones) que fueron estadísticamente diferentes de los testigos comerciales. La media general para la sacarosa % caña fue 14%, con un rango entre 11.8% y 16.1%. De estas familias se seleccionaron 18 con una media de 15.1%, lo cual superó la media general en 1.1%. En el ensayo de evaluación individual de familias la media general para el contenido de sacarosa % caña fue 14.3%, con un rango entre 12.0% y 17.7%, y fueron seleccionadas 19 familias con un promedio de 15.8%, es decir, 1.5% más que el promedio general.

En el ensayo de evaluación de familias probadas fueron evaluadas 49 familias de hermanos completos (16,572 clones) y los testigos CC 85-92, CC 93-3826 y MZC 74-275. La selección individual entre las familias seleccionadas se hizo en la soca

durante el primer semestre del 2013, y fueron seleccionados 323 clones con base en el contenido de sacarosa % caña; 366 clones, por su aspecto agronómico; y 449 clones, por su aspecto agronómico y tolerancia a las enfermedades prevalentes en los sitios de evaluación. Los 1138 clones seleccionados continúan su evaluación en el estado II de selección sembrado en el CIAT.

Estado III–2010. Conformado por 15 variedades seleccionadas en el estado II por su tolerancia a las enfermedades prevalentes (roya café, roya naranja, carbón) en el sitio de evaluación, por su buen aspecto agronómico y por producir entre 10% y 16% más sacarosa % caña que la variedad CC 85-92, que tuvo 13.2%. Se inició la producción de plántulas libres de patógenos de las 15 variedades y de las variedades CC 85-92, CC 01-1228, CC 93-4418 y CC 93-3826 como testigos comerciales para establecer cuatro ensayos en lugares representativos del ambiente semiseco.

Prueba regional serie 2005: se seleccionaron ocho variedades que superaron estadísticamente la variedad CC 85-92 (sacarosa % caña=13.5%, TCH=148 t y TSH=20 t) entre 5% y 9% más TCH y entre 2% y 20% más sacarosa % caña.

Prueba regional serie 2006: nueve variedades seleccionadas que produjeron entre 5% y 16% más toneladas de caña por hectárea; entre 5% y 8% más sacarosa % caña; y entre 4% y 15% más toneladas de sacarosa por hectárea que la variedad testigo CC 85-92 (15% sacarosa % caña, 124 TCH y 18.6 TSH).

Prueba regional serie 2009: seleccionadas seis variedades que produjeron entre 9% y 24% más TCH; entre 4% y 11% más sacarosa % caña; y entre 5% y 20% más TSH que CC 85-92 (15.2% sacarosa % caña, 149 TCH y 22 TSH).

Prueba regional serie 2003: terminó la siembra de seis sitios de evaluación y se realizó la cosecha de la primera soca en los ingenios Providencia, Sancarlos y Riopaila-Castilla (planta Castilla). En el análisis combinado a través de los distintos sitios se encontraron diferencias estadísticas entre las variedades y las localidades y en la interacción variedad por localidad. Se lograron las diferencias genéticas entre las variedades y un efecto importante del ambiente sobre la expresión de las variedades, lo cual concuerda con lo recomendado por Cenicaña en el enfoque de agricultura específica por sitio y en la elección de la zona agroecológica idónea para la ubicación de cada variedad.

El promedio de sacarosa % caña en los sitios evaluados fue 15.8%, con un rango entre 14.9% y 16.5%. Las pruebas de separación de medias (Diferencia Mínima Significativa, DMS, Dunnet) no detectaron diferencias significativas entre las variedades de la serie 2003 y los testigos respectivos. La variedad CC 85-92 produjo 15.3% y se destacaron CC 03-217, CC 03-154 y CC 03-349 por producir 1%, 2% y 4% más sacarosa, respectivamente. El TCH promedio fue 146 t, con un rango entre 126 t y 169 t. Sobresalen las mismas variedades por superar la CC 85-92 en 1%, 1% y 2%, respectivamente, aunque las diferencias no fueron significativas. El promedio de TSH fue 22.96 t, con un rango entre 20 t y 25 t, y se destacaron las mismas variedades por superar la CC 85-92 (23.1 t) entre 2% y 6% más toneladas de sacarosa % caña.

Variedades para el ambiente húmedo

Estado III de las series 2008, 2009 y 2010. Está compuesto por 44 variedades, dos de las cuales corresponden a la serie 08; 11, a la 09; y 31, a la 10, sembradas en dos experimentos en Incauca, zona agroecológica 5H5 y otros dos experimentos en el Ingenio La Cabaña, zona agroecológica 10H4. En este año se cosechó la plantilla de los experimentos. A pesar de que fueron sembradas en la misma zona agroecológica dentro de cada ingenio, factores ambientales incidieron en la diferencia de resultados.

En el caso de Incauca, la alta precipitación influyó en la deficiente germinación del experimento. La producción de la variedad testigo CC 85-92 fue de 15.6 TSH y 18.1 TSH en Incauca y 16.7 TSH y 15.1 TSH en La Cabaña. Los resultados muestran que la variedad CC 09-874 fue significativamente superior a CC 85-92 en 34% y 29% en TSH en los dos experimentos de Incauca, y en 40% y 33% en La Cabaña, lo que demuestra su alto potencial para los ambientes húmedos.

La otra variedad que se destacó fue CC 10-450, que superó al testigo en 22% y 55% en TSH en los dos experimentos de La Cabaña. En Incauca, en uno la rebasó en 36% en TSH y en el otro fue igual al testigo.

Las otras variedades que superaron significativamente la CC 85-92 en TSH en ambos experimentos en La Cabaña fueron CC 09-830, CC 10-371, CC 09-822 y CC 10-469. Las siguientes variedades la superaron en un experimento y en el otro fueron iguales: CC 09-888, CC 10-195, CC 10-226, CC 10-332, CC 10-334, CC 10-476, CC 10-503, CC 10-522 y CC 10-660.

En Incauca las variedades CC 09-822, CC 10-450, CC 10-464, CC 10-476 y CC 10-503 superaron en forma significativa en TSH la CC 85-92 en uno de los experimentos y en el otro fueron iguales. Todas estas variedades son resistentes al carbón, a la roya café y naranja y al mosaico.

Prueba regional series 2005 y 2006: es evaluada en cuatro zonas agroecológicas representativas del ambiente húmedo. En el Ingenio La Cabaña, hacienda El Nilo, zona agroecológica 4H3, fueron sembradas 14 variedades y se cosechó la plantilla a una edad de 16.1 meses después de la siembra. En el Ingenio Incauca, hacienda Cachimbalito, zona agroecológica 10H5, fueron evaluadas 16 variedades y se realizó la cosecha de la plantilla y dos socas a edades de 12.3 a 13.5 meses. En el Ingenio Riopaila-Castilla (planta La Paila), hacienda La Luisa, zona agroecológica 5H3, se sembraron 10 variedades y se cosechó la plantilla a una edad de 13.3 meses. En el Ingenio Risaralda, hacienda San Francisco, zona agroecológica 5H5, fueron sembradas 10 variedades y se cosechó la plantilla a una edad de 14.2 meses.

El análisis combinado se realizó solo para las variedades comunes en los tres ingenios y se ajustó a través de un análisis de covarianza en el cual la



Durante la prueba regional de ambiente húmedo se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre variedades y en la interacción de variedades por localidad.

covariable fue la edad de corte. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre variedades y la interacción de éstas por localidad.

El promedio de TCH fue 104 t, con un rango entre 95 t y 126 t, y se destacó la variedad CC 06-791 por producir 16% más TCH que CC 85-92 (109 t). La sacarosa % caña promedio fue 14.7%, con un rango entre 14.7% y 15.6%, y sobresalieron las variedades CC 05-940 y CC 06-791 por producir 7% y 3% más sacarosa que CC 85-92 (14.6%). El promedio de TSH fue 15.4 t, con un rango entre 16.6 t y 18.9 t, y se destacaron las variedades CC 06-791 y CC 05-940 por producir 19% y 1% más TSH que CC 85-92 (15.8 t), aunque las dos últimas fueron estadísticamente similares a la variedad testigo. Todo lo anterior permite concluir que se deben seleccionar y sembrar las variedades de acuerdo con la zonificación agroecológica y acogiendo el concepto de agricultura específica por sitio.

Biotechnología

Genes asociados al eficiente uso de agua

En el 2013 el trabajo se enfocó en producir y secuenciar la totalidad de las librerías necesarias para los estudios de expresión diferencial con los cuales se busca identificar un conjunto de genes de caña de azúcar que contribuyan a disminuir el consumo de agua en el cultivo (tolerancia al déficit hídrico) y a reducir los impactos que sobre la producción producen las inundaciones (tolerancia al anegamiento).

La totalidad de las librerías producidas ha sido analizada para determinar la calidad de las secuencias generadas y para identificar los genes que se activan o se desactivan (genes expresados diferencialmente, GED) en condiciones de déficit o anegamiento, y que, por lo tanto, tienen más probabilidades de ser los responsables de la tolerancia. A partir de los protocolos establecidos en bioinformática se determinó que el 83% de las secuencias producidas fueron únicas (no duplicadas) y que la mayoría (>92%) son de alta calidad ($Q \geq 20$). También se identificaron 6411 GED en el experimento por déficit hídrico y 4712 en el experimento por anegamiento.

Los análisis realizados permitieron clasificar los GED por genotipo (tolerante o susceptible), tejido analizado (hojas o raíz) o nivel de estrés (estrés medio o estrés agudo). Al analizar la información se encontró que el número de GED compartidos de manera exclusiva entre las variedades tolerantes al déficit hídrico fue 370. Este tipo de clasificación es importante puesto que facilita la selección de genes candidatos para ser evaluados funcionalmente, lo que será el próximo paso en la investigación.

La evolución funcional del conjunto de genes candidatos se planea realizar mediante la transformación genética de la planta modelo *Arabidopsis thaliana*

(familia Brassicales). Esta planta tiene un ciclo de vida corto (aprox. 6 semanas) y un genoma pequeño (aprox. 125 Mbp), por lo que puede ser transformada de manera simple y la hace ideal para los estudios genéticos.

Entomología

Brote de los defoliadores *Mocis* sp. y *Spodoptera* spp.

Durante el primer semestre del 2013 se presentó un brote a escala regional de los defoliadores *Spodoptera* spp. y especialmente *Mocis* sp., consecuencia de las escasas precipitaciones a finales del 2012, que afectaron las poblaciones de los enemigos naturales que usualmente mantienen reguladas estas plagas.

Hasta el mes de junio de 2013 se aplicaron productos insecticidas (químicos y microbiológicos) en más de 1500 hectáreas tan sólo en áreas de manejo directo de los ingenios. Para la atención de este problema se trabajó en la divulgación de las recomendaciones de manejo, tanto con cañicultores como con los encargados de la sanidad vegetal en los diferentes ingenios, por medio de visitas a las haciendas, días de campo y en el comité de sanidad vegetal.

Se debe mantener el estado de alerta ante la posibilidad de que aparezca un nuevo brote de estas plagas, y estar permanentemente informados sobre las prácticas para controlarlas, como el monitoreo de las poblaciones de los defoliadores en áreas circundantes al cultivo como potreros y callejones y el uso de insecticidas selectivos, ya sea productos a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis*, de la cual existen varias formulaciones comerciales, o de inhibidores de la síntesis de quitina.

Genea jaynesi, otra alternativa para el manejo de *Diatraea* spp.

Una variante del control biológico es procurar que las condiciones ambientales del cultivo y su entorno favorezcan las poblaciones de los enemigos naturales de las plagas para que incrementen su acción sobre ellas. Lo anterior se conoce como control biológico de la conservación y sus principios se pueden aplicar para controlar los barrenadores del tallo *Diatraea* spp. mediante la mosca taquínida *Genea jaynesi*.

Este parasitoide de larvas existe naturalmente en el campo y ejerce una acción importante sobre la plaga, a pesar de que no se ha encontrado la forma de utilizarlo en liberaciones masivas como ocurre con los demás taquínidos. Observaciones preliminares acerca de la biología y ecología de *G. jaynesi* permitieron el reconocimiento de una arvense cuyas flores son muy visitadas por la mosca como fuente de néctar. Se trata de "escoba blanca" o "escobilla", cuyo nombre científico es *Melochia lupulina*.

El bajo parasitismo de las moscas taquínidas sobre *Diatraea tabernella*, especialmente *lydella minense*, sugiere que se debe estudiar el efecto de las liberaciones de los enemigos naturales usados en la región.

Adicionalmente, con la captura de individuos de la mosca en el campo se realizó la inoculación exitosa de larvas de *D. saccharalis* y *D. indigenella* en condiciones de laboratorio. Se proyecta trabajar en la propagación de *M. lupulina* en vivero con el objetivo de incentivar las poblaciones del taquínido en refugios seleccionados en algunas suertes con presencia del taquínido. Además, se plantea realizar observaciones de la biología del insecto en el laboratorio.

Diatraea tabernella: distribución, comportamiento y prácticas de manejo

En el 2013 finalizó el reconocimiento de la distribución de las especies de *Diatraea* en el Ingenio Risaralda. Se encontró que *D. tabernella* es la especie predominante y de mayor distribución entre los municipios de Viterbo (Caldas) y La Unión (Valle). Por otro lado, se halló que el parasitismo ejercido por las moscas taquínidas, particularmente *Lydella minense*, es bajo (12%), por lo que se debe estudiar el efecto de las liberaciones de los enemigos naturales usados de manera tradicional en el valle del río Cauca (moscas taquínidas y avispidas *Trichogramma exiguum*) y considerar la posibilidad de integrar el uso de otros insectos benéficos en el control biológico de esta plaga (p.e., *Cotesia flavipes*).

En campos comerciales identificados con abundancia de *D. tabernella* se realizaron liberaciones de moscas taquínidas de las especies *Lydella minense* y *Billaea claripalpis*, parasitoides de larvas, y avispidas *Trichogramma exiguum*, parasitoides de huevos. Los datos preliminares indican que existe una mejor respuesta de las liberaciones de *Billaea claripalpis* en comparación con *Lydella minense*. En el caso de las liberaciones de *Trichogramma exiguum* se observó un incremento del porcentaje de parasitismo de los huevos de la plaga luego de las liberaciones, lo que sugiere que el uso de estas avispidas, junto con moscas de *B. claripalpis*, puede constituir un alternativa para su control.

Evaluación de la resistencia al ataque del salivazo *Aeneolamia varia*

El conocimiento de la naturaleza de la resistencia de la caña de azúcar al ataque de un insecto es fundamental para anticipar la respuesta poblacional de una plaga al uso de una variedad resistente y la posibilidad de su integración a otras alternativas de control. Hasta ahora se han identificado nueve variedades de caña resistentes al ataque de las ninfas del salivazo: 43-78, ICA 70-32, ICA 76-10, SA 2, EPC 37(27), EPC 66-520, S. off 82-76, CC 93-3826 y CC 92-2188.

Una característica común encontrada en las variedades resistentes es la alta supervivencia de las ninfas (>50%), lo que hace suponer que el tipo de resistencia asociado es la tolerancia, definida como la capacidad de la planta de compensar el tejido afectado por la plaga sin afectar la biología y el desarrollo normal del insecto. Con el fin de confirmar la tolerancia como categoría de resistencia, se sometió la variedad CC 92-2188, una de las encontradas como resistente, junto con otras dos variedades

(POJ 2878, susceptible, y CC 85-92, moderadamente susceptible) a seis densidades crecientes de ninfas de *A. varia* (cero, tres, seis, nueve, doce y quince ninfas por planta). Los niveles de daño foliar estuvieron de acuerdo con lo esperado, y la POJ 2878 expresó el mayor grado de daño, mientras que la CC 92-2188 registró el menor. La estimación del índice de pérdida de biomasa (índice de pérdida funcional de tallos y hojas) demostró que CC 92-2188 fue la que menos biomasa perdió con respecto a las demás variedades sin evidenciar un efecto en la supervivencia de las ninfas, lo que confirma que el tipo de resistencia asociado sería la tolerancia.

Este tipo de resistencia es ideal para un manejo integral de plagas puesto que representa un nivel de daño económico más alto, lo que quiere decir que el cultivo toleraría una mayor población de la plaga sin representar un perjuicio económico en la producción, y la plaga no estaría expuesta a una presión de selección que la lleve a desarrollar resistencia a la variedad.

Fitopatología

Manejo integral de la roya café en la CC 85-92

Se realizaron experimentos en los ingenios Risaralda (hacienda San Francisco, zona agrocológica 10H5) y Manuelita (hacienda Real, zona agrocológica 6H1), en plantillas de la variedad CC 85-92, usando ingredientes activos de fungicidas (tebuconazole, ciproconazol, azoxystrobin, trifloxystrobin+tebuconazole, tebuconazole +azoxystrobin, azoxystrobin+ciproconazole), ingredientes activos biológicos (*Bacillus subtilis*) y productos fertilizantes (cobre+azufre, nitrato de amonio, urea) para el manejo de la roya café, con respecto a un testigo sin ninguna aplicación (manejo comercial del ingenio).

Las aplicaciones de fungicidas y las evaluaciones de la enfermedad se realizaron cada mes, hasta los ocho meses de edad del cultivo y la cosecha se practicó a los 13 meses. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas en la incidencia de la roya café a través de los meses entre los distintos tratamientos usados. La mayor incidencia en todos los tratamientos estuvo entre los 4 y 6 meses de edad, tiempo en el cual la reacción en todos los casos fue grado 5 (manchas individuales cloróticas o pardas, con pústulas abiertas y producción de esporas). De igual manera, no se presentaron diferencias estadísticas significativas en el TCH y la sacarosa % caña entre los tratamientos aplicados con respecto al testigo. Estos resultados indicaron que las aplicaciones mensuales de los distintos fungicidas evaluados, al igual que los fertilizantes y productos biológicos, no controlaron la roya café en la CC 85-92 en las condiciones en las cuales se desarrolló el estudio, con respecto a un testigo sin aplicación o de manejo comercial de los ingenios.



Diagnóstico de las enfermedades SCYLV, RSD y LSD, mediante PCR en tiempo real

Con el propósito de disponer de métodos de diagnóstico de las enfermedades raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD) y virus de la hoja amarilla (SCYLV) más rápidos, confiables y eficientes que los actuales, se avanzó en la estandarización de una técnica altamente sensible, la PCR en tiempo real o cuantitativo (qPCR), que además servirá para determinar su aplicabilidad en estudios sobre incidencia y niveles de resistencia a estas enfermedades de la caña de azúcar.

Con respecto a la sensibilidad de la técnica, se detectó la presencia del virus en una muestra de hasta 1 a 10 picogramos ($1 \text{ pg} = 1 \times 10^{-12}$ gramos) de ARN total de la hoja enferma, lo que demuestra la alta sensibilidad del PCR en tiempo real. Además, a pesar de existir un efecto al diluir decrecientemente la muestra de ARN total, se obtuvieron valores estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$) entre algunas de las diluciones, es decir, existen limitaciones biológicas para estimar estadísticamente porcentajes de incidencia a partir del análisis de una muestra compuesta, como se hace en la actualidad.

En cuanto a la validación para diagnóstico usando esta metodología, se analizaron hojas individuales de muestras experimentales y comerciales de las variedades CC 01-1940 y SP 71-6949, recibidas por el Servicio de Diagnóstico de Enfermedades. Con el RT-qPCR se obtuvo una alta sensibilidad, pues registró mayores porcentajes de incidencia de SCYLV con respecto a la técnica serológica TBIA y molecular RT-PCR, usadas habitualmente por el Servicio. No obstante, el hecho de que RT-qPCR en tiempo real detecte pocas o muchas copias del genoma del virus en una muestra, no implica que haya una relación con los efectos de éste en la planta o en el cultivo. El efecto del SCYLV en la producción de la caña de azúcar es variable y depende además de la variedad, del ambiente y del manejo; por lo tanto, no se puede generalizar su nivel de daño en función de la incidencia y la carga viral. Para ello se realizan los estudios de efectos en la producción en las variedades y ambientes de interés y de la dinámica de la infección viral en las distintas opciones varietales.

Servicios de sanidad vegetal

Inspección fitopatológica en campo y laboratorio: durante el 2013 se realizaron treinta inspecciones fitopatológicas solicitadas por los ingenios y proveedores. Estas inspecciones comprendieron la visita y evaluación de lotes y suertes en sesenta y dos haciendas.

Las visitas se efectuaron teniendo en cuenta las observaciones de los solicitantes en el campo, y en desarrollo de ellas se realizaron evaluaciones para diferentes enfermedades como carbón, cogollo retorcido, fumagina, muermo rojo, mal de piña, mancha de ojo, mancha de anillo y mancha púrpura, entre otras, pero prioritariamente roya café y roya naranja. También se detectaron problemas relacionados con mezclas de variedades y factores abióticos, posiblemente por aspectos de suelos, estrés y aplicación de productos (herbicidas, maduradores, etc.).

La incidencia de la roya café en las variedades CC 85-92 y CC 84-75 ha permanecido en promedio entre 12-15% del área afectada en las hojas evaluadas, con reacción grado

5 según el tipo de lesión causada por el hongo. Sin embargo, se ha detectado una tendencia al aumento en la severidad de las lesiones y pústulas donde la reacción fue grado 6 e incidencias entre el 10% y 20% del área foliar afectada en la CC 85-92. Continúa la tendencia a una mayor incidencia de la roya café en las plantillas de las variedades CC 85-92 y CC 84-75. Estas dos variedades no han mostrado presencia de roya naranja.

Igualmente, se observó un incremento en la incidencia de roya café a medida que aumentó el área sembrada con las variedades SP 71-6949, CC 97-7170, CC 92-2804, CC 01-1228, CC 98-72 y CC 03-154, las cuales son infectadas por este hongo. Sin embargo, la incidencia de la enfermedad y la reacción de las plantas se mantienen aún en un rango tal que se las puede considerar como variedades resistentes (reacción hasta grado 5 e incidencia menor o igual que 12% de área foliar afectada).

Diagnóstico de enfermedades: en el 2013 se realizaron 8715 análisis de solicitudes externas e internas. Esta cifra representa un incremento del 15% con respecto al 2012 y de 312% en relación con el 2009, cuando se implementó el diagnóstico molecular para algunas enfermedades.

Para el diagnóstico de RSD, LSD y SCYLV, en el 2013 se realizaron 6433 análisis por solicitud de ingenios, proveedores de caña y entidades en convenio. El diagnóstico de RSD y LSD se basó en la técnica inmunoenzimática TBIA, y se determinó el porcentaje de incidencia de cada enfermedad en cada muestra, el cual fue 0.5% para RSD y 0.2% para LSD, resultados que han estado por debajo del 1% desde el 2003. Para el diagnóstico de SCYLV se utilizó la técnica molecular RT-PCR convencional, cuyos resultados se expresan cualitativamente como positivos o negativos, de acuerdo con la presencia o ausencia del virus. De las 2147 muestras totales evaluadas para SCYLV, 237 resultaron positivas, lo que arroja una prevalencia del 11% en el 2013 con respecto al 9% detectado en el 2012, cifras significativamente bajas con relación a la totalidad de muestras evaluadas. La mayoría de muestras positivas de SCYLV procedieron de cultivos localizados en la zona sur del valle del río Cauca, caracterizada por tener una muy alta presión de inóculo del virus.

Multiplicación y propagación de variedades para el establecimiento de semilleros sanos: se reporta un acumulado total para el año 2013 de 491,146 plantas y 5854 paquetes solicitados. Se entregaron 372,646 plantas a los ingenios Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Riopaila-Castilla (Planta Castilla), Providencia, Sancarlos, Risaralda, La Cabaña y Carmelita y para experimentación en Cenicaña. Están en propagación y pendientes por entregar 118,500 plantas solicitadas por Fedepanela, por un proveedor de caña y por la Universidad de la Amazonia en Florencia (Caquetá). Entre las variedades más solicitadas se encuentran: CC 01-1940, CC 93-4418, CC 06-791, CC 05-940, CC 98-72, CC 93-4181, SP 71-6949, CC 97-7170 y CC 01-678. •

En el 2013, en coordinación con el Servicio de Cooperación técnica y transferencia de tecnología, se realizaron diferentes actividades (entre atención a visitantes, capacitación y charlas en GTT) sobre el manejo sanitario del cultivo de la caña.





Invernadero de la Estación Experimental de Cenicafé.

CC 84-75
YGH/1-1-1

CC
YGH

Apoyo al sector panelero

En el marco de un convenio de cooperación técnica entre Corpoica y Cenicaña, se entregó al sector panelero de Boyacá y Santander la variedad CC 93-7711, que se caracteriza por ofrecer mayores rendimientos a ese sector productivo (**Figura 13**).

Esta variedad fue obtenida por Cenicaña y cedida a Corpoica para su evaluación en la producción panelera. Durante la evaluación, la variedad CC 93-7711 superó por sus características agronómicas y de proceso a los testigos locales RD 75-11 y CC 84-75. Según lo observado, esta variedad es resistente a las enfermedades de la roya, al carbón y al virus del mosaico en los ambientes evaluados y presenta un ciclo vegetativo de 18 meses, dos menos que la variedad RD 75-11 que es la de mayor difusión en la región de la hoya del río Suárez (entre Boyacá y Santander).

De otro lado, con el objetivo de conocer la situación sanitaria del cultivo de la caña panelera en Colombia, en convenio con el ICA, durante el 2012 y 2013 Cenicaña capacitó a treinta profesionales de dicho instituto en diagnóstico y evaluación de enfermedades de caña de azúcar y panela.

El Servicio de Diagnóstico de Enfermedades de Cenicaña evaluó la incidencia de las enfermedades RSD, LSD y SCYLV, y en el campo los profesionales del ICA lo hicieron con las enfermedades roya café, roya naranja, mosaico y carbón. La mayor incidencia fue de RSD, con un 5.1%, y en el caso de LSD la incidencia fue baja: 0.2%. Sólo se encontró SCYLV en un sitio perteneciente al departamento del Valle del Cauca. •

Figura 13. El ministro de Agricultura, Rubén Darío Lizarralde, durante el acto de entrega a los paneleros de la variedad CC 93-7711.



Programa de agronomía

Mejorar la productividad, la rentabilidad y la calidad de la caña de azúcar mediante el desarrollo de tecnologías requeridas para el manejo del cultivo, preservando los recursos naturales.

- 39 Manejo de aguas
- 43 Nutrición y fertilización
- 44 Fisiología
- 45 Factores que afectan la productividad
- 48 Mecanización agrícola
- 49 Geomática



Manejo de aguas

Respuesta de la caña de azúcar al agua y rentabilidad del riego

La función de respuesta de la caña de azúcar al agua se define como la relación entre la producción y la cantidad de agua que recibe el cultivo, e indica a los productores el efecto del déficit de humedad y la respuesta y rentabilidad que pueden esperar del riego, de acuerdo con la variedad y la zona agroecológica.

Se determinó la respuesta de la caña de azúcar al agua para la variedad CC 85-92 sembrada en la zona agroecológica 11H0 y consociación de suelo Fluventic Haplustolls, familia francosa fina (Manuelita). La función de respuesta al agua es la siguiente:

$$\left(1 - \frac{TCHMa}{TCHMm}\right) = 0.4492 \left(1 - \frac{Eta}{Etm}\right)$$

Donde:

- TCHMa: Producción actual de caña (t/ha/mes)
- TCHMm: Producción máxima obtenida (10.9 t/ha/mes)
- Eta: Evapotranspiración real estimada
- Etm: Evapotranspiración máxima estimada (1230 mm)

Con la función de respuesta de la caña de azúcar al agua se estima la producción de caña (TCH) de acuerdo con el número de riegos. Así, por cada riego que se aplique en la cantidad y momento requeridos por el cultivo con base en el balance hídrico, la respuesta incremental será entre 4 t/ha y 5 t/ha. Esto significa que se requieren hasta ocho riegos para obtener una producción máxima de caña (TCHm) de 142 t/ha, si se cosecha a los 13 meses de edad.

En el caso, por ejemplo, de que un productor de caña no contare con la infraestructura para aplicar ocho riegos, sino seis, la función de respuesta le permite calcular que la producción de caña (TCH) será de 135 t/ha. En el caso extremo de que no pudiese aplicar ningún riego, la producción puede disminuir hasta 115 t/ha.

En cuanto al análisis de la rentabilidad del riego, la relación beneficio/costo (B/C) es 1.6 al aplicar ocho riegos. Si se aplican dos riegos menos, la relación B/C disminuye a 1.5.

De acuerdo con la función de respuesta encontrada, en zonas de grupos de humedad H0 y H1, suelos franco-finos y nivel freático profundo, en un año de precipitación normal, la aplicación que se traduce en mayor margen operacional es la de 5 a 6 riegos. En años secos, el mayor margen se consigue aplicando de 7 a 8 riegos.

Cenicaña tiene previsto realizar otros experimentos para determinar la función de respuesta de la caña de azúcar al agua en suelos de textura fina a muy fina que se agrietan al secarse, también representativos del valle del río Cauca.

Validación comercial de tecnologías de manejo agronómico en ambientes de piedemonte

Para validar las tecnologías de roturación, riego y fertirriego desarrolladas por Cenicaña para el manejo de la caña de azúcar, el Ingenio La Cabaña dispuso un área de 27 ha de piedemonte sembradas con la variedad CC 85-92, segunda soca. La validación en dicho ingenio tenía el propósito de verificar los resultados experimentales obtenidos en el riego con caudal reducido y la fertigación, en la hacienda Acuario, sobre suelos de la consociación Typic Haplustolls, familia textural esquelética francosa (Acuario) y Vertic Haplustepts, familia textural arcillosa sobre esquelética francosa (Guabal), zonas agroecológicas 26H1 y 22H0.

El fertirriego por goteo (FRG) fraccionado en forma creciente dio los mejores resultados en TCH: un 26% más que el testigo convencional regado con aspersión (As) y fertilización líquida manual (Flm); un 20% más que el riego por goteo (RG) y fertilización líquida manual; y un 11% más que el riego con caudal reducido (RCR) y fertilización líquida manual, cuyo TCH presentó una gran variabilidad entre tablones (96-143) debido a la presencia variable de piedra.

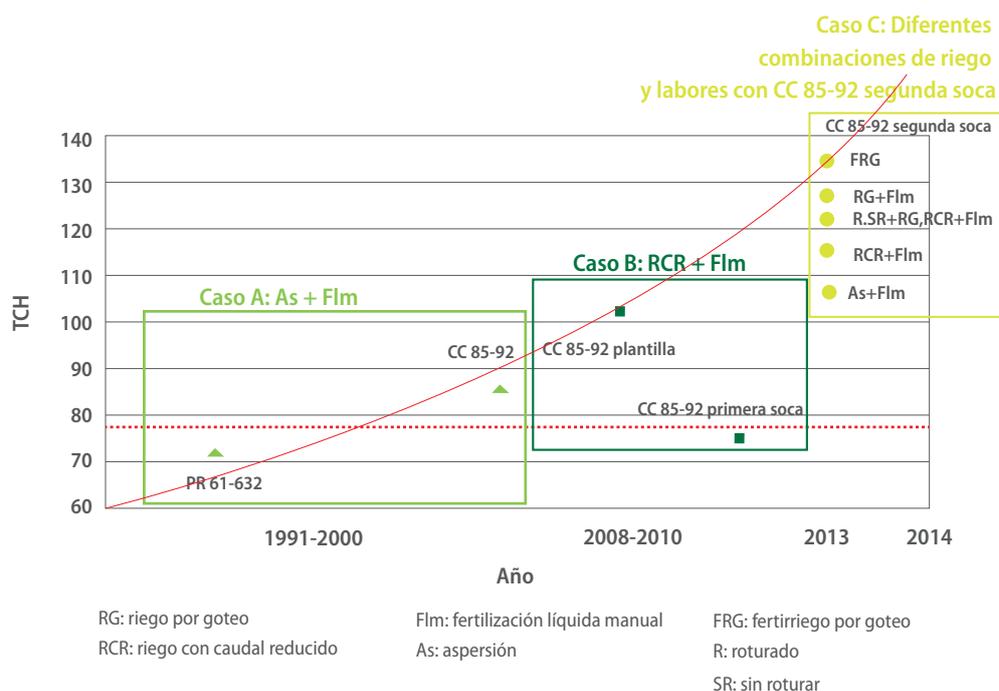
Las productividades similares (121 TCH) obtenidas con las diferentes combinaciones de riego (caudal reducido y goteo) y roturación (R) sugieren que el laboreo superficial es una práctica agronómica aconsejable para piedemonte (**Figura 14**). Al igual que el TCH, el TAHM obtenido (1.5) respondió positivamente al manejo del fertirriego por goteo, pues duplicó los valores registrados en los cortes anteriores.

Los riegos con caudal reducido y por goteo se pueden combinar en un solo sistema, utilizando el primero donde las condiciones del suelo sean favorables para su aplicación, y el segundo en las áreas más difíciles (zonas arenosas de alta permeabilidad). Esto permite bajar los costos globales del mejoramiento tecnológico. Para la tercera soca se aplicará el fertirriego en forma creciente para los dos sistemas de riego (goteo y caudal reducido) y se aumentará el área de goteo en las zonas difíciles para el caudal reducido.

El uso de las nuevas tecnologías en piedemonte, como el sistema de riego apropiado (caudal reducido, goteo), el fertirriego, la roturación superficial, el balance hídrico y, por supuesto, la variedad requerida para la zona agroecológica, ha representado un salto en la productividad en este lugar que pasó de un promedio de 70 TCH entre 1991 y 2000, a más de 130 TCH (**Figura 14**).



Figura 14. Impacto de las tecnologías sobre la productividad (TCH) en zonas de piedemonte (hacienda Acuario)



Monitoreo a impactos de actividades del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad

En el año 2011, Cenicaña fue contratada por The Nature Conservancy (TNC) para elaborar los protocolos para monitorear los impactos socioeconómicos, hidrológicos y la biodiversidad de las acciones ejecutadas por las asociaciones de usuarios de los ríos a través del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad (FAPVS).

Una vez entregados los protocolos, se seleccionaron la microcuenca Los Lulos, en Guabas y la subcuenca Aguaclara, en Bolo, para que Cenicaña efectuara la validación del monitoreo hidrológico, que comenzó en el 2013:

- En Los Lulos se monitorea la calidad del agua, y ya se han realizado dos muestreos (época seca y lluviosa).
- En Aguaclara se monitorea la calidad del agua en 29 puntos del río en sus partes media, alta y afluentes. Asimismo, desde julio operan cuatro estaciones hidrométricas equipadas con sensores automáticos de nivel y sedimentos (**Figura 15**) y una estación meteorológica automática alimentada por paneles solares. En este punto de monitoreo

se evaluó la condición visual del cuerpo de agua en diferentes tramos del río. Igualmente, se evalúa la condición de la subcuenca antes de las intervenciones del Fondo, después de las acciones adelantadas por la organización, y los cambios en el futuro en las escalas espaciales de subcuenca, microcuenca y sitios de intervención del FAPVS.

A corto plazo se pretende aumentar la red de pluviómetros y establecer otra estación hidrométrica, así como realizar el monitoreo socioeconómico con recursos y metodologías de Natural Capital Project. El seguimiento y monitoreo está previsto por diez años.

Figura 15. Estación hidrométrica, río Aguaclara, cuenca del río Bolo.



En la microcuenca Los Lulos, en el río Guabas, y la subcuenca Aguaclara, en el río Bolo, se realiza la validación del monitoreo hidrológico de las acciones ejecutadas a través del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad.

Nutrición y fertilización

Aplicación de vinaza en mezcla con fuentes nitrogenadas

La vinaza es un subproducto de la destilación de etanol que por su contenido de potasio puede usarse como fuente de fertilización potásica en remplazo del KCl, fertilizante importado de alto costo. Además, su bajo pH (≈ 4.5) la califica como enmienda para suelos salinos. Una práctica común en el sistema de producción de la caña de azúcar es aplicar la vinaza en mezcla con una fuente nitrogenada, generalmente urea.

Con el objetivo de evaluar el efecto que sobre la productividad tiene la aplicación de vinaza en mezcla con urea, nitrato de amonio líquido (NAL) y solución UAN en suelos con alta humedad y contenido de arcilla, Cenicaña realizó un ensayo en la zona agroecológica 5H5 con la variedad CC 01-1940 en el Ingenio Risaralda. Adicionalmente, se evaluó el efecto de la aplicación de la mezcla con urea al momento de la siembra (MS), inmediatamente después del corte (IDC) y a los 45 días después de la siembra (45 DDS) o 45 días después del corte (45 DDC). Durante el levantamiento de la plantilla se registró una precipitación de 1855 mm, de los cuales 589 mm ocurrieron en los cuatro primeros meses. La prueba indicó que:

- La vinaza + solución UAN produjo 12.1 t/ha de caña y 2.5 t/ha de azúcar más que la fertilización con vinaza+urea y vinaza+NAL cuando se aplicó a los 45 DDS.
- La vinaza+urea aplicada al MS produjo 20.0 t/ha de caña y 2.9 t/ha de azúcar más que la fertilización con vinaza al MS y la urea a los 45 DDS.

Este hecho sugiere que la vinaza actúa como un promotor de la actividad microbiológica del suelo al favorecer la hidrólisis y como un controlador de la volatilización de la urea.

En la primera soca se registró una precipitación total de 975 mm, de los cuales 323 mm ocurrieron durante los cuatro primeros meses. La precipitación en la soca fue menor que en la plantilla, lo que indujo un incremento en la productividad de aproximadamente 28% durante la soca, y se observó un patrón de comportamiento de la productividad similar al de la plantilla con los diferentes tratamientos. El ensayo indicó que:

- Las mezclas de vinaza + solución UAN y vinaza+NAL produjeron 13.6 t/ha de caña y 2.6 t/ha de azúcar más que la mezcla de vinaza+urea aplicadas IDC.
- La vinaza+urea IDC produjo 24.9 t/ha de caña y 2.5 t/ha de azúcar más que el tratamiento con vinaza IDC y la urea a los 45 DDC.

Los resultados obtenidos alientan a continuar investigando los efectos positivos de la vinaza en la fertilización del cultivo de la caña de azúcar, con el fin de lograr de ella los máximos beneficios.

Fisiología

Respuesta de la fotosíntesis a la radiación

La fotosíntesis es un proceso fundamental que determina la productividad del 90% de la biomasa seca, y en el caso de la caña de azúcar, del 100% de los productos útiles: la sacarosa y el bagazo.

La caña de azúcar pertenece al grupo de las plantas C₄, condición que implica una mayor eficiencia en la captura de CO₂ y radiación proveniente del sol, y por ende tienen más potencial para producir biomasa.

En el segundo semestre del 2013 se realizaron mediciones de fotosíntesis en hojas de las variedades CC 85-92, CC 01-1940, CC 06-791 y CC 93-4418, en condiciones de la estación de Cenicaña, usando el equipo CIRAS 3 (PPsystem, Amesbury Massachusetts, USA). Las mediciones tenían por objeto profundizar en el conocimiento de los fenómenos y procesos que llevan a la formación de la biomasa y la sacarosa en el cultivo, y con base en esto promover prácticas de manejo orientadas a favorecer la producción.

Es importante aclarar que las mediciones de fotosíntesis realizadas corresponden a hojas individuales, por lo cual el comportamiento descrito no necesariamente es igual cuando se analiza el dosel completo (grupo de hojas de una planta), debido a que variables morfológicas como el índice de área foliar y el ángulo de inserción de las hojas podrían modificar significativamente los resultados.

Un indicador clave en las evaluaciones es la forma como la planta asimila el carbono, materia prima para producir biomasa y sacarosa. Los resultados más sobresalientes son los siguientes:

- La variedad con mayor capacidad para fijar carbono por cm² de hoja es CC 06-791, seguida por CC 85-92, CC 93-4418 y CC 01-1940.
- CC 06-791 es la variedad con mejor respuesta (fijación de carbono) a incrementos en la radiación, partiendo de bajas cantidades de luz (rendimiento cuántico de la fotosíntesis); mientras que la de menor respuesta es la CC 85-92.
- La variedad CC 85-92 sobresale por sus elevados niveles de pérdida de carbono (tasa de respiración oscura, Rd), mientras que la CC 01-1940 registra las menores tasas.
- El punto de compensación de luz, es decir, el nivel de radiación donde la fotosíntesis (ganancia de carbono) es igual a la respiración (pérdida de carbono), se encuentra alrededor de 100 μmolesfotones m⁻² s⁻¹. La variedad CC 85-92 reporta un punto de compensación de 130.2 μmolesfotones m⁻² s⁻¹, característica que implica una mayor necesidad de radiación para igualar la fotosíntesis.
- En principio se infiere que las variedades con alta fijación de carbono (Am) presentan mayores tasas de pérdida por respiración, y viceversa.



Algunos conceptos

- Radiación fotosintéticamente activa (PAR): proporción de la radiación proveniente del sol que las plantas pueden usar para la fotosíntesis. Su longitud de onda se encuentra entre los 400 – 700 nm. Para condiciones de la estación experimental es aproximadamente 50 – 54% de la radiación total.
- Fotosaturación: fenómeno fisiológico que implica el cese del incremento de asimilación de carbono ante aumentos en los niveles de radiación.
- Fotosíntesis máxima estimada (A_m): nivel máximo de asimilación de carbono, estimado a partir de un modelo matemático construido con datos reales.
- Tasa de respiración oscura (R_d): cantidad de carbono liberado por la hoja en ausencia de luz. Proceso inverso a la fotosíntesis.

Factores que afectan la productividad

Efecto del clima

La productividad de la caña de azúcar en el valle del río Cauca depende en gran medida de las variaciones climáticas en la región. Generalmente, los cambios drásticos en la productividad están asociados a condiciones climáticas extremas como los fenómenos El Niño y La Niña. Sin embargo, no necesariamente cada vez que se presenta uno de estos eventos se afecta la productividad, ya que su efecto depende mucho de la magnitud de estos fenómenos y de la forma como se alternan a través del tiempo.

Eventos La Niña de gran duración son los que más impactan la producción de caña, especialmente en la segunda mitad del suceso y hasta un año después de concluido, como consecuencia del exceso de humedad, el pisoteo y el daño a las cepas durante la cosecha en suelos demasiado húmedos, la dificultad para realizar las labores de cultivo mecánico y la escasa renovación de los campos durante el tiempo del evento. Situaciones como esta se han presentado en los periodos 1976-1977, 2000-2001 y 2010-2012. El último evento causó disminuciones en la producción de caña a comienzos del 2013 que variaron entre 30% y 45% con respecto a la última mayor producción de caña obtenida por el sector, entre noviembre de 2010 y junio de 2011 (**Figura 16**).

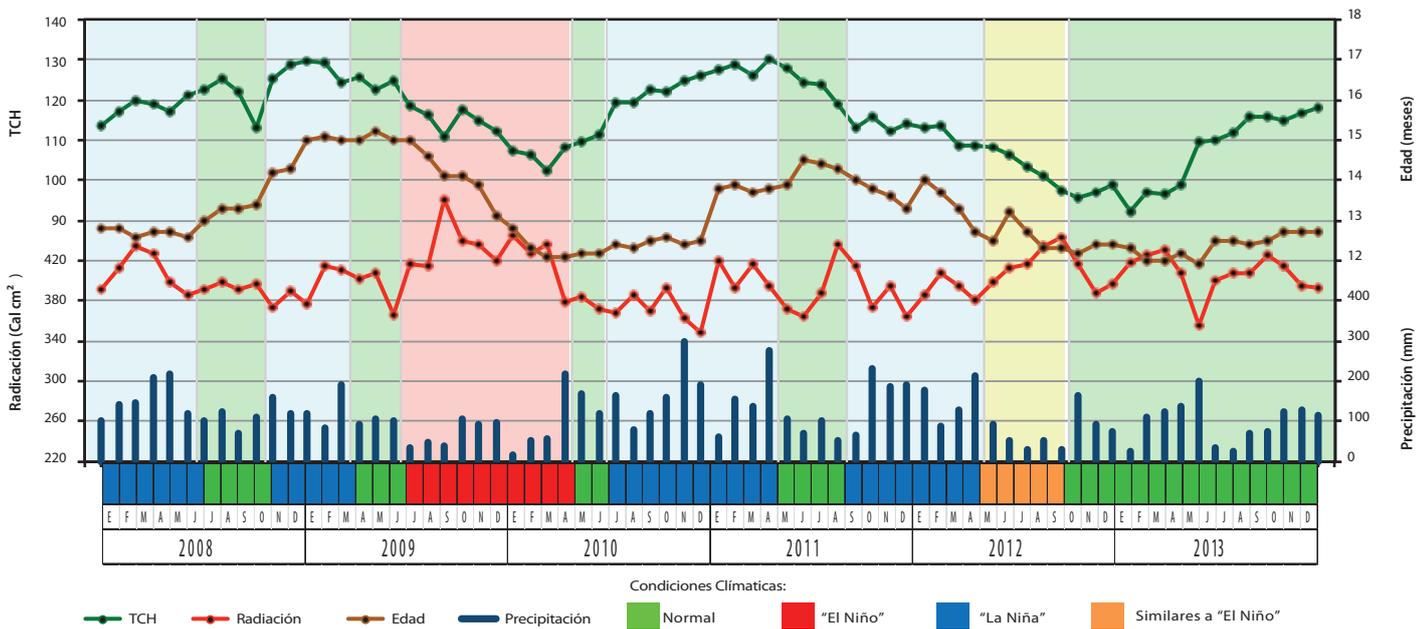
El fenómeno La Niña es el que más impacta la producción de caña, especialmente en la segunda mitad del evento y hasta un año después de concluido.

En un seguimiento a la maduración de la variedad CC 85-92, se determinó que la oscilación de los valores de déficit de presión de vapor diarios mensuales fue muy similar a la variación del rendimiento comercial en el valle del río Cauca durante 2011 y 2012.

Algunos fenómenos El Niño, y según su intensidad, también pueden tener un efecto negativo en la producción porque agotan a tal nivel las reservas de agua en el suelo, que es difícil restituirlas con los riegos que normalmente se aplican mediante programación con balance hídrico. Así sucedió cuando se presentó El Niño de julio de 2009 a abril de 2010, e inclusive cuando en el segundo semestre de 2012 hubo en el valle del río Cauca unas condiciones climáticas muy similares a las que produce El Niño.

Por tanto, considerando que no hay nada que afecte tanto el clima del valle del río Cauca como los fenómenos El Niño y La Niña, se deben adelantar estudios detallados para precisar sus reales efectos sobre el cultivo de caña de azúcar y con base en ellos establecer estrategias para maximizar la producción en condiciones climáticas favorables y atenuar las caídas cuando las condiciones son adversas.

Figura 16. Productividad de caña, edad de cosecha, radiación solar y precipitación en el sector agroindustrial de la caña de azúcar del valle del río Cauca en el periodo 2008 – 2013.



Influencia de variables edafo-climáticas y biométricas en el contenido de sacarosa

El contenido de sacarosa en los tallos al momento de la cosecha es fundamental para la industria azucarera, y en el valle del río Cauca, en donde las condiciones edafo-climáticas en las cuales se produce la maduración son tan variables, es prioritario establecer estrategias para controlar este factor.

En un seguimiento de la maduración de la variedad CC 85-92 para registrar su contenido de sacarosa % caña durante cuatro periodos en siete escenarios (Cartago, Centro Valle, Corinto, Piedemonte, Tuluá, Villa Rica y Viterbo) se pudo establecer que:

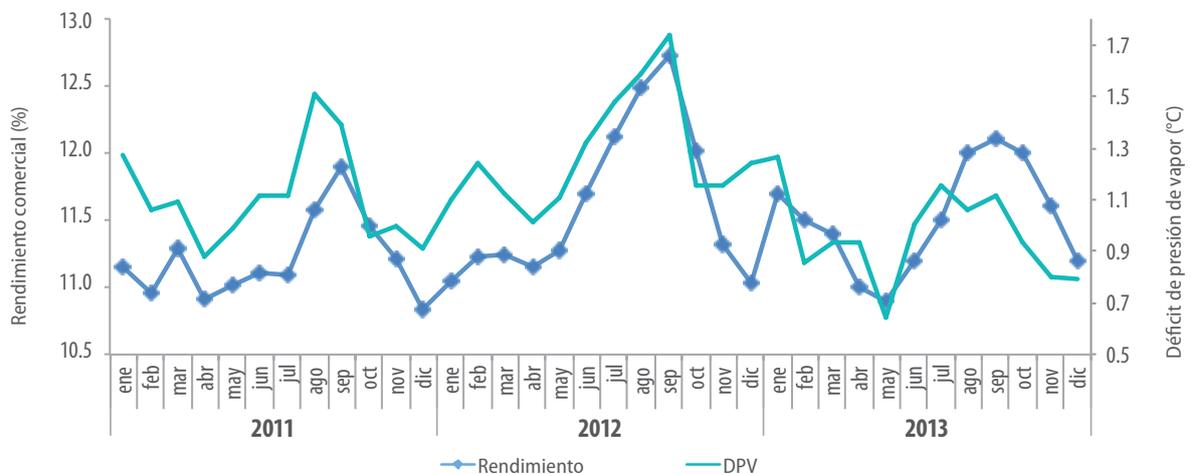
- Los fenómenos El Niño y La Niña ocasionan importantes cambios en el patrón estacional de la sacarosa en el valle del río Cauca.
- Las variables edafo-climáticas que mayor relación tuvieron con los cambios en el contenido de sacarosa durante el periodo de maduración fueron el déficit de presión de vapor (DPV) diurno, la precipitación, la tensión de humedad en el suelo y la temperatura mínima nocturna.
- El DPV es la diferencia entre la cantidad de humedad que el aire contiene en un momento determinado y la cantidad de humedad que el aire (a la misma temperatura) puede contener cuando está saturado. El DPV es útil para comprender el flujo de vapor de agua en el sistema planta-atmósfera, de tal manera que valores altos de DPV aumentan la demanda por transpiración, lo que ocasiona déficit hídrico en la planta favorece la acumulación de sacarosa. Valores bajos de DPV indican una mayor proximidad al punto de rocío, lo que significa que el aire tiene alto contenido de humedad y la demanda por transpiración es baja.
- En las evaluaciones realizadas por Cenicaña se determinó que la variación en los valores de déficit de presión de vapor diurnos mensuales fue muy similar a la variación del rendimiento comercial en el valle del río Cauca durante los años 2011 y 2012 (**Figura 17**). Estos resultados permitirán avanzar en un modelamiento del comportamiento de la sacarosa a partir del DPV, para la adopción de medidas que permitan contrarrestar los impactos de las condiciones meteorológicas en la maduración de la planta.
- En cuanto a las variables biométricas evaluadas (crecimiento de los tallos, contenido foliar de nutrientes, número de entrenudos, diámetro de tallos, número total de hojas por tallo, hojas verdes, hojas emergentes y hojas senescentes) se encontró que solamente el crecimiento de los tallos afectó el contenido de sacarosa. En general, una tasa de elongación mayor que 0.5 cm/día propició una reducción en la concentración de sacarosa. No se detectó ningún efecto de las otras variables biométricas en la maduración de la caña de azúcar.



- El contenido de sacarosa fue más influenciado por la estacionalidad y la disponibilidad hídrica que por la edad del cultivo en la etapa de maduración. Por esta razón, no fue extraño encontrar que una caña con un déficit hídrico agudo a los 11.5 meses de edad, tuviera un contenido de sacarosa mayor que una caña de 13 meses de edad con buena disponibilidad de humedad en el suelo.

Este estudio aportó información que permite avanzar en investigaciones para entender la variación de la sacarosa durante el periodo de maduración.

Figura 17. Rendimiento comercial y déficit de presión de vapor mensual durante los años 2011 y 2012 en el valle del río Cauca.



Mecanización agrícola

Zanjador excéntrico

El equipo fue desarrollado entre el Ingenio Sancarlos, la Comercializadora Agroindustrial L&J (fabricante de implementos) y Cenicaña con el objetivo de construir acequias asimétricas recibidoras con dos propósitos: evitar el pisoteo en el extremo de los surcos y evitar el "despunte" de los surcos.

Lograr esto permitirá mejorar la producción en el extremo de los surcos, disminuir el costo de la mano de obra que demanda el destapone o despunte de los entresurcos y recuperar área productiva. La **Figura 18** muestra el modelo final del zanjador y el trabajo que realiza al construir la acequia en dos pases, con las siguientes características y ventajas:

- Marcha del tractor sobre el callejón (no hay pisoteo en el extremo de los surcos)
- Movimiento total del suelo hacia el callejón
- Sección asimétrica, que permite recuperar área de cultivo
- Velocidad de operación entre 3 - 5 km/h
- Reborde interior nulo, con requerimiento mínimo de mano de obra para el despunte
- Operación con tractores medianos
- No compacta el dren que deja la roturación

Figura 18. Zanjador excéntrico reversible y perfil de la acequia construida



Geomática

Validación de labores de precisión

Con el objetivo de precisar el impacto técnico y económico de las labores de precisión, junto con los ingenios que usan la tecnología se inició un proyecto para validar las labores de nivelación, surcado, fertilización, aspersión y cosecha con el uso de sistemas como el piloto automático, topografía con Global Navigation Satellite System (GNSS), mapas de productividad, sistema de diagnóstico y aplicación de fertilizantes en tiempo real y sensores de profundidad, entre otros.

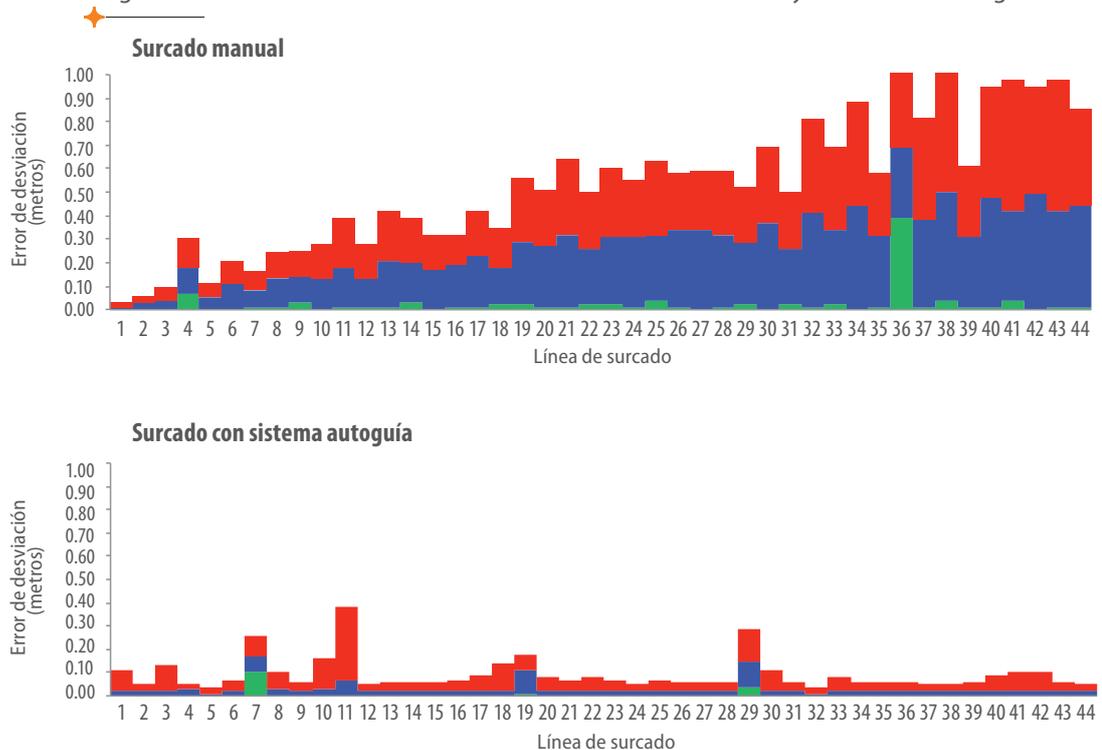
Estas tecnologías optimizan la producción, ya que ahorran insumos y tiempo, permiten la aplicación de dosis correctas en el lugar correcto y brindan registros de la labor para tener datos históricos espaciales y temporales por lote e información del operario, área, tiempo, velocidad de trabajo, tiempos muertos y profundidad de laboreo, etc.

Entre estas tecnologías se encuentra la autoguía o “piloto automático”, que se define como un sistema de dirección asistida usado para conducir de forma precisa un vehículo agrícola a lo largo de una trayectoria definida en el campo. Para su validación técnica se diseñó un protocolo cuya principal variable a medir fue la desviación de cada línea de trabajo con respecto a una línea recta paralela a la línea inicial de guía. Este protocolo se aplicó a escala experimental en Cenicaña y comercialmente en suertes de los ingenios Providencia e Incauca para comparar la labor de surcado convencional (uso de pautas) con el sistema de autoguía.

Los resultados mostraron que hay una notoria diferencia entre la labor de surcado con sistema autoguía y la labor convencional (**Figura 19**). La desviación de la línea de surcado en la labor convencional se incrementa desde el inicio hasta el final del lote y llega en promedio a 0.43 m en la línea de surcado 44, mientras que en el surcado con sistema autoguía se produce un error de desviación alrededor de 0.025 m (1 pulgada), que es el rango previsto por los fabricantes de los sistemas. Este error no se acumula desde el inicio hasta el final de lote.

Como consecuencia, la labor de surcado convencional puede ocasionar pérdidas de surcos en lotes grandes (mayores que 4 ha), mientras que con el sistema autoguía se traza el número exacto de surcos, además de que son rectos, paralelos y colineales entre tablones; además, brinda la opción de realizar surcado nocturno, y su georreferenciación se puede utilizar para guiar la cosecha mecánica, evitando así el pisoteo de las cepas.

Figura 19. Errores de desviación en la labor de surcado manual y con sistema autoguía.





Surco con sistema autoguía en área de validación

Programa de procesos de fábrica

Contribuir al mejoramiento de los procesos fabriles que se desarrollan en el sector azucarero colombiano siguiendo los principios de la sostenibilidad ambiental, la optimización de la tecnología y la rentabilidad económica.

- 53 **Uso racional de energía**
- 55 **Operaciones unitarias**
- 58 **Etanol**
- 61 **Aseguramiento de la información**

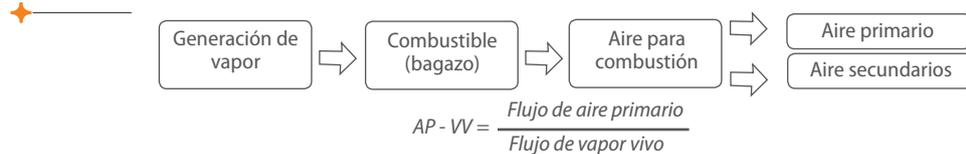
Uso racional de energía

Control de aire en las calderas

Durante el proceso de combustión en las calderas es necesario garantizar la cantidad de aire con el fin de mejorar las condiciones de combustión y optimizar la eficiencia de las calderas. El aire suministrado debe proporcionar el oxígeno necesario para lograr la mayor combustión posible del combustible, para lo cual se utiliza un flujo adicional de aire al requerido por la reacción propia de la combustión; dicho flujo se denomina "exceso de aire", y para la combustión de bagazo varía usualmente entre el 20% y el 35% del correspondiente a la relación estequiométrica.

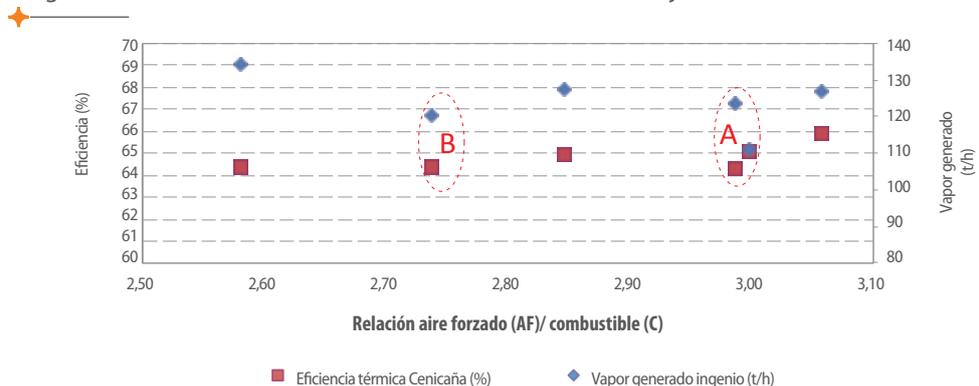
Cenicaña propuso emplear un indicador que relaciona el aire suministrado y la generación de vapor vivo en la caldera, para superar las limitaciones de análisis de los sistemas de generación de vapor donde no se disponga de instrumentos de medición de oxígeno en gases. (Figura 20).

Figura 20. Indicador aire primario / flujo de vapor



Se determinó que las pérdidas más notorias de eficiencia en las calderas -después de las imputables a humedad del combustible- son las debidas al calor desaprovechado en los gases por un deficiente control del aire. Por ende, mejorar la cantidad y distribución del aire en las calderas incrementa su eficiencia (Figura 21).

Figura 21. Sensibilidad de la eficiencia de la caldera al manejo del aire



Caso	Eficiencia (%)	Exceso de aire (%)	Nivel de oxígeno (%)	Manejo de aire
A	65.1	40%	6.5%	Aire apropiado
B	64.3	15%	2.5%	Déficit de aire

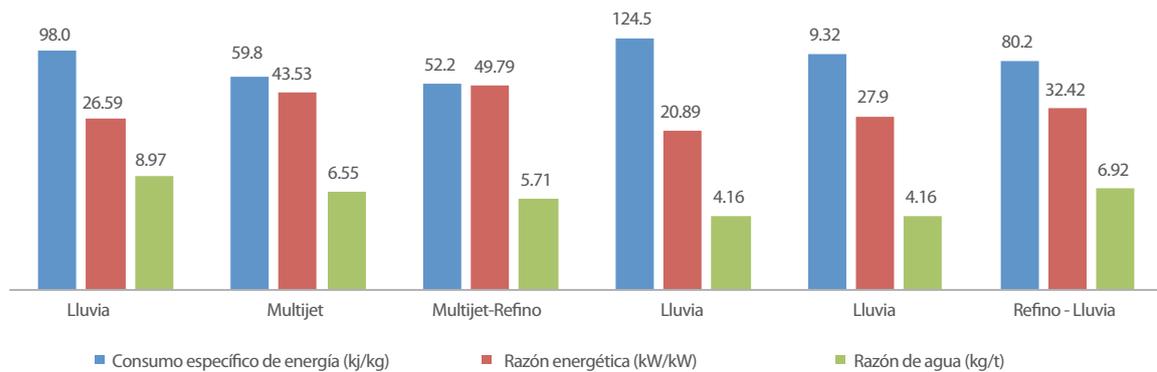
Balance de agua en plantas de azúcar y etanol

En evaluaciones realizadas en 2011 se determinó que alrededor del 80% del caudal total de agua utilizado en un ingenio proviene del sistema de condensación. En 2013 se propusieron tres indicadores de desempeño de los condensadores (**Figura 22**):

- Consumo específico de energía: energía total empleada/masa de vapor condensado (kj/kg).
- Razón energética: energía del vapor condensado/energía total empleada (kW/kW).
- Razón de agua: masa de vapor condensado/masa de agua empleada (kg/t).

Entre los equipos evaluados el condensador Multijet- Refino registró los mejores indicadores en cuanto a consumo específico (52.2 kj/kg) y razón energética (49.79 kW/kW), debido principalmente a las condiciones de presión [18 psig (1.26 barg)] y altura (15 m) del agua que entra al condensador. El condensador Lluvia TC presentó un mayor factor de agua (8.97 kg/t), por la regulación de la válvula de entrada de agua al equipo, que alcanzó valores mínimos del 35% de apertura (**Figura 22**).

Figura 22. Indicadores de desempeño de condensadores



Como parte de la estrategia para disminuir el uso y consumo de agua en la fábrica, Cenicaña trabajó en la modificación del diseño de un condensador barométrico, uno de los equipos que más agua requiere para condensar vapores vegetales provenientes de procesos de evaporación y cocimientos (**Figura 23**). Para tal efecto se evaluaron diferentes alternativas de diseño empleando la Dinámica Computacional de Fluidos (Ansys® v.14.0), y se seleccionó el diseño que mostró mejores condiciones para la condensación del vapor. Este condensador fue implementado por uno de los ingenios y se logró reducir el consumo de agua, en promedio, en 50%.

Con el objetivo de evaluar el potencial de reutilización de algunas corrientes de agua del proceso, en cuanto a su calidad y la eficiencia de los sistemas de tratamiento, se implementaron y validaron metodologías para caracterización de agua (DBO, DQO, SST, grasas y/o aceites, hierro, dureza cálcica y magnésica, pH y conductividad). La técnica manométrica que se utiliza para cuantificar el DBO fue útil para relacionar la carga orgánica de vapor condensado de tachos con las pérdidas de sacarosa por arrastre.

Por otra parte, a partir de abril empezó a funcionar de manera ininterrumpida en un ingenio el modelo de imbibición en línea, que optimiza el agua aplicada en el proceso de extracción en función de la fibra alimentada al molino. Allí se logró disminuir la cantidad de agua que ingresa a la estación de evaporación, al variar la imbibición % caña de 30.68% a 28.87% caña promedio y reducir en 0.05 unidades la sacarosa en bagazo, lo cual representa ahorros anuales estimados en \$480 millones para una molienda de 5000 toneladas de caña por día. El modelo se encuentra en proceso de implementación en otros cinco ingenios.

Así mismo, en el segundo semestre del año se conformó el grupo de trabajo Mesa del Agua en Fábrica, el cual se fijó los siguientes objetivos:

- Establecer en cada ingenio programas de uso racional y eficiente del agua: metas, plazos y responsables.
- Establecer indicadores globales y por proceso para monitorear y controlar el uso y la captación de agua en el proceso productivo.
- Proponer metodologías de análisis de calidad de corrientes en los circuitos de agua en la fábrica, de manera que pueda establecerse su uso, reutilización y tratamiento.

Como parte de las primeras labores de la Mesa del Agua en Fábrica se acordaron los siguientes indicadores globales con respecto al agua captada: m^3 de agua/toneladas caña molida, m^3 de agua/toneladas de azúcar producida, y m^3 de agua/ m^3 de etanol producido.

Operaciones unitarias

Desempeño en estaciones de molienda y preparación

Cenicaña evaluó el desempeño de las estaciones de molienda de tres ingenios de la región, con el fin de contribuir a reducir las pérdidas de sacarosa en bagazo cuando se presentan nuevas condiciones operacionales. Además del uso convencional del laboratorio móvil para determinar el desempeño de las estaciones de preparación y las extracciones individuales de las unidades de molienda, se consolidó el uso del perfil de humedad

Figura 23.
Condensador barométrico diseñado por Cenicaña.



El condensador barométrico con un nuevo diseño, a partir de modificaciones realizadas por Cenicaña, se implementó en un ingenio y logró reducir el consumo de agua en fábrica, en promedio, en 50%.

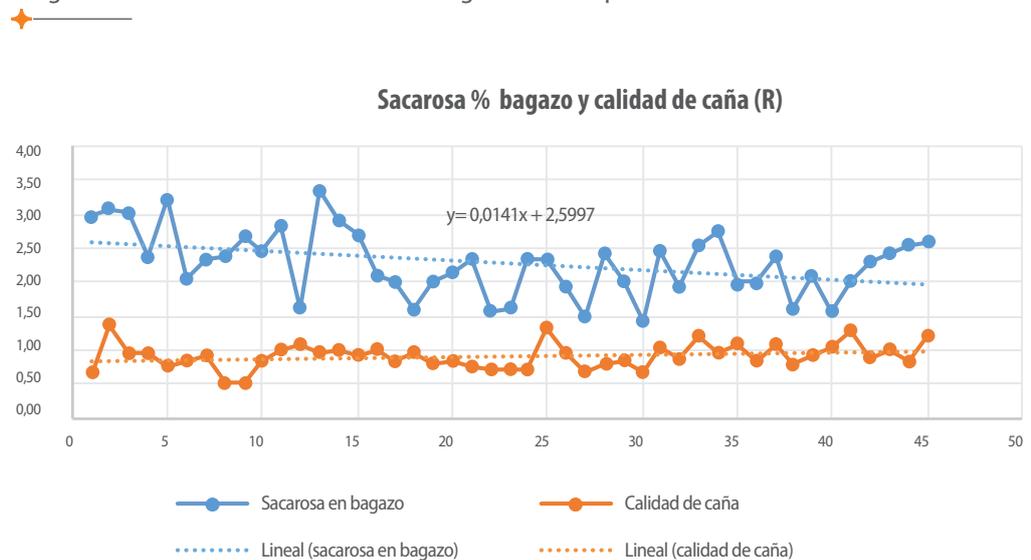
a lo largo del tándem como técnica de monitoreo de desempeño y se correlacionó con las extracciones individuales.

En uno de los ingenios se realizó un seguimiento en tres etapas, en las cuales se observó un alto coeficiente de variación en los datos de sacarosa en bagazo, con valores entre 20% y 28%. El ingenio hizo los ajustes requeridos y logró disminuir el coeficiente de variación en el dato hasta un 15%.

En otro ingenio se practicó una aproximación al balance de cenizas en el tándem de molienda y se encontró que entre el 40% y 50% de las cenizas que ingresan con la caña se conservan en el flujo de bagazo que entra a las calderas, lo cual contribuye a reducir su poder calorífico y afecta la disponibilidad y eficiencia de los sistemas de generación de vapor. En otra evaluación de desempeño de un tándem, para la que se contó con el laboratorio móvil en el ingenio, se hicieron ajustes a las unidades de molienda, se empleó la herramienta Cenimol y se trabajó en la sintonía de los lazos de control de las velocidades de operación de los molinos, lo que se tradujo en una disminución de las pérdidas de sacarosa en bagazo (**Figura 24**). Todo esto se evidenció en un incremento de tres unidades porcentuales en la eficiencia de extracción.

Se determinó la variación del indicador de preparación POC (Pol in Open Cells) en las estaciones de preparación de dos ingenios en función de la calidad de caña, medida como la relación entre la sacarosa y la fibra (R) y los tiempos entre cambio y/o recuperación de martillos desgastados. En uno de los ingenios, con tecnología de preparación con picadora de brazos basculantes, el coeficiente de variación del POC fue de 13% en comparación con el 3.5% del otro ingenio, que cuenta con desfibradora de trabajo pesado. Esto comprueba la mayor robustez de las desfibradoras para operar en condiciones cambiantes de calidad de caña.

Figura 24. Reducción de sacarosa en bagazo durante presencia del laboratorio móvil



Impacto de la condiciones de cosecha de la caña sobre la clarificación de jugos

Se evaluaron las características de los jugos de caña en tres escenarios: caña limpia de corte manual, caña con residuos agrícolas de cosecha de corte manual y caña de corte mecanizado. El impacto de los residuos agrícolas de cosecha, es decir de los dos últimos escenarios, se reflejó en un incremento de la turbiedad y del color (hasta tres y dos veces más, respectivamente) con respecto a la caña limpia de corte manual. Actualmente se continúan estudiando alternativas químicas y tecnológicas que permitan mitigar este impacto.

Evaluación técnica de la clarificación de meladura

El Centro realizó un seguimiento en tres ingenios pilotos para hacer una evaluación técnica de la clarificación de meladura a partir de la línea base y formular indicadores energéticos y de calidad para el análisis de la operación. De acuerdo con las mediciones tomadas se estimó que los desajustes en las variables operativas, tales como temperatura y flujo de meladura, pH y dosis de ácido fosfórico, podrían interferir en la reducción de la turbiedad, lo cual disminuiría la eficiencia entre 15% y 22%. Otro factor evaluado, a escala laboratorio, fue el tipo de floculante utilizado, y se encontró que su desempeño está en función del grado de hidrólisis que presente este insumo. Así, el tipo de floculante puede incrementar la eficiencia del proceso en un 17%, lo cual conlleva una reducción de este insumo en aproximadamente un 40%.

Evaluación de estrategias de reducción de pérdidas indeterminadas de sacarosa

Una de las causas de las pérdidas indeterminadas de sacarosa es la inversión de la sacarosa ocasionada por su inestabilidad en el proceso fabril. Esta inversión puede ocurrir por ruta química (13%), bioquímica (25%) o microbiológica (> 65%).

La industria azucarera colombiana, en su búsqueda de herramientas de fácil adopción y rápida respuesta para diagnosticar las pérdidas de sacarosa, ha utilizado los modelos de Vukow y Shäffler. El primero es una ecuación cinética de pseudo primer orden con respecto a la sacarosa y cuya constante de velocidad "k" está en función de la temperatura, el pH, la concentración del agua y una energía de activación constante (energía mínima necesaria para que se produzca la inversión de la sacarosa). El segundo modelo cuantifica la pérdida a partir del incremento en la concentración de glucosa debido a la inversión de la sacarosa.

Una evaluación sobre la clarificación de jugos reveló que el mayor contenido de residuos agrícolas de cosecha en algunos casos triplicó la turbiedad y duplicó el color del jugo clarificado.

Al hacer una evaluación experimental de la cinética de deterioro de la sacarosa en jugo diluido por ruta fisicoquímica y microbiológica (aislando los efectos microbiológico y fisicoquímico), se corroboró que las pérdidas de sacarosa por causa microbiana son de aproximadamente 90% y se estableció que la energía de activación del jugo diluido es de 40 365 J/mol, valor 15% menor que el reportado por Vukov en sacarosa grado reactivo, lo cual significa una mayor tasa de deterioro en este material.

Etanol

Las necesidades de micronutrientes de las levaduras son suplidas principalmente por las materias primas empleadas en las plantas de alcohol, como la miel B y la vinaza. Estudios previos realizados por Cenicaña utilizando sustratos sintéticos demostraron que un suplemento de magnesio, hierro y zinc produce un efecto positivo en la eficiencia fermentativa de cepas de levaduras nativas LCC 14-1A y LCC 0-2U y la cepa comercial.

Teniendo en cuenta el contenido de estos tres elementos en la miel B se adicionaron fuentes de Mg, Fe y Zn hasta alcanzar concentraciones de 200 ppm, 50 ppm y 10 ppm, y se logró un aumento en la producción de etanol entre 0.4 y 0.5 unidades porcentuales, comparado con un medio sin nutrientes en el laboratorio.

La recirculación de la vinaza al proceso de fermentación está limitada por el contenido de compuestos inhibidores al proceso fermentativo que aporte la vinaza. Por esta razón se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de vinaza en medios suplementados con nutrientes, y se halló que en fermentaciones discontinuas estos contribuyen a aumentar la eficiencia fermentativa aun en concentraciones de vinaza superiores a 50%. Sin embargo, se observó un efecto inhibitorio sobre la reproducción de la levadura, que produjo pérdidas de viabilidad mayores que 45%.

Aunque la eficiencia fermentativa se mide por el grado de conversión de azúcares a etanol por parte de la levadura, existen otros indicadores químicos que contribuyen a identificar las posibles desviaciones metabólicas que genera la levadura durante el proceso. El glicerol es un metabolito que puede ser utilizado como indicador de estas posibles desviaciones de la levadura. Durante la etapa de propagación, cuando la concentración de azúcares es alta, no necesariamente se obtiene una mayor población celular; por el contrario, esto contribuye a incrementar la producción tanto de etanol como de glicerol. Así, en evaluaciones de propagación con concentraciones de azúcares reductores totales (ART) iniciales de 4% al 6%, se obtuvo en todos los casos poblaciones celulares de 300×10^6 células/mL; sin embargo, el contenido de glicerol fue mayor 25% y 60% para los tratamientos que tienen 5% y 6% de ART, comparados con el tratamiento con 4% de ART.

Por otra parte, se evaluó en el laboratorio la posibilidad de utilizar condensados de evaporación de vinaza y flemazas como agua de dilución de mieles en la etapa fermentativa, con miras a disminuir el flujo de efluentes de las plantas de alcohol y el consumo de agua del proceso. Los resultados mostraron que estos efluentes pueden remplazar en su totalidad el agua del proceso sin que exista un efecto negativo sobre la eficiencia fermentativa, la producción de alcohol o la viabilidad de la levadura. Estos resultados serán validados a escala piloto.

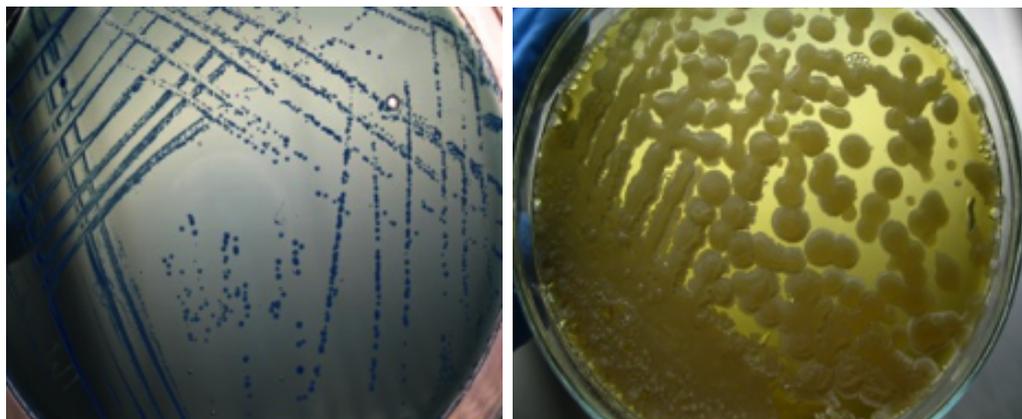
Microbiología de azúcar e inocuidad

Aunque no está directamente cuantificado, en el proceso de producción de azúcar los microorganismos tienen impacto en las denominadas pérdidas indeterminadas. Evaluaciones al deterioro microbiano de jugos revelaron que en un jugo diluido con una concentración microbiana alrededor de 10^6 UFC/mL de bacterias ácido lácticas productoras de exopolisacárido y 10^4 UFC/mL de levaduras, la velocidad de consumo de la sacarosa es 0.2 unidades porcentuales por hora. Por lo tanto, estos grupos microbianos son los responsables de alrededor del 90% de las pérdidas de sacarosa en la estación de molienda.

Adicionalmente, estos microorganismos consumen la glucosa y la fructosa liberada a partir de la inversión de la sacarosa, de tal manera que estos azúcares no se acumulan en el jugo y por lo tanto no deben utilizarse como indicadores de pérdidas de sacarosa.

Estos microorganismos, además de consumir los azúcares, producen metabolitos como ácido láctico y ácido acético. Se encontró que por cada unidad de ácido láctico formada son consumidas cinco unidades de ART, y por cada unidad de ácido acético, dos unidades de ART (**Figura 25**).

Figura 25. Bacteria ácido láctica (izquierda) y bacteria productora de exopolisacárido aislada a partir de jugo de caña (derecha).

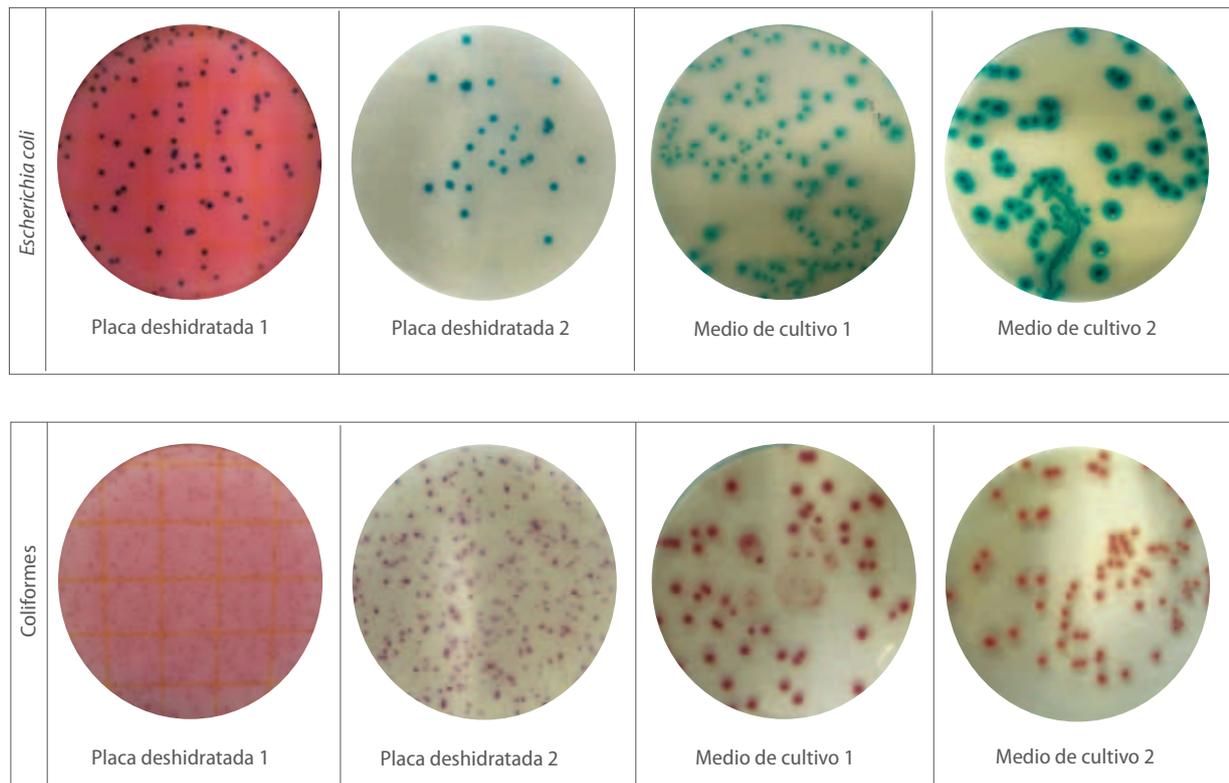


En los últimos años las plantas de producción de azúcar han empezado a implementar el Sistema de Gestión de Inocuidad (SGI), en el cual los controles microbiológicos del producto terminado y del proceso juegan un papel fundamental. Por esta razón, se realizó la estandarización de los métodos de recuento en placa y filtración por membrana para la cuantificación de los principales grupos microbianos en diferentes tipos de azúcares. Mediante ensayos inter-laboratorio de análisis de muestras de azúcar se encontró que estos métodos tienen alta repetibilidad pero baja reproducibilidad.

Uno de los indicadores microbianos de contaminación fecal de mayor reconocimiento en alimentos es la presencia de coliformes y *Escherichia coli*. Empleando una cepa de bacteria coliforme aislada de azúcar y una cepa de *E.coli* de referencia se evaluaron varios medios de cultivo disponibles comercialmente y se seleccionaron aquellos que presentaron mayor sensibilidad para su detección (**Figura 26**). De los medios de cultivo evaluados el número 2 cumplió con los criterios de desempeño establecidos.

El SGI involucra el cumplimiento de prerrequisitos estipulados en las Buenas Prácticas de Manufactura y el Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico (HACCP, por sus siglas en inglés). Se adelantaron actividades enfocadas a la identificación del riesgo microbiológico en la línea blanca de azúcar desde la etapa de centrifugación hasta el empaque. Asimismo, se identificó que en este proceso existen factores que incrementan el riesgo de contaminación cruzada del azúcar, como el diseño y material de construcción de los equipos y el contacto con el ambiente.

Figura 26. Recuperación de bacterias coliformes (aisladas de azúcar) y *Escherichia coli* (cepa de referencia) en medios de cultivos comerciales.



Aseguramiento de la información

Con la participación de todos los ingenios, de Ciamsa y de Cenicaña se realizaron seis pruebas interlaboratorios de mediciones de color y turbiedad en azúcar crudo, blanco, blanco especial y refinado, que identificaron aspectos a mejorar en el desempeño del método, tales como ancho del paso óptico de luz adsorbida, ancho de banda instrumental y composición y tamaño del poro de la membrana de filtración. Estos ensayos tienen el propósito de alcanzar los lineamientos de repetibilidad y reproducibilidad referenciados en Icumsa y con ello asegurar la confiabilidad en los datos de color del azúcar producido en los ingenios en los diferentes contratos de venta.

Estrategias de minimización de la incertidumbre en el balance de materia en fábrica

Cenicaña implementó en un ingenio piloto una metodología para estimar los atributos de validación e incertidumbre de los métodos, de los sistemas de muestreo puntuales y continuos y de los indicadores fabriles del balance de sacarosa, incluidas las pérdidas indeterminadas. Las variables analíticas de mayor incidencia en la estimación de la incertidumbre en el balance de sacarosa fueron Pol y sólidos insolubles en jugo diluido y Pol en bagazo. En el periodo evaluado se encontró que la incertidumbre en la estimación de las pérdidas indeterminadas representa un 42% de ellas. Como estrategia de reducción de esta contribución es importante monitorear la precisión de los métodos con cartas de control y adecuación de sistemas de muestreo continuos representativos de las corrientes primarias de los materiales del balance. Actualmente se está adoptando esta metodología en dos ingenios. •

En una evaluación al deterioro microbiano de jugos se halló que los grupos microbianos pueden ser los responsables de alrededor del 90% de las pérdidas de sacarosa en la molienda.





Servicios administrados por el programa

Análisis de suelos y tejido foliar

Durante el año 2013 el laboratorio de análisis de suelos y tejido foliar procesó un total de 6882 muestras, que representan un incremento del 7.2% con respecto al 2012. Del total de muestras, 2947 correspondieron a muestras de suelo (15.3% más de lo analizado en el 2012), 37% de las cuales provinieron de nuestros donantes. Con respecto al análisis de tejido foliar se procesaron 1992 muestras (4% más que el 2012), 95% de las cuales fueron de clientes internos.

Análisis de caña

Este servicio de caña es exclusivo para clientes internos (investigadores de Cenicaña) como apoyo al proceso de selección y evaluación de las variedades de caña. Durante el 2013 se procesaron 20,342 muestras, lo que representó un incremento del 90.7% con respecto al promedio de muestras procesadas en el periodo 2009-2013. •



Servicio de análisis económico y estadístico

Proporcionar información y metodologías de análisis económico y estadístico para apoyar la toma de decisiones en investigación y producción, con el fin de contribuir al desarrollo del sector azucarero y mejorar la eficiencia productiva, técnica y económica de los procesos agroindustriales.

- 65 **Análisis de productividad y rentabilidad**
- 68 **Evaluación económica de las variedades semicomerciales de caña de azúcar**



Análisis de productividad y rentabilidad

Análisis del incremento promedio del número de cortes

Con datos comerciales de la industria azucarera correspondientes al periodo 1990-2013 se analizó el comportamiento anual promedio del número de cortes. De un promedio de 3.5 (quinquenios 1990-1994 y 1995-1999) se pasó a un promedio de 4.8 (2004-2008) y finalmente a 5.5 (2009-2013); es decir, se aumentó en dos cortes entre el primero y el último quinquenio. Es importante resaltar que las TCH no disminuyeron con el incremento del promedio de cortes.

Este comportamiento tiene varias causas; una de ellas son las variedades. La variedad CC 85-92 ocupó el primer lugar en área sembrada en 1999, y este hecho aceleró el incremento del número promedio de cortes. Por otra parte, en la última década se desarrolló la tecnología de agricultura específica por sitio (AEPS) y se inició su implementación, lo que ha mostrado sus beneficios en el manejo del cultivo y consecuentemente en la productividad.

Un aspecto importante de este incremento del promedio del número de cortes es la disminución del 33% en los gastos de renovación anual al comparar dos periodos (diez años antes de la AEPS vs diez años después), lo que se refleja positivamente en la rentabilidad.

Participación de las variedades en la evolución de la productividad y la rentabilidad

Para la evaluación se tuvo en cuenta lo siguiente:

Tiempo: cinco quinquenios, entre 1990 y 2013.

Datos: comerciales.

Variedades: POJ 28-78 y CP 38-34; CP 57-603, CP 72-356 y Co 421; Mex 52-29 y Mex 64-1487; MZC 74-275; PR 61-632, RD 75-11 y V71-51; CC 84-75 y CC 85-92; Nuevas (CC 93-4418, CC 92-2804, CC 93-4181, CC 01-1228, CC 93-3826, CC 97-7170, CC 01-1940, CC 92-2198, CC 01-746 y CC 98-72).

Productividad: el análisis mostró grupos definidos en la evolución de la productividad a través de los años. La productividad por hectárea se estandarizó al año para evitar el sesgo de la edad. En TCH-año se pasó de valores de 90 (grupos de POJ 28-78 y CP 57-603) a 104 (grupos de Mex 52-29, PR 61-632 y MZC 74-275); posteriormente, a 110 (grupo de CC 85-92), y recientemente, con las nuevas variedades, el TCH está en 113. Ello representa un avance en TCH-año del 25% por grupo de variedades a través de los quinquenios en estudio (**Figura 27**).

El incremento promedio del número de cortes en los últimos veinte años está relacionado con el uso de la variedad CC 85-92 y con el desarrollo e implementación de la agricultura específica por sitio (AEPS).

Para TAH-año y considerando los mismos grupos de variedades, los resultados son más claros. Con el primer grupo el promedio estaba en 10; con el segundo, en 11.8; con el grupo de la CC 85-92, en 12.6; y con las nuevas variedades se está llegando a 13. Estas cifras muestran que se ha avanzado también en la producción de azúcar por hectárea (**Figura 27**).

Los valores de rendimiento también están ajustados por edad para hacerlos comparables. La tendencia muestra que tanto varietal como temporalmente se ha avanzado en este indicador, y es evidente que con el grupo de nuevas variedades y manejando adecuadamente la edad de cosecha se pueden alcanzar valores más altos (**Figura 27**).

Rentabilidad: la variedad CC 85-92 fue la de mayor participación (55%) en la generación de ingresos a la industria en el periodo 1990-2013 (**Figura 28**). Es importante recordar que esta variedad ocupa el primer lugar por tiempo de permanencia en área sembrada: quince años. Por otra parte, las variedades nuevas producen actualmente mayores ingresos por hectárea año al compararlas con los otros grupos de variedades (**Figura 29**).

Figura 27. Comportamiento de los indicadores por grupo de variedades y por quinquenios.

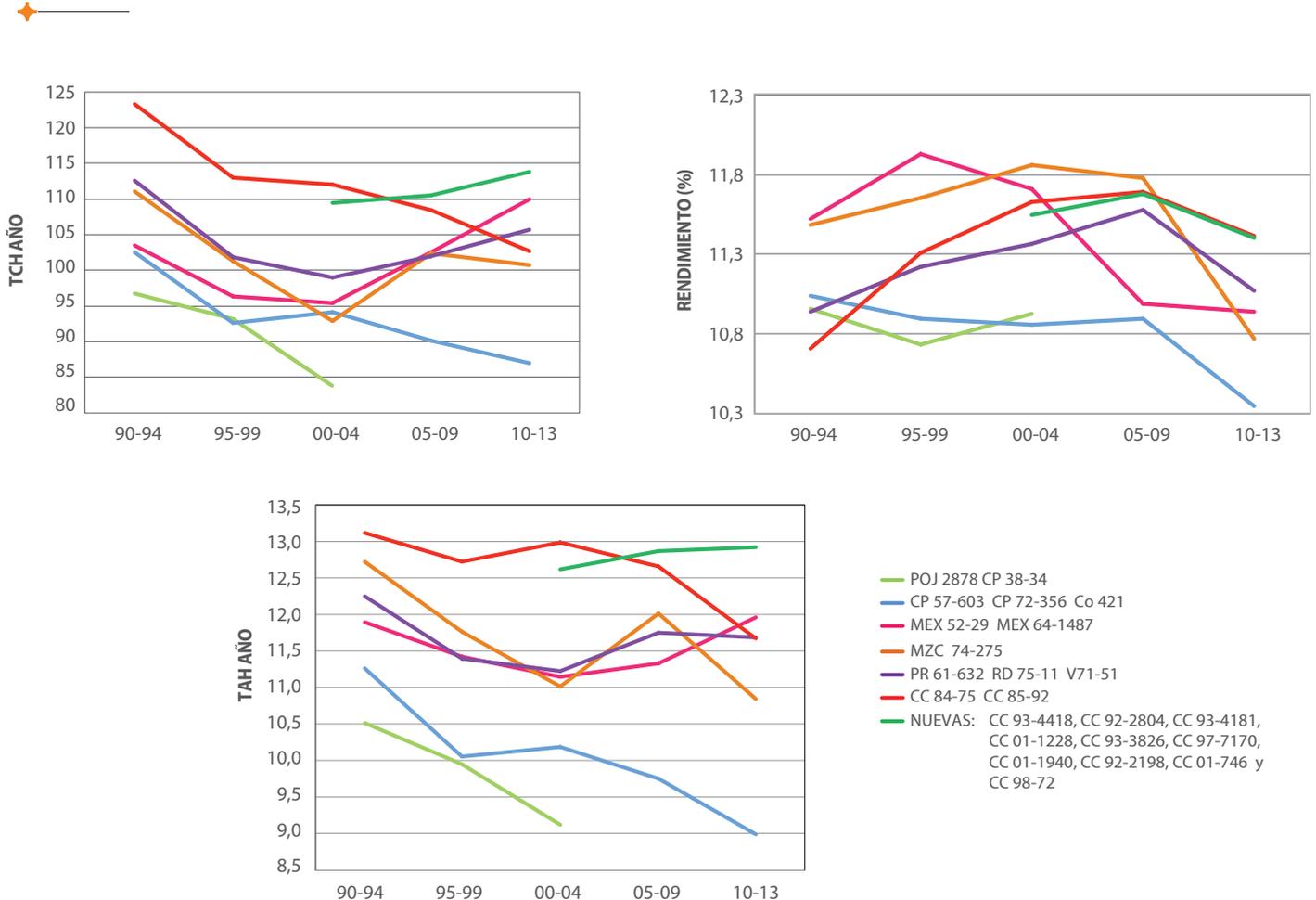


Figura 28. Participación de los grupos de variedades en los ingresos calculados del sector, 1990 - 2013.

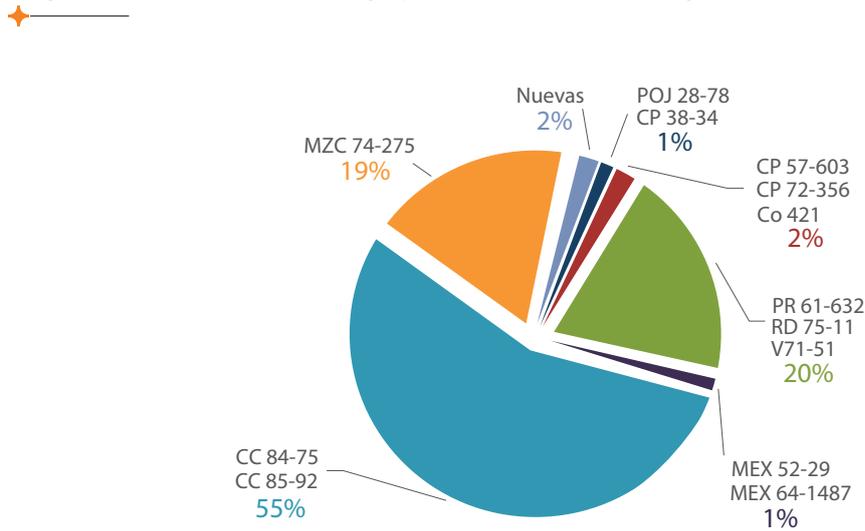
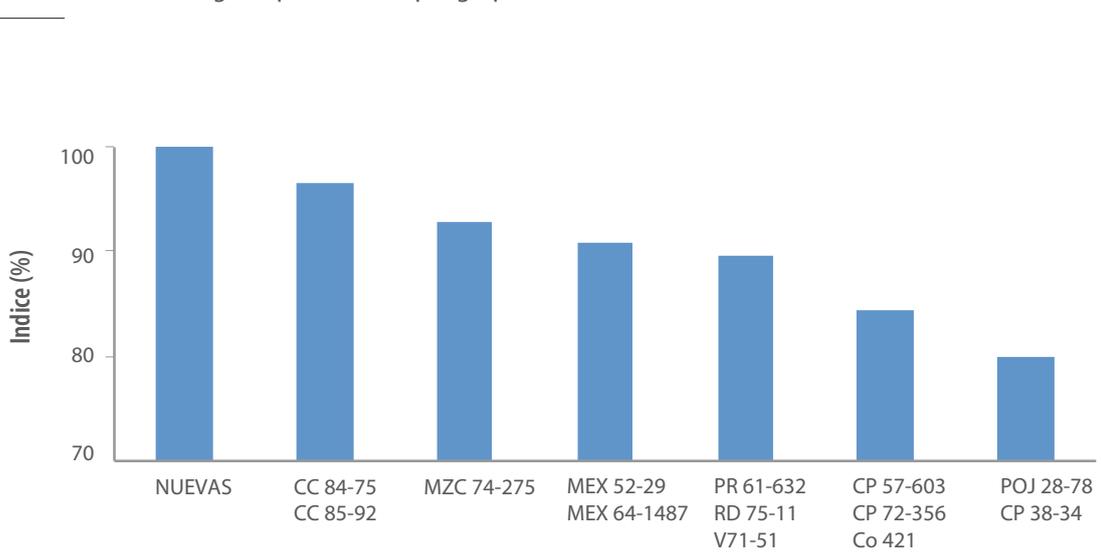


Figura 29. Índice de ingreso por hectárea por grupo de variedades.



Evaluación económica de las variedades semicomerciales de caña de azúcar

Variedad CC 93-4418

Seguimiento de la productividad y de la rentabilidad

Cenicaña analizó el comportamiento de la variedad CC 93-4418 comparada con la CC 85-92, a partir de datos comerciales del periodo 2010-2013. El análisis mostró que esta variedad nueva superó la más sembrada en 13 TCH en promedio y en 1.68 TAH. El rendimiento no mostró diferencias significativas:

- En la distribución acumulada de la utilidad para el ingenio (expresada en unidades equivalentes de TAH) se observó que la variedad CC 93-4418 tiene un 74% de probabilidad de brindar una utilidad igual o superior a 2.5 TAH frente a las variedades CC 85-92 y CC 84-75 (64% y 53%, respectivamente) (**Figura 30**).
- En la distribución acumulada de la utilidad para el cultivador (expresada en unidades equivalentes de TCH), la variedad CC 93-4418 presenta un 79% de probabilidad de brindar una utilidad igual o superior a 25 TCH en comparación con las variedades CC 85-92 y CC 84-75 (66% y 62%, respectivamente) (**Figura 31**).

Es decir, tanto el ingenio como el cultivador tienen una gran posibilidad de incrementar la utilidad cultivando esta variedad en los ambientes secos y semi-secos, donde tiene más oportunidad de desarrollar su potencial.

Seguimiento en la cosecha manual

Para este análisis, Cenicaña tomó de un ingenio los datos del área cosechada durante el 2012 de la variedad CC 93-4418, que se sembró en dicho año aproximadamente en 3735 hectáreas. Se analizó la cosecha manual (verde y quemada), el tipo de descogolle (aire y suelo) y la caña transportada según tipo de vagón. Las variables de respuesta fueron toneladas hombre/día, materia extraña y peso de la caña transportada. La variedad nueva se comparó con la variedad CC 85-92, la más sembrada.

Los resultados mostraron que:

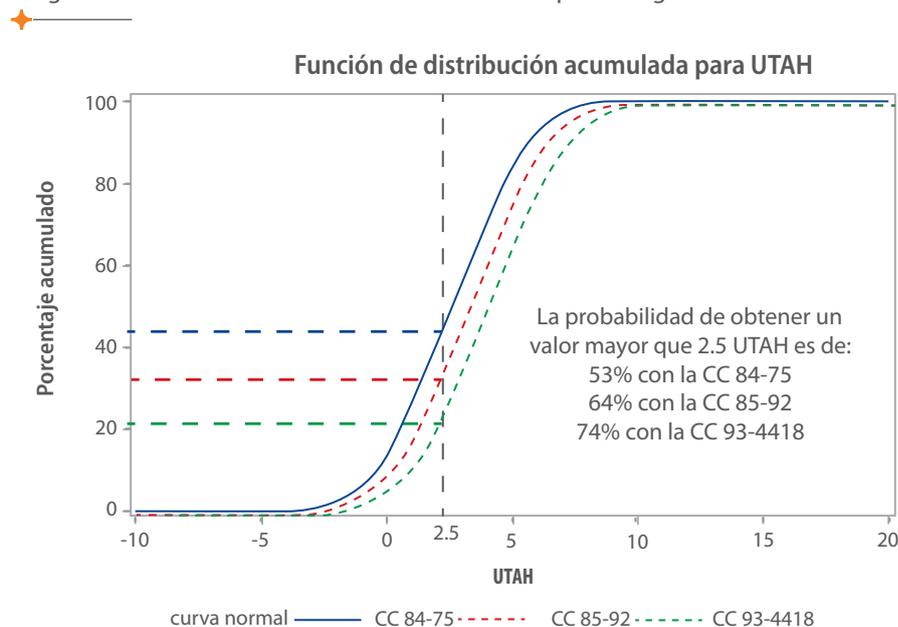
- Con respecto al corte manual, la variedad CC 93-4418 es más eficiente que CC 85-92 en caña verde (5 t hombre/día y 3 t hombre/día, respectivamente) y en caña quemada (7.3 t hombre/día y 5.9 t hombre/día, respectivamente).
- En el tipo de descogolle en caña verde la eficiencia del cortero es mayor en el suelo para las dos variedades y mayor en la CC 93-4418 (suelo, 5.6 t hombre/día; aire, 4.5 t hombre/día) con respecto a la CC 85-92 (suelo, 3.1 t hombre/día; aire, 3.0 t hombre/día). En caña quemada la eficiencia del cortero también es mayor en el suelo para las dos variedades y mayor en la CC 93-4418 (suelo, 7.8 t hombre/día; aire, 6.9 t hombre/día) con respecto a la CC 85-92 (suelo, 6.3 t hombre/día; aire, 5.5 t hombre/día).



- En caña dejada en campo no hay diferencia entre las dos variedades. El comportamiento depende más del método de descogolle y del cortero.
- En contenido de materia extraña la CC 93-4418 tiene mayor valor con respecto a la CC 85-92: 8.4% y 5.8%, respectivamente, en caña verde y 2.5% y 2.2%, respectivamente, en caña quemada. Se detectó que este mayor porcentaje de materia extraña en la CC 93-4418 se debe a la adherencia de la yagua al tallo aun en caña quemada. Es necesario hacer un mayor seguimiento para mejorar la información a este respecto.
- En cuanto a peso de caña transportada se encontró que la CC 93-4418 se puede transportar en mayor cantidad, ya sea de caña quemada manual y mecánica o verde manual y mecánica, porque sus tallos son más erectos y se acomodan mejor. Los vagones analizados fueron: HD12000, HD12000-37, HD12000-S, HD20000, HD20000-S. Las diferencias en t/vagón oscilaron entre 0.3-1.9 en mecánica y entre 1.8-2.9 en manual, incluida caña quemada y verde en los dos tipos de corte. Estas diferencias disminuyen los costos de transporte entre 2.3% - 15% para mecánica y 14% - 22% para manual a favor de la CC 93-4418.
- Otros beneficios en cosecha de la variedad CC 93-4418 son el mayor ingreso salarial para el cortero por la eficiencia del corte y el favorable ambiente laboral; y mejor alce mecánico por buen arreglo de las chorras.

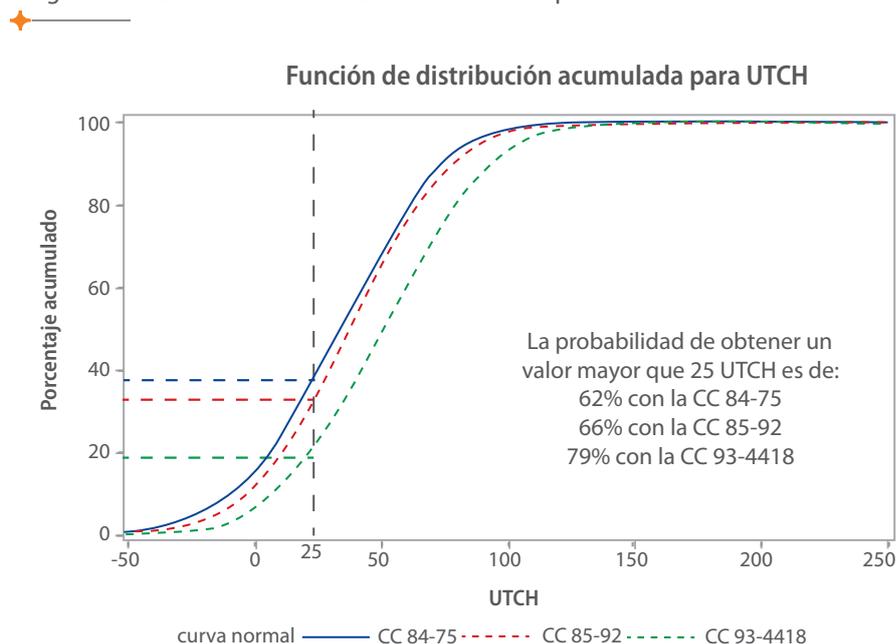
De manera general se puede concluir que la variedad CC 93-4418 tiene mejor productividad que la CC 85-92, ofrece mejores niveles de rentabilidad y en la cosecha es más eficiente, favorece al cortero y disminuye los costos de transporte.

Figura 30. Distribución acumulada de la utilidad para el ingenio.



Un análisis del comportamiento de la CC 93-4418 comparada con la CC 85-92, demostró que la primera superó la más sembrada en 13 TCH en promedio y en 1.68 TAH.

Figura 31. Distribución acumulada de la utilidad para el cultivador.



Variedad CC 01-1940

Se analizó el comportamiento de la variedad CC 01-1940 con datos comerciales del periodo 2009-2013 en el área cosechada. Esta variedad ha sido recomendada para el ambiente húmedo.

Efecto de la adopción sobre la productividad y la rentabilidad

Del análisis de los datos se pudo deducir que:

- Las suertes cosechadas con esta variedad superan en 10 TCH las suertes cosechadas con otras variedades (CC 01-1940, 118 TCH; otras, 110 TCH); en rendimiento es superada 0.1 unidades (CC 01-1940, 11.39; otras, 11.54); y en TAH supera a las otras en 0.9 (CC 01-1940, 13.40; otras, 12.49).
- Para el ingenio la utilidad de CC 01-1940 supera las otras variedades en 0.32 TAH (expresada en unidades equivalentes de TAH): CC 01-1940, 2.95 UTAH; otras, 2.63 UTAH. Para el cultivador las utilidades de CC 01-1940 superan a las demás en 18 unidades de TCH (al expresar esta variable en unidades de TCH): CC 01-1940, 50 UTCH; otras, 32 UTCH).

De acuerdo con los resultados anteriores, la variedad CC 01-1940 no solo supera en productividad a las otras variedades en la zona húmeda, sino que genera mayor utilidad para el ingenio y cultivador.

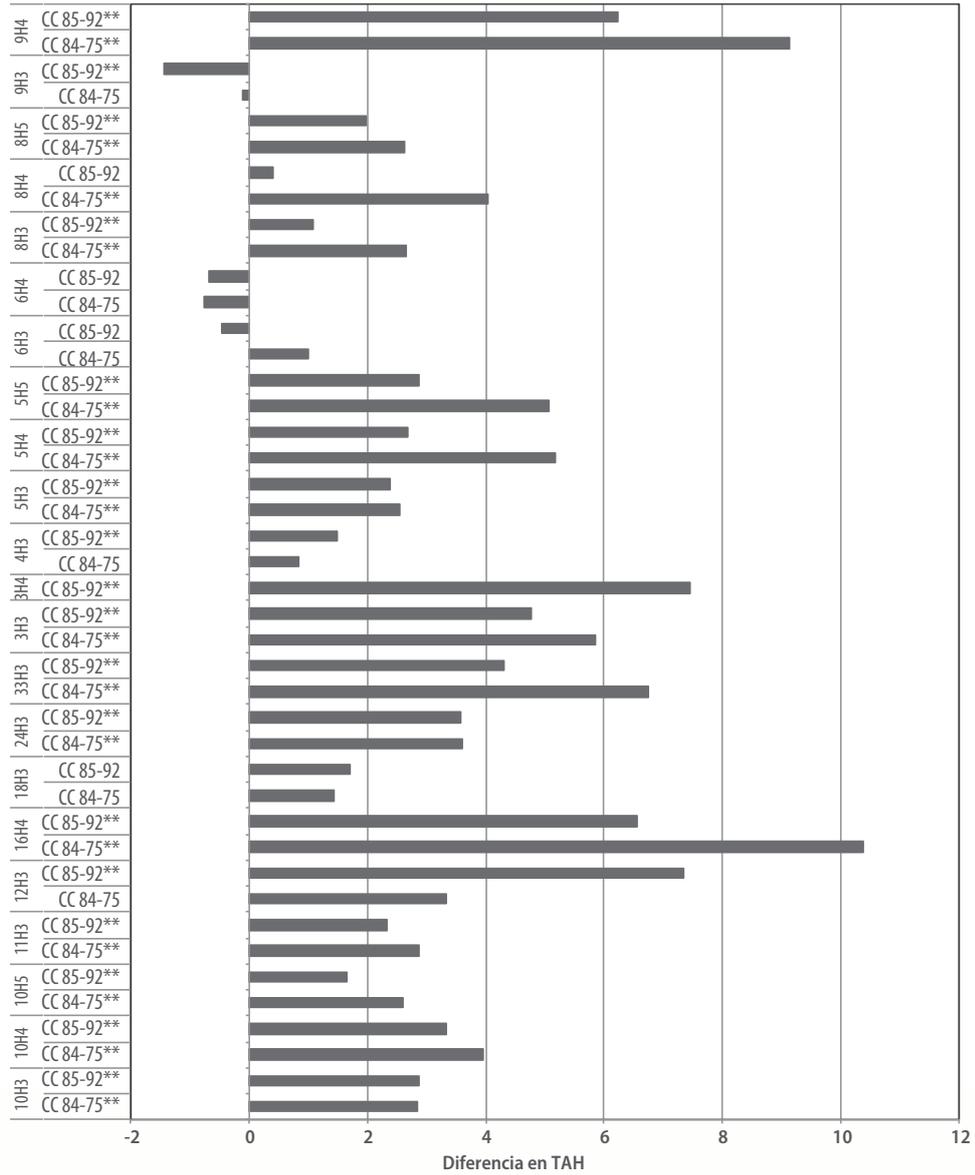
Productividad por zona agroecológica

En el periodo analizado la variedad CC 01-1940 se encuentra sembrada en 22 zonas agroecológicas húmedas (con un área de 23.4 ha) y se comparó con las variedades CC 85-92 y CC 84-75 en las mismas zonas. En TCH supera a estas dos variedades en 18 zonas; en rendimiento, en 11 zonas; y en TAH, en 19 zonas. En la **Figura 32** se muestran las diferencias en TAH para las zonas agroecológicas húmedas comparadas. •

Las suertes cosechadas con la CC 01 -1940 superan en 10 TCH a las cosechadas con otras variedades para zonas húmedas. Esta variedad también ofrece mejores utilidades para el ingenio y para el cultivador.



Figura 32. Diferencias de TAH entre las variedades CC 01-1940, CC 85-92 y CC 84-75 y porcentaje de área en la industria azucarera de 22 zonas agrocológicas.



Z. A	11H3	10H3	5H3	10H5	10H4	6H3	8H3	5H5	5H4	6H4	8H4
% área	4.64	3.09	2.51	2.39	2.09	1.47	1.40	1.16	0.91	0.88	0.61
Z. A	9H3	8H5	3H3	18H3	3H4	9H4	16H4	12H3	4H3	24H3	33H3
% área	0.39	0.38	0.34	0.32	0.26	0.15	0.11	0.09	0.07	0.07	0.05

** Diferencia estadísticamente significativa.





Servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología

Promover la innovación tecnológica en el sector agroindustrial de la caña de azúcar de Colombia con el fin de incrementar la adopción de prácticas sostenibles en las unidades productivas, mediante la participación de los productores y los investigadores en la gestión de la comunicación, la transferencia de conocimiento y la validación de tecnología.

- 75 Investigación de mercado: caracterización de base y seguimiento dinámico**
- 76 Validación de tecnología**
- 80 Programas de transferencia y capacitación**
- 83 Producción de material divulgativo**



Investigación de mercado: caracterización de base y seguimiento dinámico

Cenicaña realiza estudios permanentes para evaluar los cambios tecnológicos o las innovaciones implementadas en las unidades productivas de los productores de caña de azúcar, con el objetivo de contar con indicadores de referencia sobre el uso de las tecnologías.

Para establecer los indicadores de adopción tecnológica (línea base para el Programa de aprendizaje y asistencia técnica, PAT), estimar la utilización de la AEPS y actualizar la tipificación de los productores se diseñó un formato o guía de entrevista para aplicar a una muestra estadística representativa de los productores. Los asistentes técnicos de los ingenios se encargaron de realizar las entrevistas. Al finalizar el año se obtuvo información completa de proveedores y jefes de zona de siete ingenios azucareros, que representan el 70% del área cultivada con caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Un procesamiento parcial de los datos obtenidos informó sobre el grado actual de adopción de cuatro tecnologías: la zonificación agroecológica, el manejo de aguas, el uso de nuevas variedades y los avances en fertilización.

Los datos indicaron que ha habido progreso en la aplicación de nuevas tecnologías por los proveedores de caña. Al respecto, se ha incrementado la adopción del enfoque de agricultura específica por sitio y la zonificación agroecológica para decidir el manejo agronómico del cultivo y seleccionar las variedades de caña. En tal sentido, 41% de los proveedores y 96% de los jefes de zona utilizan actualmente este enfoque de manejo agronómico.

De otra parte, se registró un aumento en la adopción de prácticas como el balance hídrico para programar los riegos, que alcanzó el 35% del área en fincas de proveedores y 93% en fincas de manejo directo de los ingenios. Esto representa un promedio general del 65% del área sembrada con caña de azúcar donde el riego se programa con este sistema (**Cuadro 8**).

En los últimos cinco años los productores renovaron el cultivo en el 48% del área, lo que ha permitido adoptar las nuevas variedades promovidas por Cenicaña y sembrar principalmente CC 93-4418, que a diciembre de 2013 ocupaba un área de 27,185 hectáreas; CC 01-1940, con 12,495 hectáreas; y CC 93-4181, con 2194 hectáreas.

Teniendo en cuenta que con la práctica de la AEPS se busca mejorar la productividad y la rentabilidad de la caña de azúcar al utilizar tecnología adaptada a las características espaciales y temporales de cada sitio de cultivo, las tierras, especialmente las de proveeduría, tienen un amplio margen de mejora de acuerdo con los niveles de adopción presentados.

Cuadro 8. Adopción de tecnologías por productores de caña de azúcar de siete ingenios azucareros en el valle del río Cauca, a noviembre 30 de 2013.

Tecnologías	% adopción				Área total (%)
	Proveeduría		Ingenio (manejo directo)		
	PV (%)	Área (%)	Jefes de zona (%)	Área (%)	
Zonificación agroecológica					
Identificación de zonas agroecológicas en la unidad productiva	41	58	96	96	77
Selección de variedades de acuerdo con la zona agroecológica	31	35	96	76	56
Decisión de manejo agronómico de acuerdo con la zona agroecológica	27	43	78	69	56
Manejo de aguas (riego y drenaje)*					
Balance hídrico	25	35	100	93	65
Riego por gravedad surco alterno	25	21	59	25	23
Tubería PVC con ventanas - surco alterno	11	10	59	16	13
Infraestructura de drenaje instalada	93	95	100	94	94
Variedades					
Renovación de cultivo en los últimos cinco años	73	46	100	49	48
Fertilización					
Análisis de suelos	73	-	100	-	-
Utilización del servicio del Laboratorio de química de Cenicaña	26	-	24	-	-

*Corresponde al 87% de proveedores y 100% de jefes de zona que aplican riego.

Validación participativa de tecnología con enfoque de AEPS

En cumplimiento de su misión, Cenicaña desarrolla y evalúa tecnologías para responder a las necesidades del sector azucarero y lleva a cabo acciones para que éstas se incorporen de manera rápida y eficiente en el sistema productivo. Una de las estrategias para lograr este propósito es la participación activa de los productores en las diferentes fases del proceso de validación de las tecnologías en condiciones de producción comercial, antes de recomendarlas y transferirlas.

De esta forma, el Centro en colaboración con los productores e Ingenios del sector ha definido áreas para validar las tecnologías en diferentes zona agroecológicas y observar el desarrollo y respuesta del cultivo, mediante el establecimiento de diferentes tratamientos de manejo agronómico que incluyen la combinación de distintas prácticas de cultivo con enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS) comparadas con las prácticas convencionales utilizadas por los productores. El análisis de los resultados valida y confirma que las prácticas de AEPS tienen un alto impacto en la respuesta del cultivo y en la obtención del rendimiento potencial de la caña de azúcar en las condiciones comerciales,

cuyo incremento de producción se ve reflejado en una mayor rentabilidad tanto en fincas de manejo directo del ingenio como en fincas de proveedores de caña.

Avances en la validación de tecnología

Durante el 2013 se cosecharon las segundas socas (tercer corte) de las suertes de validación de tecnología en el ingenio La Cabaña, hacienda Cabaña (zona agroecológica 10H4) y en el ingenio Sancarlos, hacienda Esmeralda (6H1).

En la zona 10H4 del ingenio La Cabaña no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para TCH ni para rendimiento; sin embargo, la variedad CC 01-1940 produjo un TCH mayor en 15% al producido por la CC 85-92, cuando se aplicó un manejo agronómico convencional a ambas variedades. Al comparar el manejo agronómico convencional (variedad CC 85-92, preparación de suelos, manejo de agua y fertilización) con dos tratamientos, uno en el que se sembró una variedad específica para la zona agroecológica (CC 01-1940) con un manejo agronómico convencional y otro con la misma variedad pero con manejo agronómico con enfoque AEPS, se encontraron diferencias significativas en rentabilidad a favor de estos dos tratamientos comparado con la variedad CC 85-92 con el manejo agronómico convencional, cuando se analizó para el caso de fincas de proveedores con contratos de 58 kilos de azúcar por tonelada de caña.

El tratamiento de la variedad seleccionada CC 01-1940 con enfoque de AEPS con manejo agronómico convencional produjo un 7% más de ingresos netos/t azúcar, comparado con el que utilizó todas las prácticas de manejo agronómico convencional con la variedad CC 85-92.

El tratamiento de CC 01-1940 con enfoque de AEPS, comparado con todas las prácticas de manejo agronómico convencional con la variedad CC 85-92, produjo 10% más de ingresos netos/t de azúcar. Los resultados indican que el manejo agronómico de AEPS disminuye los costos de producción hasta 18%, lo que mejora la rentabilidad del cultivo.

De otra parte, en el Ingenio Sancarlos, zona agroecológica 6H1, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en TCH a favor del manejo agronómico convencional. En rendimiento en azúcar se observó que el tratamiento con enfoque de AEPS con la variedad CC 93-4418 superó en 1.3 puntos al convencional con CC 85-92.

El análisis de rentabilidad por tratamiento y tipo de tenencia del cultivo mostró que el riego con enfoque de AEPS, que incluye la programación con balance hídrico y las demás prácticas con manejo agronómico convencional, comparado con el tratamiento con riego programado sin balance hídrico y el resto de prácticas de manejo convencional, fue hasta un 8% más rentable (Ingreso neto/t de azúcar) en fincas de manejo directo del ingenio,

Figura 33.
Labores de fertilización en área de validación.



y en fincas de proveedores entre un 6% - 10% más (ingreso neto/t de caña) con dos tipos de contrato. Asimismo, el manejo agronómico con enfoque de AEPS, comparado con el manejo agronómico convencional, produjo mayor rentabilidad (ingreso neto/t azúcar) para el ingenio, tanto en fincas de manejo directo como en fincas de proveedores (13% y 20% más, respectivamente), y también en fincas de proveedores produjo mayor rentabilidad (ingreso neto/tonelada de caña) al analizarlo para dos formas de pago (3% y 17% adicional).

Resultados generales de validación comercial

En general, los resultados encontrados en las áreas de validación de tecnología plantearon que es recomendable el manejo agronómico del cultivo con un enfoque de agricultura específica por sitio: selección de la variedad, labores de preparación de suelos, manejo de aguas de riego y fertilización según las características de la zona agroecológica donde se ha de sembrar.

Un análisis de los resultados obtenidos en nueve sitios de la zona seca y cuatro de la zona húmeda mostró que el manejo agronómico del cultivo con enfoque AEPS comparado con el convencional disminuye los costos de producción y aumenta la productividad (TAHM) y los ingresos netos por tonelada de caña, a través de diferentes ciclos del cultivo en las distintas localidades para ambientes secos y húmedos (**Cuadros 9 y 10**).

En zonas húmedas: un análisis combinado de los resultados en todos los sitios de validación indicó que las tecnologías que más influyen en la productividad del cultivo expresada en TCH son: el uso de variedades seleccionadas de acuerdo con el ambiente y la zona agroecológica; la fertilización según los análisis de suelos realizados a cada consociación presente en la suerte, en las dosis y fuentes recomendadas en el Sistema Experto de Fertilización (SEF) de Cenicaña; y el manejo agronómico del cultivo con enfoque AEPS, que combina varias prácticas: la variedad de caña, la preparación del suelo, la fertilización y los riegos, según la zona agroecológica. En cuanto al rendimiento de azúcar, se observó que el cultivo manejado agronómicamente con enfoque AEPS o convencionalmente presentó resultados similares.

Las recomendaciones de manejo agronómico del cultivo con enfoque AEPS están en la Guía de Recomendaciones Técnicas (GRT) dispuesta en el sitio web de Cenicaña www.cenicana.org

De otra parte, el análisis mostró que el cultivo es menos costoso cuando se utiliza el enfoque AEPS comparado con el convencional, ya que se disminuyen los costos de producción entre 4% y 16% y aumenta la rentabilidad en fincas de manejo directo en ingresos/t de azúcar entre 14% y 30%, según las combinación de prácticas de manejo agronómico que se apliquen; y entre 9% y 22% en fincas de proveedores (**Cuadro 9**).

En zonas secas-semisecas: las tecnologías que más influyen en la productividad del cultivo (TCH y Rto%) son: el uso de variedades seleccionadas

Los resultados en las áreas de validación de tecnología en diferentes zonas agroecológicas indican que es recomendable el manejo agronómico específico por sitio con el uso de variedades, labores de preparación de suelo, manejo de aguas y fertilización según la zona agroecológica.

de acuerdo con el ambiente; la preparación de los suelos y las labores de cultivo mecánico según las características del suelo; el manejo de aguas mediante el balance hídrico (práctica que genera un ahorro en el volumen de agua aplicado por hectárea y en los costos de la labor por unidad de área y ciclo de cultivo); el método de riego por surco alterno y el control administrativo del riego para el establecimiento de indicadores; y la combinación de prácticas de manejo agronómico con enfoque AEPS (variedad, preparación de suelos, fertilización y riegos).

El análisis indicó que las prácticas agronómicas de AEPS aumentaron la rentabilidad en ingresos netos/ton de azúcar entre un 28% y un 33% para los ingenios en fincas de manejo directo y de proveedores, y para los proveedores en sus fincas, entre 12% y 13%. Los costos de producción del cultivo se redujeron alrededor de 13% cuando se analizó el cultivo con manejo AEPS comparado con el convencional (**Cuadro 10**).

Cuadro 9. Tendencia de productividad y rentabilidad en zonas húmedas (cuatro sitios)

Tecnología	Zonas húmedas					
	TCH	RTO (%)	TAHM	Costos producción*	Rentabilidad*	
					Ingenio (I.Netó/t. Azu.)	Proveedor (I.Netó/t. Azu.)
Todas las prácticas convencionales	126.0	12.0	100	100	100	100
Variedad AEPS (CC 01-1940)	132.9	11.6	103	100	97	111
Preparación y labores de cultivo AEPS	125.6	12.3	103	96	118	110
Manejo aguas AEPS (BH)	126.4	12.2	103	94	114	109
Fertilización AEPS (SEF)	130.1	12.2	106	75	123	116
Todas las prácticas AEPS	133.7	12.1	107	84	130	122

Cuadro 10. Tendencia de productividad y rentabilidad en zonas secas (nueve sitios)

Tecnología	Zonas secas					
	TCH	RTO (%)	TAHM	Costos producción*	Rentabilidad*	
					Ingenio	Proveedor
Todas las prácticas convencionales	151.2	11.3	100	100	100	100
Variedad AEPS (CC 93 - 4418)	154.2	11.9	107	100	131	112
Preparación y labores de cultivo AEPS	153.9	11.9	107	79	133	112
Manejo aguas AEPS (BH)	155.4	11.8	107	89	131	113
Fertilización AEPS (SEF)	153.5	11.7	105	81	128	112
Todas las prácticas AEPS	151.8	11.8	105	87	133	113

Sitios: Ingenio Riopaila, hacienda Peralonso 121 y 320; Ingenio Sancarlos, hacienda Esmeralda 79; Ingenio Pichichí, hacienda San Rafael 9; Ingenio Manuelita, haciendas Rosario 95-72A y Real 7; Ingenio Mayagüez, hacienda El Convenio 2ª; e Ingenio Castilla, haciendas San Rafael 261 y Santa Helena 80.

* Costos e ingresos expresados en porcentaje relativo con respecto al tratamiento de prácticas convencionales.

Programas de transferencia y capacitación

Programa de aprendizaje y asistencia técnica (PAT)

Con el objetivo de impulsar el programa de aprendizaje y asistencia técnica (PAT) propuesto por Cenicaña se realizaron actividades promocionales en los ingenios azucareros, por medio de reuniones con las gerencias de campo y de proveeduría. En ellas se estableció que para la implementación y puesta en marcha del programa, los ingenios conformarían equipos de asistentes técnicos o facilitadores de la adopción de tecnología, de acuerdo con el indicador establecido: un asistente técnico por cada cuarenta proveedores.

También se continuó con la coordinación de la producción de materiales para la transferencia tecnológica, que comprende 19 guías metodológicas sobre el mismo número de tecnologías, que serán utilizadas por los facilitadores para la capacitación. En el 2013, los autores – investigadores concluyeron la producción editorial de nueve guías metodológicas y el material se encuentra en las etapas de diseño y diagramación. Los programas de capacitación se realizarán a partir de 2014.

De esta manera, los asistentes técnicos, los administradores de zona y los profesionales de las fábricas de azúcar y etanol contarán con un instrumento para desarrollar programas de capacitación dirigidos a los diferentes grupos de interés: productores de caña, administradores del campo, mayordomos y técnicos de fábrica, entre otros.

Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT)

Durante doce años los grupos de transferencia de tecnología (GTT) han cumplido con la misión de promover la adopción de tecnologías por los ingenios y productores, mediante la realización de 650 eventos (días de campo y conferencias) con una asistencia acumulada de 18,700 participantes.

En 2013 se realizaron 39 días de campo con las reuniones de GTT de 11 ingenios azucareros y se contó con la presencia de cerca de 2000 proveedores de caña, es decir, una asistencia promedio por evento de 67% (25% más que en 2012); la participación de 25 expositores de Cenicaña y 32 de los ingenios, con 69 y 54 presentaciones técnicas, respectivamente. En estos eventos se promovió el uso y adopción de tecnologías con enfoque de AEPS: variedades de caña por zona agroecológica y tecnologías para el control de plagas y enfermedades, la fertilización y nutrición del cultivo, el manejo de aguas (riego y drenaje) y labores de cultivo, entre otras.

Durante el año se hizo énfasis en la realización de días de campo en fincas de proveedores innovadores, que compartieron sus experiencias sobre el uso de tecnologías y sus beneficios económicos, de sostenibilidad, calidad y respeto al medio ambiente. La participación activa de estos adoptadores es una estrategia exitosa para promocionar los desarrollos de Cenicaña.

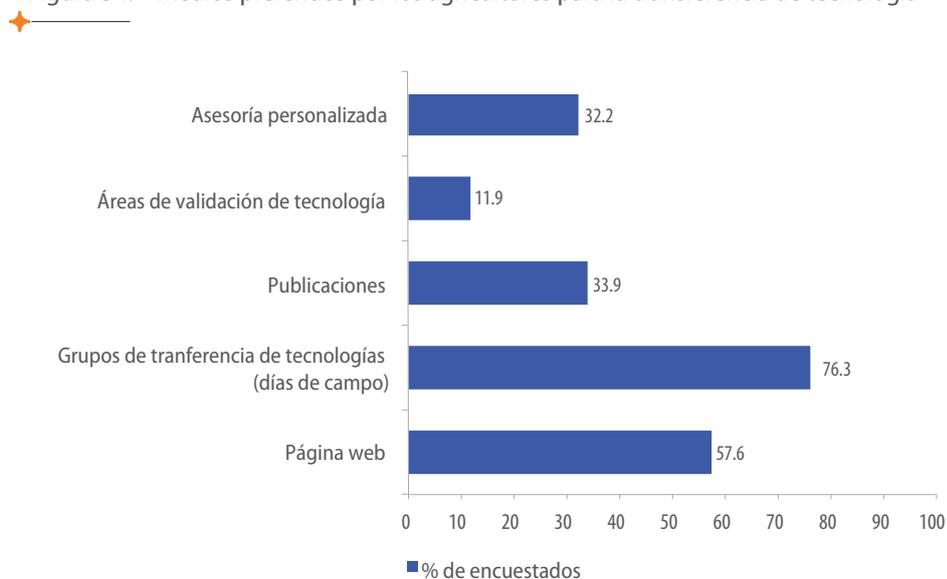
La red de GTT ha cumplido con la misión de promover la adopción de tecnología en ingenios y en fincas de productores. En 12 años se han realizado 650 eventos con una asistencia acumulada de 18,700 participantes.

Gracias a la calidad e importancia de las presentaciones técnicas realizadas en las reuniones de GTT, algunos ingenios replicaron este año internamente, con mayordomos y supervisores, los días de campo realizados. De esta manera se garantizó la difusión interna de la información al personal de campo.

Con una encuesta a un número representativo de productores se confirmó la importancia que le otorgan a las reuniones de GTT, con su metodología práctica y participativa, y a los medios de comunicación para la transferencia de tecnología (**Figura 34**).

La red de GTT también apoyó a la Mesa del Agua con la realización de cinco reuniones informativas para mostrar las actividades ejecutadas en las cuencas hidrográficas y los avances del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad.

Figura 34. Medios preferidos por los agricultores para la transferencia de tecnología



Logros de la red GTT

- Más productores informados sobre las nuevas tecnologías.
- Mayor integración entre productores, ingenios y Cenicaña.
- Imagen institucional de Cenicaña fortalecida.
- Mayor participación de mayordomos, asistentes técnicos y administradores en los GTT.
- Más productores motivados hacia la innovación tecnológica.
- Mayores niveles de adopción de tecnología.
- Más productores sensibilizados en la conservación de las cuencas hidrográficas.

Reuniones en ingenios y foros técnicos

• Reuniones en ingenios: el equipo técnico de Cenicaña, su director general, los directores de los programas de investigación y el Servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología realizaron reuniones con los equipos técnicos de los ingenios para identificar sus necesidades de desarrollo tecnológico y así contribuir a solucionar problemas de la agroindustria. Con la información obtenida se construyó una matriz de necesidades y se realimentó la programación de actividades del Centro.

• Foro Técnico para Cultivadores de Caña 2013: con la asistencia de 700 productores se realizó en agosto el Foro Técnico para Cultivadores de Caña dirigido a proveedores, profesionales de los ingenios y asistentes técnicos. Se presentaron los siguientes temas: nuevas variedades para el sector azucarero, situación sanitaria de la caña de azúcar en el Valle del Cauca, lanzamiento del Balance Hídrico 4.0 y Control Administrativo del Riego 2.0, factores que inciden en la variación de la producción, actividades y avances de la Mesa del Agua, la cosecha mecanizada y el PAT.



- Foro de mercadeo: se actualizó al personal profesional del Centro en los principios que rigen el mercadeo en la actualidad y las proyecciones para el siglo XXI para promover la adopción tecnológica entre los productores de caña. Se contó con la participación de cuatro conferencistas expertos en mercadeo, cuatro invitados especiales de los ingenios y 59 profesionales de Cenicaña.

Producción de material divulgativo

Para apoyar los procesos productivos y fabriles de la agroindustria de la caña de azúcar en Colombia, en el transcurso del año se editaron siete publicaciones técnicas: *Informe Anual 2012*, *Catálogo de variedades de caña de azúcar*, *el libro Insectos plaga y organismos benéficos de la caña de azúcar en Colombia*, *Manual de cálculos y datos básicos: control de fábrica de azúcar, planta de etanol y fábrica dual (azúcar - etanol)* y *tres series divulgativas: Resistencia varietal en el manejo del salivazo, Control biológico del salivazo, y Diatraea tabernella: nueva especie del barrenador del tallo en el valle del río Cauca*.

También se elaboraron ocho hojas divulgativas con información técnica, como apoyo a las actividades realizadas con proveedores de caña, reuniones de GTT y el Foro Técnico para Cultivadores de Caña 2013.

Para propiciar un acercamiento de los diferentes usuarios del Centro a temas de investigación y desarrollo tecnológico, se creó la Carta Informativa. Este año se imprimieron tres ediciones de dicha publicación, que incluyó avances en los diferentes programas de investigación y artículos sobre los servicios ofrecidos, dando énfasis a testimonios y experiencias de cultivadores y profesionales de los ingenios.

En la búsqueda de una mayor visibilidad del Centro y de fortalecer a la institución como referente en temas científicos y de innovación en Colombia, se emitieron tres boletines informativos a entidades del sector para replicar entre sus proveedores y afiliados y cuatro boletines de prensa para su difusión a través de los medios de comunicación. También se gestionó la publicación de artículos o menciones en *El País*, *RCN*, *El Tiempo*, *Señal Colombia Radio* y los medios de difusión de Procaña, Tecnicaña y Asocaña.

Se diseñaron las versiones para dispositivos móviles de las publicaciones editadas este año, se publicaron en web 28 noticias generadas por Cenicaña y se realizó una actualización permanente de la información en la web de los comités, documentos de biblioteca, eventos y servicios, entre otros.

Finalmente, durante el año se atendió a 137 personas, entre estudiantes universitarios, técnicos del Sena e investigadores de Corpoica y otros centros de investigación, interesadas en conocer o ampliar información técnica sobre el manejo de la caña de azúcar. •

Servicio de tecnología informática

Definir, facilitar y mantener una infraestructura de informática alineada con los objetivos estratégicos del Centro, con una plataforma tecnológica eficiente de alto nivel y que garantice seguridad al sistema.

85 Infraestructura y seguridad de la información

85 Desarrollo de software



Infraestructura y seguridad de la información

La seguridad y protección de los datos es uno de los principales retos de las instituciones que almacenan información confidencial.

En Cenicaña los resultados de la investigación y los datos relevantes sobre el comportamiento del cultivo de la caña de azúcar son el insumo para la construcción de bases de datos que le permiten al sector agroindustrial de la caña de azúcar ser más competitivo. En los últimos años, las bases de datos producto de la investigación del Centro han crecido exponencialmente debido a la utilización de equipos sofisticados que entregan información más detallada.

Con el fin de gestionar la infraestructura necesaria para el mantenimiento, la seguridad y el almacenamiento de estas bases de datos, en el 2013 se adquirieron sistemas más robustos de seguridad que permiten bloquear el acceso no autorizado a la información y, al mismo tiempo, controlar el acceso de usuarios autorizados.

También se adquirió una nueva SAN (Storage Area Network), hardware que permite a la institución ampliar su infraestructura de almacenamiento de 9TB a 72TB. En el mundo de la tecnología informática estos sistemas de captura, almacenamiento y análisis de grandes volúmenes de datos son conocidos como BIG Data.

Esta solución, acompañada de los entornos de virtualización implementados en años anteriores, permite a Cenicaña estar a la vanguardia en sistemas de información para ofrecer un servicio más eficiente.

Desarrollo de software

En la ingeniería de software hay una permanente evolución de las herramientas y procedimientos para satisfacer las necesidades de la comunidad. El Servicio de tecnología informática de Cenicaña avanzó en la implementación de herramientas que le permitan al Centro y los usuarios de sus servicios alinearse con las exigencias del mundo actual.

Una de estas herramientas es el modelo SaaS (Software as a Service), más conocido como la "Nube", que permite a los usuarios acceder a la información desde cualquier sitio y hora utilizando los canales de internet. Con este modelo, Cenicaña diseñó este año la cuarta versión del Balance Hídrico y la segunda versión del Control Administrativo del Riego (**Ver recuadro**).

Nueva plataforma de comunicación

Como consecuencia de la baja cobertura de la telefonía celular, la comunicación de las estaciones de la RMA y la PM10 se ha afectado. Esto llevó al Centro a cambiar la plataforma de comunicación y crear un sistema para utilizar diferentes operadores y minimizar estos inconvenientes.

Cenicaña adquirió un nuevo hardware que permite ampliar su infraestructura de almacenamiento de información de 9TB a 72TB.

Este nuevo desarrollo, que se instalará a principios del 2014, permitirá mejorar la oportunidad y disponibilidad de los datos de las estaciones meteorológicas.

Sistema de Información de Variedades

Cenicaña incorporó nuevos módulos al Sistema de Información de Variedades (Sivar) para potenciar esta herramienta de apoyo al manejo de la información generada en el proceso de cruzamientos, selección y desarrollo de variedades.

Entre las nuevas funcionalidades incorporadas figuran módulos para generar diagramas de progenitores y la nominación de variedades, a partir de los resultados de experimentación en campo; módulos para la administración del banco de germoplasma, de las variedades y parámetros; módulos de usuario y registro de uso del aplicativo. También recupera la información de parentales de aproximadamente 20,000 variedades, a partir de la información existente en los libros de campo; permite la asociación de las variedades al cruzamiento correspondiente, el diseño de campo de la experimentación a realizar y el análisis estadístico de la información. Se hicieron mejoras al módulo de programación de cruzamientos y se implementó un sistema de seguridad. •



Software para manejo de aguas

Como resultado del trabajo en equipo del Programa de agronomía y los servicios de cooperación técnica y transferencia de tecnología (SCTT) y de tecnología informática de Cenicaña (SETI) se diseñaron nuevas versiones del balance hídrico y del control administrativo del riego, para ofrecer mayor precisión y facilidades a los cultivadores de caña de azúcar en el manejo sostenible del agua.



La versión 4.0 del balance hídrico priorizado:

- Permite estimar cuánta agua toma diariamente el cultivo de caña (evapotranspiración) en función de la edad del cultivo.
- Tiene en cuenta la precipitación que realmente llega al suelo y es útil para el cultivo, es decir, la precipitación efectiva.
- De forma automática prioriza las suertes que necesitan riego según la edad del cultivo.
- Contiene la Lara estimada para el 90% de los suelos del valle geográfico del río Cauca identificados en el estudio detallado de suelos.
- Genera informes gráficos y mapas que facilitan la visualización de la programación de los riegos y el cálculo del balance hídrico.
- Envía por correo electrónico informes sobre el estado del balance hídrico de cada una de las suertes de la hacienda.
- Captura de forma automática los datos de evaporación que emite la estación meteorológica automatizada asociada a una suerte.

La versión 2.0 del control administrativo del riego:

- Está disponible en web.
- Usa información del balance hídrico versión 4.0.
- Brinda mayor precisión en el cálculo de los datos. •

Servicio de información y documentación

Servir de apoyo a la investigación del Centro, suministrando a los investigadores y al personal vinculado al sector azucarero la información bibliográfica necesaria para llevar a cabo sus proyectos y actividades.

- 89 **Interacción con otras unidades de información**
- 89 **Biblioteca digital**
- 89 **Glosario y tesoro de la agroindustria de la caña de azúcar**

Interacción con otras unidades de información

A través del consorcio nacional para el acceso a la información científica publicada por la editorial Elsevier y liderado por Colciencias, Cenicaña tuvo nuevamente acceso a la base de datos ScienceDirect®, con más de 7 millones de artículos científicos, para consultar el texto completo de las publicaciones a partir de 2001; y a la base de datos referencial Scopus™, que permite hacer análisis de tendencias y estudios bibliométricos de la producción intelectual en un tema determinado.

Durante el 2013, el Centro continuó participando en la Red de Información Documental Agropecuaria de Colombia (Ridac), principalmente en la construcción de una biblioteca digital con información de los diferentes sectores agrícolas del país y en las colecciones patrimoniales del Ministerio de Agricultura. También se realizaron capacitaciones para el personal de la red y seminarios informativos en inteligencia estratégica y vigilancia tecnológica dirigida a bibliotecarios, con el fin de desarrollar capacidades en dichas áreas.

Ridac continuó con la suscripción a la base de datos agrícola CAB Abstracts con descuentos para las instituciones participantes y recursos de apoyo por parte del Ministerio de Agricultura, que en el caso de Cenicaña equivalen al 35% del valor de la suscripción.

A escala regional, Cenicaña pertenece al comité de Bibliotecas de la Red Universitaria de Alta Velocidad (Ruav), el cual desarrolló una agenda de trabajo cooperativo para maximizar el uso de los recursos bibliográficos de las diferentes instituciones, capacitarse y discutir temas de vanguardia y política pública referentes a las bibliotecas.

Biblioteca digital

La Biblioteca digital contribuye a la organización del conocimiento generado por Cenicaña en sus proyectos y actividades. Por ahora, su acceso está restringido a la institución. Hasta el 2013 en las colecciones digitales dispuestas en la web se habían registrado 3509 ítems.

La Biblioteca digital está conectada con el sistema de proyectos, el sistema de gestión de calidad y la Guía de recomendaciones técnicas (GRT). Durante el año se trabajó en el diseño y funcionalidad de la búsqueda, en la creación de colecciones y en la actualización de documentos e imágenes en las colecciones existentes.

Glosario y tesoro de la agroindustria de la caña de azúcar

El glosario y tesoro de la agroindustria de la caña de azúcar es una herramienta de libre acceso, disponible en el sitio web de Cenicaña desde el 2006, que permite consultar los términos de mayor uso en diferentes áreas de la industria azucarera. Durante el 2013 se trabajó en tres nuevas áreas que ingresarán al tesoro en el primer semestre de 2014: mecánica, microbiología industrial y transferencia de tecnología.

En los últimos cinco años se dispuso más información en formato electrónico y en web, por lo cual hubo una disminución de usuarios atendidos en sala y en el préstamo de documentos. En contraste, el envío de documentos electrónicos aumentó 20%.

Estadísticas del servicio

A través del catálogo web de la biblioteca los usuarios pueden acceder a 37,909 registros en las colecciones caña de azúcar e industria azucarera (87%) y general, que comprende las áreas complementarias de suelos, aguas, biotecnología, microbiología, química y estadística (13%).

En los últimos cinco años se ha reportado un comportamiento similar en cuanto al registro de información. Durante el 2013 hubo un aumento del 2% con respecto al promedio del último lustro (**Cuadro 11**).

En el transcurso de los últimos años se ha dispuesto de más información en texto completo en el catálogo web y se ha avanzado en la digitalización de las colecciones de Cenicaña y en la adquisición de información científica en formato electrónico. Por esta razón, en este periodo se registró una disminución del 18% de usuarios atendidos en sala, y del 18% en el préstamo de documentos, revistas y equipos. En contraste, hubo un aumento del 20% en el envío de los documentos electrónicos.

Durante el 2013 se registraron más de 17,000 consultas a la página web de la biblioteca y 3411 al catálogo en línea.



Cuadro 11. Servicios del SEICA 2008-2013

Año	Usuarios en sala de lectura	Consultas por correo electrónico	Préstamo de documentos, revistas y equipos	Envío de artículos científicos	Registro de documentos
2008	2859	476	4188	127	687
2009	2980	492	3736	134	698
2010	3102	536	3489	153	705
2011	3267	643	3251	624	707
2012	3100	320	3625	387	664
2013	2475	425	3197	412	714
Promedio	2985	483	3460	342	698



Superintendencia de la Estación Experimental

Presta apoyo logístico para el normal desarrollo de los experimentos de investigación de Cenicaña, mediante la provisión de espacios adecuados, trabajadores de campo competentes y equipos funcionales.

- 93 Remodelación y ampliación de instalaciones
- 95 Actualización tecnológica
- 95 Capacitación de personal



Remodelación y ampliación de instalaciones

Con el propósito de ajustarse a los requerimientos ambientales y ofrecer un mejor servicio a proveedores e ingenios, en el 2013 se avanzó en una serie de obras:

- Construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para cumplir con las exigencias de la CVC para el manejo adecuado y sostenible de las aguas residuales.

Con esta obra se garantiza que todas las aguas residuales del Centro se someterán a un proceso de descontaminación previo a su entrega al río Párraga. Posteriormente se pueden reutilizar en riego u otras labores de campo. La PTAR cuenta con dos líneas de tratamiento en paralelo, un pozo séptico mejorado de dos unidades y filtro anaeróbico. Tiene una capacidad de tratamiento de cinco litros por segundo, suficientes para atender a una población de trescientas personas.

- Se remodeló la red de alcantarillado pluvial, que consta de aproximadamente 400 metros lineales de tubería PVC con diámetros entre 8" y 16", enterrada a una profundidad entre 0.6 m y 3.2 m. La red tiene capacidad para evacuar un caudal acumulado de 112 litros por segundo.
- En octubre entró en funcionamiento el nuevo laboratorio de caña de azúcar, que consta de áreas para molienda y preparación de suelos.
- Remodelación del edificio de técnicos.

Proyecciones

Durante el 2013 se avanzó en las siguientes obras que estarán habilitadas en el 2014:

- El nuevo laboratorio de química, que se encuentra adelantado en un 80%. Se proyecta concluir la obra en el primer trimestre de 2014.
- En la antigua área de molienda del laboratorio de caña se realizan adecuaciones para habilitar los laboratorios de tejido foliar, fisiología, física de suelos y de procesos del programa de Fábrica. Estos trabajos se hallan concluidos en un 50% y se proyecta culminarlos en el primer trimestre de 2014.
- Plataforma de manejo de pesticidas para la adecuada disposición final del agua de lavado de bombas de espalda y de la ropa usada para aplicación de agroquímicos.
- Antes de finalizar el 2014 se proyecta culminar la estación de bombeo de aguas lluvias. También se instalará una bomba de respaldo para la red contra incendios y se extenderán dos puntos para abastecer los edificios de la Superintendencia y el área de bodega.

En el 2013, Cenicaña construyó una planta de tratamiento de aguas residuales y remodeló la red de alcantarillado pluvial. También construyó el nuevo laboratorio de caña de azúcar con áreas para molienda y preparación de suelos y el laboratorio de procesos del programa de fábrica.

Figura 34. Nuevas instalaciones



Vista lateral de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Área de recepción y preparación de muestras de caña.



Laboratorio de análisis de caña.



Laboratorio de procesos del programa de fábrica.

Actualización tecnológica

En un área de 7.5 ha de la Estación Experimental, Cenicaña instaló y evaluó un sistema autoguía para la preparación de suelos y surcado, un kit de topografía GPS para el levantamiento topográfico, y sistemas de nivelación con GPS para la ejecución semiautomática de la labor de nivelación, en la cual se realizaron las altimetrías y verificaciones de nivelación de cuatro lotes experimentales.

La implementación de estas tecnologías tiene el propósito de apoyar al programa de agronomía en la evaluación de los equipos y validar sus investigaciones y recomendaciones técnicas para que las entidades del sector adopten estas tecnologías.

Capacitación de personal

En el transcurso del año, veintitrés colaboradores de Cenicaña, entre personal de apoyo operativo y prácticos agrícolas, recibieron capacitación en las siguientes áreas:

- Certificación del Sena en trabajo en alturas (cinco personas).
- Estudios de tecnología en manejo de cultivos agrícolas en el Sena- Buga (16 personas). Aún no han concluido.
- Curso de protección contra rayos, dictado por Soluciones Integrales en Calidad de Energía y EPSA (dos personas).





Sistema de gestión de calidad

En el 2013 Cenicaña siguió con el proceso de mejoramiento continuo que inició en 2012 y por el cual recibió la certificación de calidad en la norma NTC ISO 9001:2008 para seis servicios: análisis de caña, análisis de suelos y tejido foliar, multiplicación y propagación de variedades de caña de azúcar, diagnóstico de enfermedades, inspección fitopatológica en campo y laboratorio, y el Servicio de Información y Documentación de la Caña de Azúcar (SEICA).

La certificación de calidad otorgada significa que el centro de investigación les ofrece a ingenios y cultivadores de la región un respaldo de garantía y confianza para sus procesos agronómicos. Asimismo, es garantía de que en dichos servicios se cuenta con métodos y procedimientos documentados, estandarizados, validados y controlados para una mayor efectividad en el análisis de datos para la toma de decisiones por parte de ingenios y cultivadores.

Durante el año, todos los servicios certificados cumplieron las metas propuestas y los indicadores se ubicaron en un nivel de cumplimiento alto (**Cuadro 12**).

En diciembre pasado el equipo auditor de Icontec recomendó continuar con el certificado, gracias a los resultados obtenidos en una auditoría de seguimiento al sistema de gestión de calidad de la institución. •

Cuadro 12. Cumplimiento de indicadores de los servicios certificados.

Indicador	SEICA*	Análisis de caña	Anál. suelos y tejido f.	Multiplicación y propagación de enfermedades	Insp. fitopatológica	Diagnóstico de enfermedades		
Satisfacción del cliente (a través de la encuesta de satisfacción) (%)	100	93	100	100	100	100		
Oportunidad en la entrega (%)	85	99	89	97	100	100		
						TBIA	RT-PCR	PCR
Confiabilidad (%)	n.a.	95	100	n.a.	n.a.	99	99	92

* Maneja el indicador adicional de cumplimiento en el depósito legal que se logró en un 100% durante el 2013.





Apéndice

Informe anual 2013

I. Clima anual en el valle del río Cauca. Comparativo multianual 1994 2013.	100
II. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) cosechadas en las quince zonas agroecológicas más representativa de la agroindustria azucarera colombiana en 2013. Datos de trece ingenios.	102
III. Documentos registrados en la base bibliográfica	106
IV. Registros de derecho de obtentor de variedades vegetales	109
V. Convenios interinstitucionales	109
VI. Programa formación de jóvenes investigadores	110
VII. Capital humano	110
VIII. Personal profesional	110

I. Clima anual en el valle del río Cauca. Comparativo multianual 1994-2013.

Temperatura mínima absoluta (°C)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor temperatura mínima absoluta			
1998	14.5	14.8	14.5
2008	14.4	14.2	14.2
2010	15.0	14.1	14.1
Años intermedios			
2005	15.5	14.0	14.0
1994	15.2	13.8	13.8
2000	15.6	13.8	13.8
1996	15.3	13.7	13.7
1995	13.6	14.9	13.6
2006	15.0	13.6	13.6
1999	14.7	13.5	13.5
2007	13.4	13.6	13.4
2012	14.4	13.3	13.3
2013	14.0	13.2	13.2
1997	15.4	13.2	13.2
2002	14.1	13.1	13.1
2009	15.1	13.1	13.1
2004	12.8	13.7	12.8
Años de menor temperatura mínima absoluta			
2001	13.6	12.7	12.7
2003	14.6	12.6	12.6
2011	14.2	12.3	12.3
Clima	12.8	12.3	12.3

Temperatura mínima media (°C)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor temperatura mínima media			
1998	19.9	18.9	19.4
2005	19.5	18.8	19.1
2010	19.4	18.6	19.0
Años intermedios			
2006	19.2	18.8	19.0
2009	18.9	18.9	18.9
1997	19.0	18.8	18.9
2002	18.9	18.8	18.9
2003	19.1	18.7	18.9
2013	19.1	18.6	18.9
2007	19.1	18.5	18.8
2001	18.8	18.7	18.8
1994	18.8	18.6	18.7
2004	18.9	18.6	18.7
2012	18.9	18.5	18.7
1995	18.8	18.5	18.7
2008	18.7	18.6	18.7
2000	18.8	18.5	18.7
Años de menor temperatura mínima media			
1999	18.8	18.4	18.6
1996	18.7	18.4	18.6
2011	18.7	18.3	18.5
Clima	19.0	18.6	18.8

Temperatura media del aire (°C)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor temperatura media (años más cálidos)			
1998	24.3	23.0	23.6
1997	23.1	23.8	23.5
2009	23.1	23.9	23.5
Años intermedios			
2002	23.3	23.5	23.4
2005	23.5	23.1	23.3
2013	23.5	23.1	23.3
2012	23.1	23.4	23.3
2003	23.4	23.0	23.2
2006	23.1	23.3	23.2
2004	23.4	23.0	23.2
2001	23.1	23.3	23.2
2010	23.9	22.4	23.1
2007	23.4	22.8	23.1
1994	22.8	23.1	23.0
1995	23.3	22.7	23.0
2011	22.8	22.7	22.8
2008	22.7	22.7	22.7
Años de menor temperatura media (años más fríos)			
1996	22.6	22.7	22.6
2000	22.5	22.8	22.6
1999	22.6	22.5	22.5
Clima	23.2	23.0	23.1

Temperatura máxima media (°C)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor temperatura máxima media			
2009	29.7	31.1	30.4
2013	30.1	30.1	30.1
2012	29.7	30.5	30.1
Años intermedios			
1998	30.8	29.3	30.1
1997	30.8	30.8	30.0
2002	29.8	30.2	30.0
2003	30.1	29.6	29.8
2007	30.2	29.4	29.8
2005	29.8	29.8	29.8
2004	30.0	29.7	29.8
2006	29.5	30.0	29.8
2001	29.6	29.8	29.7
2010	30.5	28.7	29.6
1994	29.2	29.7	29.4
1995	29.9	29.0	29.4
2011	29.4	29.4	29.4
2008	29.3	29.2	29.3
Años de menor temperatura máxima media			
1996	28.8	29.2	29.0
2000	28.6	29.2	28.9
1999	28.7	28.7	28.7
Clima	29.6	29.6	29.6

Temperatura máxima absoluta (°C)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor temperatura máxima absoluta			
2013	39.5	39.0	39.5
1997	34.8	39.2	39.2
2009	37.8	38.9	38.9
Años intermedios			
2008	35.2	38.5	38.5
1998	37.6	38.3	38.3
2007	36.8	37.9	37.9
2010	37.0	37.8	37.8
2001	37.7	36.2	37.7
2002	36.9	37.5	37.5
2005	37.0	37.4	37.4
2004	36.9	36.1	36.9
2006	35.5	36.8	36.8
2003	36.7	34.3	36.7
2012	36.5	36.5	36.5
1996	33.3	36.3	36.3
1995	36.1	34.8	36.1
2000	32.9	36.0	36.0
Años de menor temperatura máxima absoluta			
2011	35.0	35.8	35.8
1994	33.0	34.4	34.4
1999	33.4	33.6	33.6
Clima	36.9	39.2	39.2

Oscilación de temperatura (°C)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor oscilación media diaria de temperatura			
2009	10.8	12.2	11.5
2012	10.8	11.9	11.4
2002	10.9	11.4	11.2
Años intermedios			
1997	10.2	12.1	11.1
2013	10.9	11.3	11.1
2004	11.1	11.1	11.1
2007	11.1	10.9	11.0
2003	11.0	11.0	11.0
2001	10.8	11.1	11.0
2011	10.6	11.0	10.8
2006	10.3	11.3	10.8
1995	11.0	10.5	10.8
1994	10.4	11.1	10.7
2005	10.4	11.0	10.7
1998	11.0	10.4	10.7
2008	10.7	10.6	10.6
2010	11.1	10.1	10.6
Años de menor oscilación media diaria de temperatura			
1996	10.1	10.8	10.5
2000	9.9	10.7	10.3
1999	9.9	10.2	10.1
Clima	10.6	11.0	10.8

Red Meteorológica Automatizada, RMA

Humedad relativa del aire (%)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Año de mayor humedad relativa (años más húmedos)			
2000	88	86	87
1999	87	86	86
2001	86	84	85
Años intermedios			
1998	83	84	84
1996	85	82	84
2002	85	80	82
1995	81	83	82
1997	84	78	81
2008	81	81	81
2010	79	83	81
2003	80	81	81
2011	81	80	80
2004	80	80	80
1994	82	78	80
2007	79	80	79
2005	81	78	79
2006	80	76	78
Años de menor humedad relativa (años más secos)			
2009	81	76	78
2013	78	77	78
2012	80	75	77
Clima	80	79	80

Precipitación (mm)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor precipitación (años más lluviosos)			
2008	960	704	1664
2010	635	1009	1644
2011	805	831	1636
Años intermedios			
1999	820	633	1453
1996	906	530	1436
2007	697	731	1428
2000	841	538	1380
1994	808	561	1369
2006	744	531	1276
1998	655	576	1231
2012	755	445	1200
1997	774	421	1196
2013	627	539	1166
2003	550	604	1153
2002	602	535	1137
2009	693	422	1115
1995	521	582	1103
Años de menor precipitación (años menos lluviosos)			
2005	543	544	1086
2004	461	559	1020
2001	527	458	985
Clima	701	591	1291

Días con precipitación (No.)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor número de días con precipitación			
2008	112	113	225
1999	111	99	210
2011	103	100	204
Años intermedios			
2000	113	90	203
2010	79	122	201
1996	113	85	197
2007	95	100	196
2005	86	95	181
1995	80	100	181
2006	101	79	180
1994	102	76	178
1998	82	95	178
2013	82	87	169
2009	95	72	167
2012	96	70	166
2003	79	82	160
2001	86	74	159
Años de menor número de días con precipitación			
2004	71	86	157
1997	92	58	150
2002	65	70	135
Clima	93	88	180

Evaporación (mm)			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor evaporación			
1994	821	907	1729
2009	785	940	1725
1995	862	847	1710
Años intermedios			
1997	788	899	1687
2012	786	894	1682
2002	819	853	1673
2007	835	834	1669
2003	816	833	1648
2001	797	848	1645
2004	836	802	1638
1998	830	803	1632
2006	761	848	1608
1996	774	834	1608
2008	811	778	1589
2013	769	810	1579
2011	763	795	1558
2010	829	720	1549
Años de menor evaporación			
2005	693	842	1535
1999	728	760	1488
2000	715	754	1469
Clima	792	831	1623

Radiación solar [cal/(cm ² x día)]			
Año	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayor radiación solar media diaria			
1994	425	433	429
1995	430	417	423
1997	417	429	423
Años intermedios			
2002	413	429	421
2001	421	419	420
2007	424	413	419
2003	426	410	418
1996	410	421	416
2009	397	435	416
2006	407	422	415
1998	416	403	410
2004	413	403	408
2005	392	424	408
2012	397	416	406
2008	412	394	403
1999	404	402	403
2013	396	401	399
Años de menor radiación solar media diaria			
2011	393	395	394
2000	389	397	393
2010	407	371	389
Clima	410	412	411

En la página siguiente se muestran los promedios y la desviación estándar de siete indicadores de productividad de variedades CC cosechadas en el valle del río Cauca durante 2013.

Para la observación de los datos se recomienda tener presentes las particularidades del clima regional en 2012 y 2013.

II. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC)

Cosechadas en las quince zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana en 2013. Datos de trece ingenios.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. Ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
1H1 (3010 ha cosechadas)	CC 85-92	255	2049	12.2	99.2	8.1	12.1	0.98	12.4	5.0
	CC 84-75	46	485	11.6	98.2	7.8	11.4	0.91	12.6	4.8
	CC 01-1940	4	18	11.3	146.8	11.4	16.7	1.30	12.9	1.4
	CC 92-2198	2	17	13.8	108.9	9.2	15.1	1.28	11.8	2.9
	CC 92-2804	7	27	11.7	104.8	9.2	12.3	1.08	11.4	4.0
	CC 93-3826	7	109	11.9	103.3	8.4	12.3	1.00	12.3	2.3
	CC 93-4418	19	195	12.1	129.0	9.9	15.7	1.20	13.2	1.3
			2900							
5H3 (2725 ha cosechadas)	CC 85-92	219	1694	12.0	102.7	8.5	12.3	1.01	12.2	3.6
	CC 84-75	35	455	11.2	100.6	8.2	11.3	0.92	12.3	5.9
	CC 01-1940	25	222	11.6	118.2	9.3	13.7	1.08	12.8	1.2
	CC 92-2198	9	43	11.3	123.9	9.5	14.0	1.08	13.1	2.2
	CC 93-3826	3	27	12.5	123.7	11.0	15.5	1.37	11.7	1.0
	CC 93-3895	3	11	10.4	117.3	10.0	12.3	1.04	11.8	4.4
	CC 93-4418	10	122	12.4	134.1	10.4	16.7	1.30	12.9	1.6
			2574							
6H1 (19.272 ha cosechadas)	CC 85-92	1401	13,837	11.7	111.1	9.0	13.0	1.06	12.4	6.1
	CC 84-75	132	1228	11.2	109.4	8.8	12.3	0.98	12.5	7.4
	CC 01-1228	23	166	10.8	126.4	9.8	13.6	1.05	12.9	1.5
	CC 01-1940	13	124	11.2	140.0	11.1	15.7	1.24	12.7	1.2
	CC 01-678	2	22	13.2	134.2	9.4	17.8	1.23	14.6	1.4
	CC 03-154	3	26	10.8	112.9	9.7	12.2	1.04	11.7	3.6
	CC 87-505	3	22	10.6	117.9	9.7	12.5	1.03	12.1	4.6
	CC 93-3826	16	130	11.7	111.2	9.1	13.0	1.07	12.2	3.9
	CC 93-4181	43	368	12.0	124.3	10.1	14.9	1.21	12.4	2.3
	CC 93-4418	164	1525	11.8	124.4	9.6	14.7	1.14	13.0	2.0
	CC 97-7170	10	60	11.4	159.3	11.6	18.1	1.32	13.8	1.0
	CC 98-72	7	75	11.1	123.9	10.0	13.8	1.12	12.4	2.3
			17,584							

Zona agroecológica	Variación	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. Ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
6H2 (3629 ha cosechadas)	CC 85-92	282	2361	11.6	99.3	8.1	11.6	0.94	12.3	5.1
	CC 84-75	52	520	11.2	86.1	7.1	9.7	0.79	12.2	4.6
	CC 01-1228	2	21	11.7	113.9	9.8	13.3	1.15	11.6	2.0
	CC 01-1922	2	6	10.9	55.7	4.7	6.1	0.51	12.3	5.1
	CC 01-1940	16	151	11.0	120.5	9.8	13.3	1.08	12.3	1.3
	CC 87-434	2	13	10.2	100.7	8.3	10.2	0.85	12.1	3.4
	CC 93-4418	27	199	11.2	113.7	9.1	12.8	1.02	12.6	1.8
	SP 71-6949	2	32	11.6	122.3	9.9	14.2	1.15	12.4	1.0
			3303							
6H3 (2230 ha cosechadas)	CC 85-92	273	1575	11.5	93.0	7.7	10.7	0.89	12.1	5.4
	CC 84-75	42	260	11.4	79.9	6.8	9.1	0.77	11.8	5.7
	CC 01-1922	3	15	12.3	70.5	5.4	8.7	0.67	13.0	3.7
	CC 01-1940	7	36	11.8	114.3	8.5	13.5	1.00	13.5	1.6
	CC 93-3826	2	4	12.8	113.7	9.2	14.6	1.19	12.3	3.3
	CC 93-4418	20	186	11.8	109.0	8.8	12.8	1.03	12.5	1.4
	SP 71-6949	3	26	11.2	106.5	8.8	11.9	0.98	12.2	1.2
			2103							
8H3 (1719 ha cosechadas)	CC 85-92	203	1385	11.8	98.1	8.1	11.5	0.96	12.1	5.2
	CC 84-75	12	119	11.0	94.2	7.7	10.4	0.84	12.4	8.7
	CC 01-1228	2	22	11.2	105.5	9.5	11.9	1.07	11.1	3.6
	CC 01-1940	8	89	12.0	111.0	8.7	13.3	1.04	12.8	1.5
	SP 71-6949	4	24	12.7	98.2	7.0	12.5	0.89	14.1	1.0
			1640							
10H3 (3129 ha cosechadas)	CC 85-92	258	2346	11.5	108.3	8.8	12.5	1.01	12.5	4.7
	CC 84-75	22	181	11.2	106.9	8.5	12.0	0.95	12.7	5.9
	CC 01-1228	2	14	12.0	116.5	9.6	14.0	1.15	12.1	2.0
	CC 01-1940	6	46	11.3	132.6	10.7	15.0	1.21	12.4	1.0
	CC 04-526	2	5	9.4	95.1	7.8	8.9	0.73	12.4	1.5
	CC 92-2198	4	25	11.3	121.9	10.1	13.7	1.14	12.1	2.0
	CC 93-3826	3	42	11.1	131.7	10.8	14.7	1.20	12.2	2.0
	CC 93-4418	30	281	12.0	121.6	9.7	14.6	1.17	12.6	1.9
			2939							

Continúa

Zona agroecológica	Variiedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. Ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
10H4 (3044 ha cosechadas)	CC 85-92	362	2419	11.4	96.6	7.9	11.1	0.90	12.3	4.8
	CC 84-75	22	199	11.0	101.0	8.0	11.1	0.88	12.8	7.3
	CC 01-1228	3	26	9.6	128.8	9.6	12.4	0.93	13.4	1.4
	CC 01-1940	26	100	11.4	139.2	10.8	15.8	1.22	13.0	1.1
	CC 93-4418	19	127	11.6	113.6	9.1	13.2	1.06	12.5	1.3
			2871							
10H5 (2968 ha cosechadas)	CC 85-92	365	2.420	11.8	100.7	8.3	11.9	0.98	12.2	5.9
	CC 84-75	27	228	10.9	114.5	9.4	12.5	1.02	12.3	9.6
	CC 01-1940	18	112	11.7	124.9	9.5	14.6	1.11	13.2	1.2
	CC 93-4418	12	58	11.1	128.1	9.9	14.2	1.10	13.0	1.6
			2818							
11H0 (8560 ha cosechadas)	CC 85-92	617	6002	11.5	114.3	9.3	13.2	1.07	12.4	7.2
	CC 84-75	50	441	10.8	116.0	9.4	12.5	1.02	12.4	6.6
	CC 01-1228	9	76	10.6	138.5	10.7	14.7	1.14	12.9	1.2
	CC 03-154	6	18	11.0	116.3	10.0	12.8	1.10	11.7	3.5
	CC 92-2198	6	67	10.1	147.5	11.4	14.8	1.15	13.0	2.0
	CC 93-3826	11	121	11.6	117.8	10.0	13.7	1.16	11.8	3.4
	CC 93-4181	15	164	11.6	131.9	10.4	15.4	1.20	12.8	2.4
	CC 93-4418	106	971	11.5	128.9	10.3	14.8	1.18	12.5	2.2
	CC 97-7170	2	4	11.5	133.0	10.6	15.3	1.19	12.9	1.2
	CC 98-72	3	29	10.6	151.1	11.6	16.0	1.23	13.0	1.5
			7893							
11H1 (13.440 ha cosechadas)	CC 85-92	1024	9410	11.6	114.3	9.2	13.2	1.07	12.4	7.1
	CC 84-75	88	825	11.0	114.4	9.2	12.6	1.01	12.4	8.8
	CC 00-3079	2	7	13.3	116.3	8.8	15.5	1.16	13.3	1.8
	CC 01-1228	12	106	11.3	127.1	10.4	14.3	1.17	12.3	1.7
	CC 01-1940	7	56	10.9	152.7	11.9	16.7	1.30	12.9	1.0
	CC 01-678	2	12	12.7	136.0	9.8	17.3	1.25	13.9	2.0
	CC 01-746	3	21	13.2	126.1	10.7	16.6	1.42	11.7	2.0
	CC 03-154	7	48	10.7	131.6	11.1	14.1	1.19	11.9	2.5
	CC 87-434	3	6	10.6	118.7	9.3	12.5	0.98	12.9	10.1
	CC 92-2198	11	115	10.7	122.1	9.6	13.0	1.03	12.7	3.7
	CC 93-3826	10	99	11.5	123.2	10.0	14.1	1.14	12.4	3.5
	CC 93-3895	6	87	11.6	114.7	9.5	13.3	1.10	12.1	5.6
	CC 93-4181	32	223	12.0	126.0	10.1	15.2	1.21	12.5	3.1
	CC 93-4418	164	1628	11.4	124.8	10.0	14.2	1.14	12.6	2.0
	CC 98-72	3	24	11.2	161.4	12.1	18.0	1.35	13.4	1.2
			12,667							

Zona agroecológica	Variación	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. Ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
11H2 (5637 ha cosechadas)	CC 85-92	506	3840	11.4	106.2	8.8	12.1	1.00	12.1	6.0
	CC 84-75	38	283	11.3	97.5	8.0	11.0	0.90	12.3	9.4
	CC 01-1940	12	112	11.0	139.7	11.4	15.4	1.25	12.4	1.0
	CC 92-2198	3	23	10.9	117.3	9.5	12.8	1.03	12.4	3.7
	CC 92-2804	5	31	10.9	117.7	10.0	12.8	1.09	11.8	4.0
	CC 93-4418	97	890	11.7	125.2	9.8	14.7	1.15	12.8	1.6
			5180							
11H3 (7340 ha cosechadas)	CC 85-92	999	5245	11.3	102.6	8.7	11.6	0.98	11.8	7.2
	CC 84-75	70	477	10.7	93.6	8.1	10.0	0.87	11.6	9.5
	CC 01-1228	5	74	11.4	124.6	9.8	14.2	1.11	12.7	2.8
	CC 01-1940	27	184	10.7	131.8	10.6	14.1	1.13	12.5	1.4
	CC 92-2804	21	135	10.6	109.6	9.6	11.7	1.02	11.5	4.4
	CC 93-4181	11	60	10.6	114.4	9.6	12.2	1.01	12.0	2.4
	CC 93-4418	121	869	11.0	125.8	10.4	13.8	1.14	12.2	2.0
	CC 93-4429	4	16	12.5	113.6	9.0	14.2	1.12	12.7	6.1
			7060							
15H1 (2910 ha cosechadas)	CC 85-92	183	2087	11.4	103.9	8.6	11.9	0.99	12.1	7.3
	CC 84-75	11	106	10.8	100.9	8.5	10.9	0.92	11.9	7.9
	CC 01-1228	2	12	10.4	126.8	10.9	13.2	1.14	11.6	2.0
	CC 01-1940	5	48	11.3	141.0	11.2	15.9	1.26	12.6	1.0
	CC 92-2804	6	16	12.6	124.4	9.7	15.6	1.22	12.9	7.9
	CC 93-3826	15	147	11.2	123.3	10.3	13.8	1.15	12.0	3.8
	CC 93-4181	8	46	11.4	122.0	9.7	14.0	1.11	12.6	3.0
	CC 93-4418	16	175	12.0	151.6	11.9	18.2	1.43	12.8	1.3
			2636							
18H1 (1885 ha cosechadas)	CC 84-75	14	110	11.6	106.6	9.0	12.3	1.03	11.9	7.0
	CC 85-92	175	1324	11.4	108.2	9.0	12.3	1.02	12.1	7.3
	CC 92-2198	5	23	10.2	123.9	9.9	12.7	1.02	12.6	3.1
	CC 92-2804	2	10	12.9	117.5	9.4	15.1	1.21	12.5	5.7
	CC 93-3826	3	26	12.0	106.0	8.8	12.8	1.06	12.0	4.6
	CC 93-4181	4	16	11.2	136.6	11.9	15.3	1.33	11.5	3.2
	CC 93-4418	25	230	11.5	112.7	9.0	12.9	1.03	12.5	2.6
	SP 71-6949	2	13	10.7	125.6	9.6	13.5	1.03	13.1	1.0
			1752							
Desviación estándar				1.2	26.0	2.0	3.3	0.2	1.0	4.0

III. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica

Servicio de información y documentación de la caña de azúcar de Colombia, SEICA
www.cenicana.org/biblioteca/index.php

Las referencias que se presentan a continuación corresponden a la producción bibliográfica del personal de Cenicaña registrada en el catálogo de la biblioteca Guillermo Ramos Núñez, durante 2013. Los documentos pueden ser consultados en el sitio web institucional por los usuarios registrados o en la sala de lectura de la Biblioteca ubicada en la Estación Experimental de Cenicaña.

Atención al público: lunes a viernes entre las 8:00 a.m. y las 4:00 p.m.

Agronomía

- Amaya Estévez, A. 2013. **La protección y uso eficiente del agua nos compete a todos**. Carta Informativa. 1, 2. p. 2.
- Campos Rivera, A. y Cruz Bermúdez, D.M. 2013. **Sugarcane irrigation with low furrow inflow rates in Colombia**. 11 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. June 24-27, 2013, 11 pp. Sao Paulo, Brasil.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Agua: acciones y retos para un uso eficiente**. Carta Informativa. 1, 2. pp. 6-11
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **El drenaje no se puede realizar de manera individual**. Carta Informativa. 1, 2. pp. 12-13
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Estudio descarta que la caña afecte los suelos**. Carta Informativa. 1, 1. p. 14.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Investigaciones sobre fertirriego ratifican su eficiencia en piedemonte**. Carta Informativa. 1, 3: 4-5.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **La fisiología toma más fuerza en investigaciones de caña de azúcar**. Carta Informativa. 1, 1. p. 13.
- Muñoz Arboleda, F.; Franco Arango, C.M.; Riascos Arcos, J.J.; López Gerena, J.; Riascos Arcos, J.J. 2013. **Hydroponic evaluation of the effect of NO3-N-NH4-N ratio on the sugarcane plantlets (Poster)**. 3 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.

Agricultura específica por sitio

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013 **El cultivador de caña es receptivo a la adopción de tecnologías**. Carta Informativa. 1, 2. p. 22.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Empieza nuevo programa de Asistencia Técnica, PAT. 2013**. Carta Informativa. 1, 1. p. 5.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Programa de Asistencia Técnica, PAT, se prepara para iniciar capacitaciones**. Carta Informativa. 1, 2. p. 4.

Análisis económico y estadístico

- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Producción de caña y azúcar**. pp. 7-14. En: Informe Anual 2012. Cali, Cenicaña. 106 pp.

Biotecnología

- Franco Arango, C.M.; Astudillo Ortiz, J.K.; Bonilla Arbeláez, M. del P. y López Gerena, J. 2013. **Mapping QTL associated with sucrose and biomass content in Colombian Sugarcane Varieties (*Saccharum spp*)**. 11 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.
- Izquierdo Romero, P.C.; Gutiérrez Viveros, A.F.; Victoria Kafure, J.I.; Ángel Sánchez, J.C.; Avellaneda Barbosa, M.C. y López Gerena, J. 2013. **Molecular markers associated with resistance to sugarcane yellow leaf virus**. pp 1-10. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo, Brasil. ISSCT.
- Riascos Arcos, J.J.; Espitia, H.F. y López Gerena, J. 2013. **Aislamiento y caracterización de genes asociados con tolerancia al estrés causado por déficit y exceso hídrico en la caña de azúcar (*Saccharum spp*)**. Segundo informe de avance. Cali, Cenicaña. 14 pp.

Climatología y meteorología

Carbonell González, J.A. 2013. **Proyección climática para el valle del río Cauca**. Primer semestre 2014. 2013. Carta Informativa. 1, 3. p. 3.

Cortés Betancourt, E. **Proyección climática para el valle del río Cauca, Colombia**. En: Carta Informativa. 1, 2. p. 3.

Cosecha y transporte

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Nuevo sistema de descarga lateral en los ingenios de la región**. Carta Informativa. 1, 2. pp. 14-15. **Geomática**

Murillo Sandoval, P.J.; Muñoz Arboleda, F.; Carbonell González, J.A. 2013. **Remote estimation of canopy chlorophyll content in sugarcane using hyperspectral data**. 11 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.

Informes de gestión

Amaya Estévez, A. 2013. **Informe de gestión del Director General a diciembre 31 de 2012**. Cali, Cenicaña. 14 pp.

Amaya Estévez, A. 2013. **Tiempo para evaluar y proyectarse**. Carta Informativa. 1, 3. p. 2.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Cenicaña, con buena calificación de expertos internacionales**. 2013. Carta Informativa. 1, 1. pp. 10-12.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Información especializada, a disposición de la región**. Carta Informativa. 1, 2. p. 5.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Informe Anual 2012**. Cali, Cenicaña. 106 pp.

Corrales, A. 2013. **Programa de salud ocupacional**. Cali, Cenicaña. 85 pp.

Procesos fabriles

Campo, P.E. 2013. **Proceso de comprobación de equipos en Cenicaña**. Informe final. Contrato Estudiante en Práctica. Cali, Cenicaña. 40 pp.

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Cenicaña explora nuevos enfoques de gestión en mantenimiento fabril**. Carta Informativa. 1, 2. p.

20.

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Fábricas avanzan en buenas prácticas en la molienda con el apoyo de Cenicaña**. Carta Informativa. 1, 3: 6-7.

Cortés Osorio, N. 2013. **Evaluación de alternativas para la optimización de procesos de propagación y fermentación para producción de etanol carburante**. Contrato Estudiante en práctica. Cali, Cenicaña. 50 pp.

Gil Zapata, N.J.; Gómez Perlaza, A.L.; Guerrero, J.C.; Rodríguez Sarasty, J.G.; Cobo Barrera, D.F. y Trujillo Gómez, C.D. 2013. **Applications of computational fluid dynamics (CFD)**. 15 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.

Herrera Osorio, E. 2013. **Evaluación técnica de la operación de clarificación de meladura en el proceso de producción de azúcar**. Tesis ingeniero químico. Cali, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química; Cenicaña. 95 pp.

Reina, A. 2013. **Gestión ambiental buenas prácticas de laboratorio**. Informe final. Contrato Estudiante en Práctica. Cali, Cenicaña. 4 pp.

Programa jóvenes en formación

Paz Martínez, S.M. 2013. **Informe trimestral programa Jóvenes profesionales en formación**. Cali, Cenicaña. 57 pp.

Paz Martínez, S.M. 2013. **Informe trimestral (III), programa Jóvenes profesionales en formación**. Práctica Ingenio Providencia S.A. Cali, Cenicaña, 33 pp.

Valencia Ruiz, L.A. 2013. **Primer informe técnico trimestral programa Jóvenes profesionales en formación**. Cali, Cenicaña. 50 pp.

Sanidad vegetal

Bustillo Pardey, A.E.; Moreno Salguero, C.A.; López Núñez, J.C.; Castro Valderrama, U. y Vargas Orozco, G. 2013. **Control biológico del salivazo. Aeneolamia varia (F.) (Hemiptera: Cercopidae). Evaluación de nematodos entomopatógenos**. Cali, Cenicaña. 12 pp. (Serie Divulgativa N.º 15).

Carrillo Tarazona, Y.J. 2013. **Determinación de variabilidad genética de Puccinia melanocephala, causante de la roya café en caña de azúcar**. Tesis ingeniera biotecnológica. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Plan de Estudios de Ingeniería Biotecnológica. Cenicaña, 82 pp.

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Casos de cogollo retorcido no deben**

preocupar a cultivadores. Carta Informativa. 1, 2. p. 21.

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **En diagnóstico de enfermedades, Cenicaña le apuesta a la precisión.** 2013. Carta Informativa. 1, 1. p. 4.

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2013. **Reconocimiento en entomología.** 2013. Carta Informativa. 1, 3. p. 3.

Cundumí Campaz, L.M. 2013. Informe final de etapa productiva. Tecnología en producción agropecuaria ecológica. **Reporte de infestación por *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae) en la Estación Experimental de San Antonio de los Caballeros.** Tuluá, Sena; Cenicaña. 8 pp.

Guerrero Gutiérrez, J.A. 2013. **Informe final de etapa productiva tecnología en producción agropecuaria ecológica.** Tuluá, Sena; Cenicaña. 26 pp.

Guzmán Cárdenas, E.J. 2013. **Informe de pasantía. Laboratorio de fitopatología. Programa de variedades,** Cenicaña. Junio 2012-Enero 2013. Cali, Universidad del Valle, Cenicaña. 30 pp.

Rodríguez Cárdenas, C. del P. 2013. **Informe de pasantía. Laboratorio de fitopatología. Programa de variedades,** Cenicaña. Junio 2012.-Enero 2013. Cali, Cenicaña; Universidad del Valle, Facultad de Bacteriología y Laboratorio Clínico. 33 pp.

Trejos Valencia, J.C. 2013. **Informe de pasantía. Laboratorio de fitopatología. Programa de variedades,** Cenicaña. Enero-Julio. Cali, Universidad del Valle; Bacteriología y Laboratorio Clínico, Cenicaña. 47 pp.

Vargas Orozco, G.A.; Gutiérrez Hernández, Y. 2013. **Atención al brote de defoliadores en caña de azúcar, *Spodoptera* spp. y *Mocis* sp.** Cali, Cenicaña. 6 pp. (Documento de Trabajo No.º 729).

Vargas Orozco, G.A.; Lastra Borja, L.A.; Villegas, A.; Barco, L.E. 2013. ***Diatraea tabernella*, nueva especie de barrenador del tallo en el valle del río Cauca. Importancia y perspectivas de manejo.** Cali, Cenicaña. 4 pp. (Serie Divulgativa N.º 16)

Subproductos y derivados

Acosta Zamora, G.S. 2013. **Efecto nutrientes en las etapas de propagación y fermentación para el crecimiento de levadura, bacterias ácido acéticas y ácido lácticas. Informe final.** Contrato Estudiante en Práctica. Cali, Cenicaña. 46 pp.

Castellanos Landazábal, Z.C. 2013. **Determinación de la madurez del compost proveniente de residuos agroindustriales de la industria suroalcoholera y cuantificación de la actividad amilolítica expresada por microorganismos aislados a partir de pilas de compostaje a escala biorreactor.** Cali, Cenicaña. 27 pp.

Cobo Barrera, D.F.; Pereddo Vidal, S.; Gil Zapata, N. y Lucuara

Medina, J.E. 2013. **Assessment of sugarcane harvesting residues (SCAR) by thermochemical process such as pyrolysis.** 11 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.

Gil Zapata, N.J.; Daza Merchán, Z.T.; Socarrás Díaz, J.I.; Durán Ortega, J.F. 2013. **Advances in the utilisation of sugarcane harvesting residues for ethanol and xylitol production (Poster).** pp. 1-3. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.

Laguado Sanguino, J.A. 2013. **Estudio de factores que afectan la eficiencia fermentativa asociados a la calidad de las materias primas empleadas en plantas de etanol.** Informe final. Joven investigador. Cali, Cenicaña. 59 pp.

Lucuara Medina, J.E. 2013. **Diseño, construcción y evaluación de un equipo piloto para pirólisis distribuida de residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar.** Tesis ingeniero mecánico. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Cali, Colombia. 128 pp.

Variedades de caña de azúcar

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. 2013. **CC 93-4418: una variedad que se destaca por su productividad.** Carta Informativa. 1, 2. pp. 16-19.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña. 2013. **Reemplazar la CC 85-92, un reto para el sector.** 2013. Carta Informativa. 1, 1. pp. 6-9.

López Latorre, V.M. 2013. **Informe final. Estudiante en práctica.** Cali, Cenicaña. 15 pp.

Salazar Villarreal, F.A.; Victoria Kafure, J.I. 2013. **Effect of climate variables on the selection in sugarcane varieties for the Cauca River Valley of Colombia.** 11 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24-27 de junio. ISSCT.

Victoria Kafure, J.I.; Viveros Valens, C.A.; Salazar Villarreal, F.A.; Ángel Sánchez, J.C.; Bustillo Pardey, A.E.; Castro Valderrama, U.; López Gerena, J. y Moreno Gil, C.A. 2013. **Catálogo de variedades de caña de azúcar.** Cali, Cenicaña. 140 pp.

Viveros Valens, C.A.; Muñoz Perea C.G. y Amaya Estévez, A. 2013. **Plant characteristics associated with higher water use efficiency in sugarcane (*Saccharum* spp.) in the Cauca river valley of Colombia.** 9 pp. En: XXVIII Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. Sao Paulo. Brasil. 24

IV. Registros de derecho de obtentor de variedades vegetales

Registro	Variiedad	Resolución	Años Protección
A101519	CC 00-3079	001373 (Marzo 13/2013)	20 años
A101520	CC 05-940	001372 (Marzo 13/2013)	20 años
A101521	CC 93-3803	001366 (Marzo 13/2013)	20 años
A101522	CC 01-1940	01376 (Marzo 13/2013)	20 años
A101523	CC 92-2188	001375 (Marzo 13/2013)	20 años
A101524	CC06-791	001374 (Marzo 13/2013)	20 años

V. Convenios interinstitucionales

Centro de Agricultura Tropical, CIAT. Febrero 1.º de 2013. Acuerdo de cooperación en aplicación de metodologías para mejorar el protocolo de transformación genética de la caña de azúcar utilizando *Agrobacterium tumefaciens*.

Convenio tripartita Asocaña, Cenicaña y CVC. Abril 2 de 2013. En desarrollo del proyecto “Construcción del modelo conceptual para la restauración del corredor de conservación y uso sostenible del sistema río Cauca en su valle alto, en escenarios de cambio climático”.

Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, Asocaña. Abril 18 de 2013. Convenio de cooperación Red Automatizada de Monitoreo de Material Particulado PM10, mediante el cual Cenicaña implementará la Red, la administrará, la operará, realizará su mantenimiento y suministrará información oportuna y confiable a las entidades que Asocaña determine.

Universidad Icesi. Julio 22 de 2013. Cooperación recíproca orientada a la promoción y realización conjunta de proyectos y propósitos de interés común para Cenicaña e Icesi en los campos académicos, de investigación, extensión, proyección comunitaria, cultural y ambiental; científicos y tecnológicos.

Sucroal S.A. Septiembre 2 de 2013. Acuerdo para el depósito de material biológico por parte de Sucroal en el laboratorio de biotecnología de Cenicaña.

Verion. Septiembre 16 de 2013. Convenio marco de cooperación interinstitucional para el mejoramiento continuo de los sistemas productivos de la caña de azúcar.

Asocaña, Cenicaña y Pontificia Universidad Bolivariana (UPB). Octubre 23 de 2013. Acompañamiento en el proceso de certificación especial (RAC 26) para la aeronave liviana Quicksilver GT-500-ASS

Corpoica. Noviembre 20 de 2013. Carta de entendimiento sobre entrega de material vegetal de Cenicaña a Corpoica para el desarrollo de investigación adaptativa para producir caña panelera.

VI. Programa Formación de jóvenes investigadores

Cenicaña apoya el fortalecimiento de la capacidad científica del país, para lo cual participa desde 1997 en el programa de formación de jóvenes investigadores auspiciado por Colciencias. En desarrollo de la convocatoria promovida por esta entidad, en el 2013 se firmó el convenio de cooperación 0718-2012, por el cual el Centro vinculó a tres jóvenes investigadores, quienes continuarán durante el primer trimestre del 2014.

En desarrollo de este convenio, Nadia Isabel Mosquera Bastidas está asignada al proyecto Estudio de indicadores físicoquímicos que relacionan la cinética de deterioro de la sacarosa con las variables de operación del proceso de producción de azúcar; César David Trujillo Gómez participa en el proyecto Efecto de la composición de las mieles de caña de azúcar sobre la solubilidad y velocidad de cristalización de la sacarosa en la industria azucarera colombiana; y Yisel Janire Carrillo Tarazona, en el proyecto Estudio de la variabilidad genética de la roya café (*Puccinia Melanocephala*) de la caña de azúcar por medio de la técnica molecular AFLP.

VII. Capital humano

Para el desarrollo de proyectos de investigación, en 2013 Cenicaña contó con el apoyo de 73 profesionales, 61 auxiliares, 66 trabajadores de campo y 7 aprendices del Sena. En el grupo de profesionales hubo 38 personas con pregrado, 22 personas con maestría y 13 con doctorado.

En el programa de Jóvenes profesionales en Formación estuvieron 4 personas.

VIII. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2013)

Dirección general

Álvaro Amaya Estévez. Director general. Ingeniero agrónomo, Ph.D.

Einar Anderson Acuña. Secretario Junta Directiva. Ingeniero Industrial.

Dirección administrativa

Einar Anderson Acuña. Director Administrativo. Ingeniero Industrial.

Ligia Genith Medranda Rosasco. Contadora. Contadora Pública.

Karen Bolaños Botello. Asistente de Contabilidad. Contadora Pública.

Claudia Camargo Martínez. Jefe de Compras y Servicios Generales. Administrador de Empresas.²

Programa de variedades

Jorge Ignacio Victoria Kafure. Director. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.¹

Fredy Antonio Salazar Villareal. Fitomejorador. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.²

Anna Camila Nader Nieto, Fitomejorador, Ingeniera Agrónoma, Ph.D.²

Carlos Arturo Viveros Valens. Fitomejorador. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Fernando Silva Aguilar, Fitomejorador, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.²

Germán Andrés Vargas Orozco. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.²

Ulises Castro Valderrama. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Gershon Darío Ramírez Sánchez, Entomólogo. Ingeniero Agrónomo.²

Yarley Ximena Granobles Parra, Entomología. Ingeniera Agrónoma.²

Carlos Ariel Ángel Calle, Fitopatólogo, Ingeniero Agrónomo, Ph.D

Juan Carlos Ángel Sánchez. Fitopatólogo. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Marcela Cadavid Ordóñez. Microbióloga Agrícola. Bióloga, M.Sc.²

José Ignacio Rodríguez Valencia, Ingeniero Agrónomo, Ingeniero Agrónomo.²

Jershon López Gerena. Biotecnólogo. Biólogo, Ph.D.²

John Jaime Riascos Arcos. Biotecnólogo. Biólogo, Ph.D.²

Hugo Arley Jaimes Quiñónez. Biotecnólogo. Biólogo.²

Diana Vanessa Sarria. Biotecnología. Bacterióloga.²

Paulo César Izquierdo Romero, Biotecnología, Biólogo.²

1. Contrato de prestación de servicios.

2. Contrato a término fijo

* CATE: Corte de caña, Alce, Transporte y Entrega de caña

Claudia Marcela Franco Arango, Biotecnología, Bióloga.²
Yuri Carolina Acosta Vega, Biotecnología. Bióloga.²

Programa de agronomía

Javier Alí Carbonell González. Director. Ingeniero Agrícola, M.Sc.
Fernando Villegas Trujillo. Ingeniero de Mecanización Agrícola.
Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Luis Arnoby Rodríguez Hurtado. Asesor en mecanización agrícola.
Ingeniero Mecánico, Ph.D.¹

John Jairo Valencia Montenegro. Mecanización agrícola. Ingeniero
Agrícola.²

José Ricardo Cruz Valderrama. Ingeniero de Suelos y Aguas.
Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Edgar Hincapié Gómez. Ingeniero de Suelos y Aguas. Ingeniero
Agrónomo, Ph.D

Armando Campos Rivera. Asesor en manejo de aguas. Ingeniero
Agrícola, M.Sc.¹

Doris Micaela Cruz Bermúdez. Manejo de aguas. Ingeniera
Agrícola.²

Osvaldo Edwin Erazo, Suelos y Aguas. Ingeniero Agrícola, M.Sc.²

Fany Hoyos Villada, Ingeniera Agrícola. Ingeniera Agrícola.²

Fernando Muñoz Arboleda. Edafólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Jennifer Roa Lozano, Asistente de Investigación. Bióloga.²

Miguel Angel López Murcia. Fisiólogo. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Enrique Cortés Betancourt. Meteorólogo. Ingeniero Meteorólogo,
M.Sc.

Fabio Andrés Herrera Rozo. Analista Sistemas Información
Geográfica. Ingeniero Topográfico.²

César Edwin García Cortés. Analista Percepción Remota. Ingeniero
Topográfico.²

Programa de procesos de fábrica

Nicolás Javier Gil Zapata. Director Programa Procesos de Fábrica.
Ingeniero Químico, Ph.D.

Adolfo León Gómez Perlaza. Asesor en procesos mecánicos.
Ingeniero Mecánico, M.Sc.¹

Tatiana Sánchez Motta. Química Jefe. Química, M.Sc.²

Sara del Carmen Perredo Vidal. Química. Química.²

Melissa Andrea Espinosa Penagos. Química Laboratorio de
Química, Química.²

Stephania Imbachi Ordoñez. Ingeniera Química. Ingeniero
Química.²

Juan Gabriel Rodríguez Sarasty. Ingeniero Químico. Ingeniero
Químico.²

Diego Fernando Cobo Barrera. Ingeniero de Procesos Físico-
Mecánico. Ingeniero Mecánico, M.Sc.²

Julián Esteban Lucuara Medina. Ingeniero Mecánico. Ingeniero
Mecánico.²

Alexander Montoya Guerrero. Ingeniero Electrónico. Ingeniero
Electrónico.²

Julián Ramiro De la Cruz Cerón. Ingeniero Electrónico. Ingeniero
Electrónico.²

Zunny Tatiana Daza Merchán. Microbióloga. Microbióloga
Industrial, M.Sc.¹

Santiago Orduz Aladino. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.²

Servicio de análisis económico y estadístico

Claudia Posada Contreras. Economista. Economista, M.Sc.

Alberto Efraín Palma Zamora. Biometrista. Matemático, M.Sc.

Carlos Arturo Moreno Gil. Biometrista. Estadístico, M.Sc.

Héctor Alberto Chica Ramírez. Biometrista. Ingeniero Agrónomo,
M.Sc.

Servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología

Camilo Humberto Isaacs Echeverri. Jefe. Ingeniero Agrónomo.

Victoria Eugenia Carrillo Camacho. Especialista en Comunicación
Técnica. Comunicadora Social-Periodista.

Margarita María Rodríguez. Comunicadora Técnica. Comunicadora
Social-Periodista.²

Hernán Felipe Silva Cerón. Administrador Web. Comunicador
Social-Periodista, M.Sc.²

Sandra Patricia Guzmán Rivera. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera
Agrónoma.²

María Claudia Pizarro Esguerra. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera
Agrónoma.²

Adriana Vega Osorio. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma.²

Sandra Lorena Alarcón Muriel. Ingeniera Agrícola. Ingeniera
Agrícola.²

Luz Ángela Mosquera Daza. Estadística. Estadística.²

Alejandro Estrada Bedón. Ingeniero de Logística, CATE*. Ingeniero
Agroindustrial, M.Sc.²

Servicio de tecnología informática

Jaime Hernán Caicedo Ángel. Jefe. Ingeniero de Sistemas, M.Sc.

Juan Felipe Castrillón Ramírez. Ingeniero de Sistemas. Ingeniero
Electrónico.²

Servicio de información y documentación

Adriana Arenas Calderón. Jefe. Bibliotecóloga.²

Diana Marcela Posada Zapata. Biblioteca Digital. Bibliotecóloga.²

Superintendencia de la Estación Experimental.

Luis Eduardo González Buriticá. Superintendente. Ingeniero
Agrícola.²

1. Contrato de prestación de servicios.

2. Contrato a término fijo

* CATE: Corte de caña, Alce, Transporte y Entrega de caña

Acrónimos, siglas y abreviaturas

De instituciones y grupos

CIAT: Centro de Investigación de Agricultura Tropical

CREG: Comisión Reguladora de Energía y Gas

GTT: Grupos de Transferencia de Tecnología

ICA: Instituto Colombiano Agropecuario

MADR: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

RIDAC: Red de Información Documental Agrícola de Colombia

RMA: Red Meteorológica Automatizada

RUAV: Red Universitaria de Alta Velocidad

De variedades de caña de azúcar

CC: Cenicaña Colombia

Mex: México

MZC: Mayagüez Colombia

RD: República Dominicana

V: Venezuela

PR: Puerto Rico

Varios

AEPS: Agricultura específica por sitio

BH: Balance hídrico

CATE: Corte, alce, transporte y entrega en fábrica

CFD: Computerized fluid dynamics

ENOS: El Niño Oscilación del Sur (ENSO en inglés: El Niño Southern Oscillation)

GCCR: The gross combination weight rating

GNSS: Global navigation satellite system

GRT: Guía de recomendaciones técnicas

FAPVS: Fondo de Agua por la Vida y la Sostenibilidad

LSD: Escaldadura de la hoja

IMO: Índice de margen operacional

Mbp: Mega base pairs (mega pares de bases)

POC: Pol in open cells

PAT: Programa de asistencia técnica

PCR: Reacción en cadena de la polimerasa

Psig: Pounds square inch (libras por pulgada cuadrada en base manométrica)

qPCR: Reacción en cadena de la polimerasa cuantitativa

REE: Rendimiento eléctrico equivalente

RETIE: Reglamento técnico de instalaciones eléctricas

RIDAC: Red de información documental agropecuaria de Colombia

RSD: Raquitismo de la soca

RT - PCR: Transcripción reversa de reacción en cadena de la polimerasa

RUAV: Red universitaria de alta velocidad

SCYLV: Virus de la hoja amarilla

SGS: Sistema de gestión de servicios

Sivar: Sistema de información de variedades

SQRF: Sistema de quejas, reclamos y felicitaciones

TBIA: Tissue-blot enzyme immunoassay

Z.A.: Zona agroecológica

Publicación Cenicaña

Comité editorial

Adriana Arenas Calderón
Álvaro Amaya Estévez
Camilo H. Isaacs Echeverri
Javier Alí Carbonell González
Jorge Ignacio Victoria Kafure
Nicolás Javier Gil Zapata
Einar Anderson Acuña
Margarita María Rodríguez

Producción editorial

Servicio de Cooperación técnica y transferencia de tecnología

Coordinación editorial

Margarita María Rodríguez

Corrección de estilo

Ernesto José Fernández Riva

Fotografías

Adriana Vega: 15
Alejandro Estrada: 25
Alejandro Giraldo: V, XI, 26, 35, 36, 38, 44, 64, 88, 92, 95, 96.
Alexander Montoya: XIV, 33, 52, 61, 62, 84
Armando Campos: XVIII, 39
Corpoica: 37
Banco de Imágenes – Cenicaña: 67, 87
Fabio Andrés Herrera: IV, XII, XIII
Javier Alí Carbonell: 42
Jhon Jairo Valencia: 49 izquierda
Juan Camilo Chávez: 20, 23, 73
Juan Gabriel Rodríguez: 55
Luis Arnoby Rodríguez: 49 derecha
Luis Eduardo González: 94 arriba
María Camila Cardozo: 59, 60
María Claudia Pizarro: VII, IX, XVII, 5, 19, 29, 47, 51, 71, 81, 86, 97
Margarita Rodríguez: VI, 18, 63, 72, 82, 90, 91, 94 abajo, 95 arriba
Sandra Guzmán: 74, 77

Preprensa e impresión

Se terminó de imprimir el 16 de marzo de 2014 en Imágenes Gráficas S.A.

Línea de atención al Cliente Nacional: **01 8000 111 210**

Línea de atención al Cliente Bogotá: **(57-1) 472 2000**

► www.4-72.com.co

Entregando lo mejor de
los colombianos





Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia
www.cenicana.org

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



Tarifa Postal Reducida
Servicios Postales Nacionales S.A.
No. 2014-130. 4-72
Vence 31 de dic. 2014