



Cuidamos los recursos naturales

cenicaña

Informe Anual 2009

www.cenicana.org

Carátula.

Los bosques andinos almacenan enormes volúmenes de agua y regulan el caudal de los ríos que descienden al valle.

Fotografías: © Diego Miguel Garcés (derecha, arriba); © Diego Zamorano Álvarez (centro); © Fernando Muñoz Arboleda (derecha, abajo).

Publicación Cenicafía

ISSN 0120-5854

Cita bibliográfica

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2010.
Informe Anual 2009. Cali, Cenicafía. 118 p.

Producción editorial

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

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

600 ejemplares

Impreso en Colombia

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 Cenicafía con los fabricantes, quienes no están autorizados para usar los resultados con fines promocionales ni publicitarios.

Contenido

Preliminares

- iv Junta directiva 2008-2010
Personal directivo 2009
- v “La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de vida de todo progreso”
- vii Informe del Director General de Cenicaña

Clima y producción

- 1 Condiciones generales del comportamiento del clima en el valle del río Cauca durante 2009
- 7 Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2009

Macroproyectos

- 19 Agricultura específica por sitio (AEPS)
- 25 Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica (CATE)

Programas de investigación

- 33 Programa de Variedades
- 49 Programa de Agronomía
- 59 Programa de Procesos de Fábrica

Servicios de apoyo

- 67 Servicio de Análisis Económico y Estadístico
- 75 Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología
- 85 Servicio de Información y Documentación
- 87 Servicio de Tecnología Informática
- 90 Laboratorios de Análisis
- 90 Superintendencia de la Estación Experimental

91 Anexo

104 Referencias bibliográficas

105 Siglas, símbolos y abreviaturas

Junta Directiva 2008–2010

Juan José Lülle Suárez
Presidente

Nohra Pérez Castillo
Secretaria

Principales

Juan José Lülle Suárez
Presidente
Incauca S.A.

Harold Cerón Rodríguez
Invitado
Riopaila Castilla S.A.

Adolfo León Vélez Vélez
Gerente General
Ingenio Manuelita S.A.

Andrés Rebolledo 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

Jorge Santiago Arango Franco
Vicepresidente de Campo
Incauca S.A.

Guillermo Ramírez Cháves
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
Carlos Alberto Abadía Bonilla
Director de Campo
Ingenio La Cabaña S.A.

Personal Directivo 2009

Álvaro Amaya Estévez
Director General

Nohra Pérez Castillo
Directora Administrativa

Jorge Ignacio Victoria Kafure
Director
Programa de Variedades

Javier Alí Carbonell González
Director
Programa de Agronomía

Edgar Fernando Castillo Monroy
Director
Programa de Procesos de Fábrica

Nohra Pérez Castillo
Jefe encargada
Servicio de Análisis Económico y
Estadístico

Camilo H. Isaacs Echeverri
Jefe
Servicio de Cooperación Técnica y
Transferencia de Tecnología

Einar Anderson Acuña
Jefe
Servicio de Tecnología Informática

Adriana Arenas Calderón
Jefe
Servicio de Información y
Documentación

Javier Alí Carbonell González
Superintendente encargado
Superintendencia de la Estación
Experimental

Comités de Investigación

Campo

Presidente
Camilo Arturo Jaramillo Marulanda
Líder Equipo de Campo
Ingenio María Luisa S.A.

Fábrica

Presidente
Carlos Adolfo Cucalón Herrera
Superintendente de Fábrica
Ingenio Sancarlos S.A.

Cosecha

Presidente
Pedro José Cabal Duque
Gerente de Cosecha
Ingenio Providencia S.A.



“La ciencia es el alma de la prosperidad de las naciones y la fuente de vida de todo progreso”

Louis Pasteur (1822-1895)



Gonzalo Ortiz Aristizábal
Gerente General
Ingenio Providencia S.A. E.S.P.

En el mundo actual, donde la población casi llega a los 6.7 billones de personas, la demanda por alimentos, biocombustibles y energía renovable será cada vez mayor y con ella crecerá la presión sobre el medio ambiente, una realidad y un desafío tremendos que sólo se pueden enfrentar mediante la investigación y la aplicación de la ciencia para fomentar innovaciones destinadas a mejorar la productividad agrícola en todos los campos, un principio que en sí mismo compromete la sostenibilidad.

Por esta razón y por muchas otras, es motivo de orgullo tener en Colombia un centro de investigación como Cenicaña, que cuenta con un personal altamente calificado y comprometido, y que en sus 32 años de existencia, mediante el desarrollo de distintas tecnologías amigables con el medio ambiente, ha hecho posible que la industria azucarera colombiana se ubique en la vanguardia mundial como una de las más eficientes tanto en producción de caña como de azúcar. Una industria que es motor del desarrollo local y ejemplo para otros sectores en Colombia y el mundo.

Cenicaña ha contribuido mediante la selección de variedades a obtener la CC 85-92, que actualmente se encuentra sembrada en más del 70% del área total en las zonas donde se ubican los trece ingenios más importantes del país; una variedad excelente en términos de productividad y el parámetro de referencia utilizado en la obtención de nuevas variedades, en un proceso innovador de mejoramiento genético que coordina Cenicaña en el valle de río Cauca, fundamentado en el enfoque de la agricultura específica por sitio.

Importantes han sido los avances en los sistemas de riego desarrollados, con los cuales se ha logrado una disminución sustancial del volumen de agua aplicado por hectárea, lo que contribuye de manera significativa a reducir los costos y a conservar los recursos naturales.

El continuo apoyo que de Cenicaña ha recibido la industria en los procesos productivos de fábrica ha permitido que nuestras eficiencias estén entre las mejores a nivel global, con menores pérdidas de azúcar y mejor uso de la energía en los procesos fabriles. En los sistemas de transporte se han hecho importantes contribuciones, como la adopción de surcos más anchos, de 1.65 m ó 1.75 m, con lo cual se han beneficiado los campos por una menor compactación; así mismo se avanza en el desarrollo de vagones más livianos.

Los grupos de transferencia de tecnología implementados por Cenicaña han sido exitosos debido a que en ellos se han transmitido los conocimientos obtenidos y las tecnologías desarrolladas a los cultivadores de caña, lo que les ha permitido adoptar las mejores prácticas con resultados muy positivos en términos de productividad,

rentabilidad y conservación del medio ambiente. La lista sería demasiado larga para enumerar cada uno de los beneficios que ha brindado tan importante centro de investigación a nuestra industria.

Los retos hacia adelante son inmensos y para responder a las expectativas es necesario continuar con la inversión en investigación agrícola para fomentar el crecimiento de una agricultura sostenible mediante la conservación del medio ambiente. Será tarea de Cenicaña continuar apoyando a la industria, como hasta ahora, en la innovación de tecnologías orientadas a una mayor productividad agrícola y mejores prácticas en las fábricas, para resolver los distintos problemas a los que nos veremos enfrentados en el futuro. Adicionalmente el centro de investigación tendrá la tarea de desarrollar todos los conocimientos obtenidos y ponerlos a disposición de las personas y organizaciones involucradas, ingenios y proveedores de caña, para que toda la cadena se vea beneficiada.



Proyección de un sector con tecnología sostenible



Álvaro Amaya Estévez, Ph.D.

El entorno

En los dos últimos años, 2008 y 2009, el sector azucarero colombiano ha enfrentado situaciones extremas de lluvia y eventos de sequía, anomalías relacionadas con los fenómenos de “La Niña” y “El Niño” que se han vuelto cada vez más frecuentes en el océano Pacífico tropical. En 2008 la cantidad media de lluvia superó en 32% el valor habitual en el valle del río Cauca, mientras que en 2009 sólo cayó el 90% de la cantidad acostumbrada, de manera que se estima una disminución de las lluvias del 33% entre un año y otro.

De acuerdo con los datos de la Red Meteorológica Automatizada, el año 2008 ha sido el más lluvioso de los últimos dieciséis años, bastante frío, de baja radiación solar e intermedio entre seco y húmedo. Durante este año buena parte de los cultivos de caña en el valle del río Cauca se vieron sometidos a inundaciones intermitentes e incluso, en algunos sitios, permanentes.

En 2009, cuando se cosecharon cerca de 193 mil hectáreas y las variedades de caña de azúcar aptas para el corte tenían una edad de 14.6 meses en promedio, el clima se caracterizó por ser muy seco, intermedio entre cálido y frío, con los valores medios de oscilación de la temperatura y temperatura máxima media más altos de los últimos dieciséis años y precipitaciones con una tendencia muy marcada al déficit.

Los indicadores de productividad del cultivo muestran que las toneladas de caña por hectárea obtenidas en 2008 fueron sensiblemente iguales a las del 2009, pese a que la edad de cosecha aumentó en 12% entre un año y otro. El efecto del clima durante los dos últimos trimestres de 2008 se manifestó de manera rezagada en la productividad de las socas cosechadas en 2009 y, dada la mayor edad de cosecha, los tonelajes de caña y azúcar por hectárea y mes (TCHM y TAHM) fueron menores en el último año.

No obstante, durante el segundo semestre de 2009 el clima también contribuyó para que el rendimiento comercial en azúcar aumentara en 2.6 unidades porcentuales con respecto al valor de 2008, una situación que conllevó incrementos en el tonelaje de azúcar por hectárea y que junto con el cambio en el número de hectáreas cosechadas (21.2% más en 2009) hizo que las toneladas totales de caña y azúcar aumentaran en 23.7% y 27.6%, respectivamente.

El análisis descriptivo de las condiciones generales del clima se presenta en las páginas siguientes de esta publicación, así como los resultados de la producción comercial. Estos reportes se complementan con el análisis de la evolución de la productividad en la región azucarera y el análisis de casos concretos que, en conjunto, contribuyen a ampliar la visión al respecto.

Además de los factores mencionados, en 2009 se hizo patente en Colombia la recesión económica mundial, acrecentada por el alto precio del petróleo y sus derivados y, en buena parte, por los múltiples desastres naturales ocurridos en muchos y diversos lugares del planeta. El perjuicio combinado de tales condiciones se compensó en parte gracias a los precios altos del azúcar en el mercado mundial y a los estándares de calidad y eficiencia que caracterizan los procesos industriales actuales.

Una cualidad propia del mercado mundial del azúcar es la volatilidad del precio, en tanto que en la agricultura lo natural es la variabilidad del clima. Por ello los sectores productivos de la agroindustria hacen inversiones importantes en investigación, desarrollo e innovación para afrontar con conocimiento de causa y alternativas tecnológicas seguras los retos que les imponen las condiciones cambiantes del clima, los precios de los insumos y el mercado global.

Ante la realidad de fenómenos climáticos incontrolables, la sostenibilidad de los sectores se basa cada vez más en la adopción de tecnologías específicas y en la capacitación y actualización de las personas encargadas de las operaciones y los resultados. En el sector azucarero colombiano se ha dado un proceso de innovación tecnológica constante y creciente, como se aprecia en muchos de los avances presentados por Cenicaña en este Informe Anual 2009.

El mejoramiento y la sostenibilidad del sector no sólo radican en tener tecnologías disponibles sino, fundamentalmente, en usarlas, ajustarlas y aprovecharlas. Las tecnologías recomendadas por Cenicaña son fruto de varios años de investigación, en la cual todos los productores han invertido recursos.

Para aumentar la velocidad con la cual se difunden las iniciativas de adopción, desde Cenicaña se coordina la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) y acciones tan importantes como el comité de investigación de campo, en el cual participan representantes de los ingenios y los proveedores de caña, quienes se reúnen por lo menos cuatro veces al año para discutir los avances del desarrollo tecnológico del cultivo de la caña de azúcar, orientar el rumbo de los proyectos futuros y retroalimentar los procesos en marcha. Comités similares operan en asuntos de fábrica y cosecha, además de otros con objetivos concretos en variedades y sanidad vegetal.

Con el apoyo de estos mecanismos de participación y comunicación Cenicaña ha venido incorporando progresivamente el concepto de la agricultura específica por sitio en las etapas de investigación, validación y transferencia de tecnología agrícola, con el apoyo de ingenios y cultivadores. De igual forma se ha involucrado a distintos actores del desarrollo tecnológico en iniciativas comunes de innovación con el concepto de sistema productivo agroindustrial en los procesos de campo, cosecha, transporte, producción dual de azúcar y etanol, y generación de energía.

Tecnología sostenible

A continuación se presentan los avances más relevantes en relación con el desarrollo de tecnologías sostenibles que contribuyen a la proyección del sector. En las páginas internas se resumen los resultados y el progreso de las actividades de Cenicaña durante 2009.

- **Agricultura específica por sitio.** El enfoque del desarrollo tecnológico de variedades y prácticas agronómicas con base en la agricultura específica por sitio (AEPS) y las acciones de transferencia de tecnología dirigidas en el mismo sentido se mantiene como un criterio fundamental en los proyectos de Cenicaña.

Actualmente el sector cuenta con mejores elementos de decisión para definir la tecnología más deseable que redunde en mayores beneficios. El análisis del clima y los indicadores de

productividad, el conocimiento de los suelos y las experiencias de manejo agronómico en sitios específicos se encuentran al alcance de los agricultores. Para complementar la información disponible se avanza en la validación de prácticas de AEPS en áreas comerciales y con la participación de los productores y en el monitoreo del cultivo por medio de la percepción remota. Se han desarrollado aplicaciones sencillas basadas en web para el uso de imágenes de satélite en asocio con mapas de productividad generados en tiempo real en las operaciones de cosecha. Cenicaña diseñó el sistema para la adquisición de los datos y les presta a los agricultores donantes el servicio de instrumentación de equipos y el entrenamiento requerido. Toda la información necesaria puede ser consultada o solicitada a través del sitio web corporativo <www.cenicana.org> o personalmente en la Estación Experimental.

- **Progreso en la obtención de variedades.** La variedad CC 93-4418 tuvo el mayor crecimiento porcentual en área en 2009, después de la CC 85-92. En más de mil hectáreas cosechadas, la variedad CC 93-4418 mostró resultados muy buenos en productividad, particularmente en las zonas agroecológicas semisecas de los regímenes H0, H1 y H2, donde superó a la CC 85-92. Los indicadores de productividad de las nuevas variedades en las zonas agroecológicas más cosechadas se presentan en el informe de la producción comercial.

En el segundo corte de la prueba regional de variedades de las series 1997-2001 que se llevó a cabo en las zonas agroecológicas 11H1, 15H1 y 6H1, las variedades CC 01-1228, CC 97-7170 y CC 01-678 mostraron resultados consistentes en producción de caña y entre 8-11% más contenido de sacarosa y 8-16% más producción de sacarosa por hectárea que el testigo CC 85-92. En la prueba regional de las series 96-97 y 99, en la zona agroecológica 5H5 en el Ingenio Risaralda, donde se completaron los tres cortes previstos, se seleccionó la variedad CC 99-2282 que tiene una productividad similar a la del testigo CC 85-92.

- **Tecnologías para el uso eficiente del agua.** La mayor frecuencia de eventos del fenómeno de “El Niño” observada en las últimas décadas es una consecuencia del cambio climático que se experimenta en el planeta y su impacto se refleja en el valle del río Cauca por menos precipitación y menor disponibilidad de agua. Desde mediados de 2009 “El Niño” afectó la disponibilidad de agua para el cultivo y los pronósticos indican que la situación continuará en 2010. Investigaciones recientes con la variedad CC 85-92 en condiciones secas ratifican que el efecto de la ausencia de riego es más crítico entre los 4 y los 10 meses de edad del cultivo, con reducciones de la producción de caña hasta del 33%. Esta información es básica para priorizar el uso del agua de acuerdo con el desarrollo del cultivo.

El riego por caudal reducido es una opción tecnológica para las actuales circunstancias y en condiciones en las que la disponibilidad de agua es escasa. Los principios de esta tecnología se han desarrollado en suelos del piedemonte con pendientes cercanas al 3% y donde existen limitaciones de agua. Sin embargo, esta tecnología ofrece potencial para las zonas planas donde la mayoría de los campos tienen desnivel para el flujo del agua en el riego por gravedad. Los resultados en el piedemonte mostraron incrementos en la producción de caña hasta de 22% con las aplicaciones de riego con caudal reducido y surco alterno, en relación con el testigo sin riego. Las eficiencias en el uso del agua han sido del 63%, con lo cual se reducen los volúmenes de agua aplicados y es posible regar más área con el mismo volumen de agua disponible.

- **Manejo integral de plagas y enfermedades.** El monitoreo de plagas y enfermedades se realiza en el valle del río Cauca y otros lugares del país donde pueden existir riesgos sanitarios

para la caña de azúcar, al tiempo que se mantiene la vigilancia constante de lo que ocurre en el entorno azucarero mundial. Para el manejo de los patógenos de importancia económica Cenicaña obtiene variedades resistentes y promueve la adopción de prácticas culturales que incluyen el uso de controladores biológicos y la conservación de arvenses en los campos de cultivo para el mantenimiento de la fauna benéfica, entre otras acciones. Con el fin de conocer la resistencia de las variedades principales a la enfermedad de Fiji y a la roya naranja, ambas exóticas en Colombia, se enviaron a Australia y Centroamérica muestras para análisis. La mayoría de las variedades CC evaluadas, incluida la CC 85-92, ha mostrado resistencia a las dos enfermedades. En la búsqueda de hongos entomopatógenos eficientes para el control del salivazo *Aeneolamia varia* se han identificado 12 cepas que pueden ser promisorias.

- **Mejoramiento del uso de energía en los procesos fabriles.** En la última década el sector ha incrementado en 0.3 unidades la eficiencia de extracción, en 0.51 unidades la eficiencia de elaboración y en 0.9 unidades la recuperación global de azúcar. En todos los procesos el mejoramiento de la eficiencia energética y la generación de excedentes para la cogeneración son de relevancia dados los altos precios de la energía de origen fósil y las implicaciones ambientales que se derivan de su uso. En 2009 Cenicaña apoyó la toma de decisiones de valor energético en distintos procesos de la producción de azúcar; se hicieron estudios de la eficiencia de desempeño de las nuevas calderas destinadas a la cogeneración de energía y se desarrollaron modelos para identificar escenarios de cogeneración. También se dio el apoyo técnico requerido por el sector en las discusiones sobre la reglamentación de la actividad de cogeneración en el país.
- **Mejora en la eficiencia de fermentación para etanol.** La tecnología establecida para la producción de etanol se basa en la fermentación de los azúcares, y en su operación se han identificado oportunidades de mejoramiento a través de la investigación y la capacitación. Con el fin de evaluar ajustes en los factores críticos del proceso de fermentación se usó un fermentador piloto que ha estado operando en paralelo con el fermentador industrial en una destilería. Con base en ello ha sido posible avanzar en la evaluación de cepas nativas de levaduras identificadas previamente como más eficientes que las levaduras comerciales.

La producción de etanol a partir de celulosa ofrece un potencial para aprovechar la biomasa de la caña. La investigación se enfoca a la búsqueda de consorcios microbiológicos nativos que sean capaces de degradar celulosas y hemicelulosas eficientemente; durante el año se identificaron cepas de bacterias y hongos que serán evaluadas en 2010.

- **Avances en el sistema de corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica (CATE).** Con el objetivo de mejorar la eficiencia del sistema CATE se están caracterizando las llantas usadas para el transporte de caña y los efectos de los equipos de cosecha en la compactación. También se ha elaborado la ingeniería básica para el diseño de la ingeniería de detalle y la construcción de vagones de transporte de mínimo peso; se estima que una reducción de 10% en el peso de estos equipos puede representar disminuciones de 5% en el consumo de combustible, lo cual se refleja en la eficiencia económica del sistema. Las evaluaciones locales y la información obtenida en visitas a otras industrias azucareras señalan beneficios por el uso de vagones de autovolteo para el alce de caña y el trasbordo a vagones sólo para transporte, en comparación con el sistema de cadeneo.

Durante 2009 Cenicaña avanzó en la revisión de su planeación estratégica para responder a los cambios del entorno agroindustrial de la caña y actualizar las acciones por desarrollar en los cinco próximos años. Se definieron cinco objetivos estratégicos, cada uno de los cuales con sus respectivas metas que en conjunto establecen 61 indicadores de logro. Esta planeación mejorará la operación del Centro y contribuirá al mejoramiento tecnológico del sector para afrontar los retos del próximo quinquenio.

De acuerdo con estos objetivos y dados los alcances actuales y las proyecciones de desarrollo de las nuevas tecnologías de la información aplicadas a la geografía y por ende a la agrología, la agroclimatología y la agronomía en general, en el último año se integró administrativamente al Programa de Agronomía el equipo de profesionales y auxiliares que hasta entonces había estado vinculado a la Superintendencia de la Estación Experimental en los proyectos de geomática, sistemas de información geográfica, percepción remota, meteorología y climatología. El ingeniero Javier Alí Carbonell González, M.Sc., quien se desempeñaba como Superintendente de la Estación Experimental, fue designado Director del Programa de Agronomía, luego del retiro por jubilación del doctor Jorge Stemberg Torres Aguas.

Las personas constituyen el principal capital de Cenicaña y su aporte radica en convertir el conocimiento en resultados que generen valor; por ello el Centro promueve la formación y la capacitación de las personas. De tal manera, actualmente cinco investigadores adelantan estudios a nivel de doctorado –uno de ellos con el auspicio del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural– en las áreas de fitomejoramiento, agronomía, entomología y biotecnología. Seis colaboradores más realizan su maestría en las áreas de economía, microbiología, ingeniería, administración y conectividad y creación interactiva. Así mismo, a finales de 2008 un investigador del Programa de Fábrica regresó al país luego de concluir su doctorado en ingeniería química. Los investigadores capacitados refuerzan la investigación en las disciplinas respectivas y llenan los espacios de quienes culminan su vida laboral. La capacitación formal se complementa con la participación de los investigadores en eventos técnicos y congresos nacionales e internacionales. En la versión electrónica del Informe Anual 2009 se incluyen los detalles acerca de la participación del personal en este tipo de actividades.

Los productos tecnológicos y la documentación derivada de las investigaciones efectuadas por Cenicaña están disponibles para todos los donantes. Dependiendo de la tecnología, el uso por parte de personas o empresas no donantes está sujeto al sistema de protección de la propiedad intelectual vigente en Colombia y en los países donde las tecnologías han sido registradas por el Centro. Los productores paneleros pueden sembrar las variedades sin contraprestación alguna, y a través del convenio entre Cenicaña y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) reciben otros beneficios en sanidad vegetal y capacitación.

Al finalizar 2009 teníamos registradas en Colombia dieciséis variedades de caña de azúcar, con derechos de obtentor que permiten controlar su uso y recibir regalías. Algunas variedades están registradas en Ecuador y en Perú y otras se encuentran en proceso con el mismo fin en Guatemala, Nicaragua, México y Panamá. Los derechos sobre otras tres tecnologías y la marca nominativa AEPS también han sido verificados y aceptados en Colombia por las autoridades competentes.

El futuro inmediato

En el próximo quinquenio (2010-2015) Cenicaña tiene el reto de concluir 82 proyectos vigentes desde 2009 ó antes y otros 29 proyectos nuevos que fueron aprobados para comenzar en 2010, los cuales sustentan el avance tecnológico en pro de la sostenibilidad y progreso del sector.

Los objetivos específicos y los resultados más relevantes de los proyectos en marcha se presentan en este informe. Los nuevos proyectos se orientan a reforzar el desarrollo tecnológico en las siguientes áreas estratégicas: obtención de nuevas variedades de caña de azúcar con mejores contenidos de sacarosa y mejor calidad en función de la eficiencia de extracción en fábrica; uso eficiente del agua de riego; validación de métodos de biotecnología y sus aplicaciones; control integrado de plagas y enfermedades para la sanidad del cultivo; evaluación y desarrollo de prácticas agronómicas sostenibles; desarrollo de alternativas tecnológicas que mejoren los estándares de eficiencia en el sistema CATE; mejoramiento de los procesos fabriles en los ingenios azucareros y en plantas duales de azúcar y etanol; uso de energía térmica y eléctrica en plantas de azúcar y etanol; y vigilancia tecnológica y alternativas de cooperación que contribuyan a mitigar el cambio climático.

Para complementar los mecanismos de transferencia de tecnología establecidos en el sector azucarero y con el objetivo fundamental de contribuir en la formación profesional de nuevos ingenieros y profesionales capaces de alcanzar un desempeño óptimo en el tiempo justo, a partir del 2010 Cenicaña iniciará un programa de capacitación con la vinculación de doce profesionales recién egresados de las facultades de ciencias agrícolas del país que tengan el aval de un ingenio azucarero y que estén interesados en complementar su trayectoria académica a través de la participación en proyectos de investigación; el programa incluye un período inicial de inducción y capacitación en los ingenios. Una vez concluya esta primera experiencia, las proyecciones son ampliar la oferta del programa a los profesionales que cuenten con el aval de empresas productoras de caña.

La aplicación de la agricultura específica por sitio ha sido un soporte para la sostenibilidad de la productividad del sector de los últimos años, y en las actuales circunstancias ingenios y cultivadores tienen la oportunidad de incorporar a su sistema de producción tecnologías disponibles para zonas específicas y que no han sido usadas suficientemente. Cenicaña continuará con la transferencia de tecnología con enfoque de agricultura específica y con la capacitación requerida de acuerdo con los niveles de adopción y los requerimientos del sector.

La investigación relacionada con el uso eficiente del agua ha sido prioritaria en Cenicaña desde su fundación y el sector cuenta hoy con tecnologías para afrontar períodos de escasez de agua, como son el balance hídrico, el riego por surco alterno, el riego por ventanas y politubulares, el riego con caudal reducido y metodologías para la medición y gestión del riego. El reto está en usarlas y complementarlas con investigación y validación.

Ante la realidad de fenómenos climáticos incontrolables, la adopción de tecnologías específicas, la capacitación y la actualización son apoyos fundamentales para la sostenibilidad del sector. Los resultados de la investigación en variedades y prácticas agronómicas específicas de acuerdo con las zonas agroecológicas contribuyen a afrontar un entorno cambiante y complementan las tecnologías disponibles para que el sector pueda mantener y mejorar la productividad y la sostenibilidad en tales circunstancias.

En nombre del personal de Cenicaña agradezco a los ingenios y cultivadores de caña su apoyo permanente, su participación en el desarrollo tecnológico y su confianza para permitirnos contribuir, a través del conocimiento, al desarrollo de un sector de impacto en la región y el país.

Condiciones generales del comportamiento del clima en el valle del río Cauca durante 2009

El enfriamiento de las aguas superficiales del océano Pacífico tropical que se había iniciado en noviembre de 2008 continuó hasta abril de 2009, sin llegar a ser tan fuerte y prolongado como para constituirse en un fenómeno "La Niña".

Por el contrario, en el mes de julio de 2009 se inició en la cuenca del océano Pacífico tropical un fenómeno de "El Niño" que durante todo el segundo semestre del año fue fortaleciéndose paulatinamente, pero de forma bien marcada, hasta alcanzar una intensidad moderada en el mes de diciembre (Figura 1).

Este fenómeno, de efectos y repercusiones a escala planetaria, reforzó en el valle del río Cauca la temporada seca de mediados del año (julio-agosto) y determinó que el segundo semestre, que incluye la segunda temporada lluviosa de octubre-noviembre, fuera bastante deficitario en precipitación atmosférica (77% del valor medio climatológico).

En concordancia con las condiciones climáticas externas, 2009 se constituyó en el valle del río Cauca en el quinto año menos lluvioso de los últimos dieciséis años, con un promedio de 1115 milímetros, cantidad equivalente al 90% del valor medio anual multianual para la región (1252 milímetros). Esta situación contrastó notoriamente con la abundancia de lluvias durante el año 2008, el más lluvioso de todos los años en el mismo periodo mencionado (Figura 2 y Cuadro 1). Igualmente, durante 2009 el número de días con precipitación se mantuvo un poco por debajo con respecto al valor medio anual multianual (167 días *versus* 180 días).

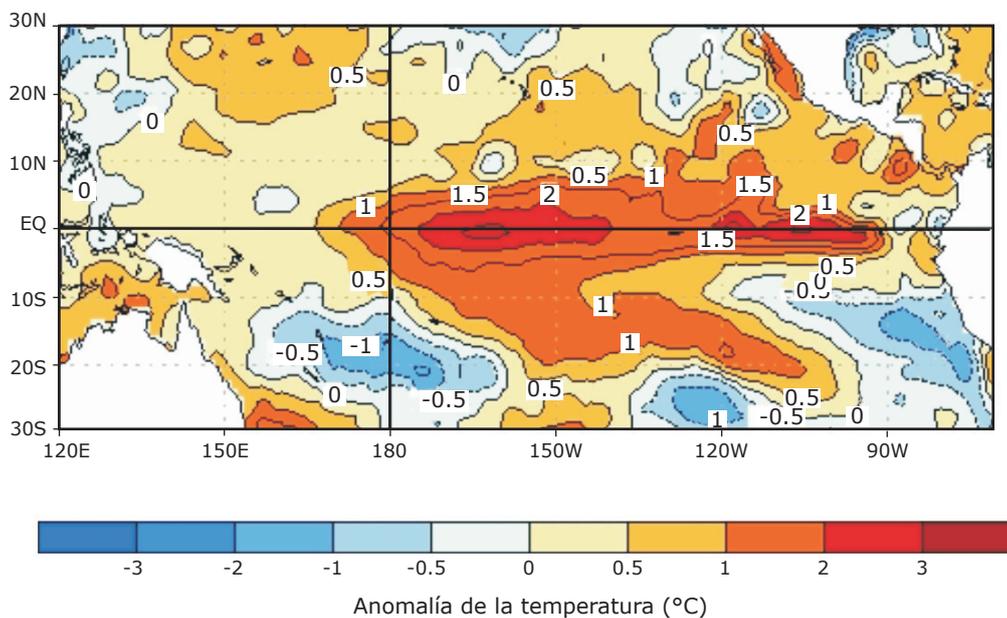


Figura 1. Anomalía media de la temperatura superficial del océano Pacífico tropical. Diciembre de 2009.

Fuente: NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

Aunque la evaporación anual en 2009 fue en general un 6% superior a la acostumbrada (1725 mm vs. 1627 mm), durante el segundo semestre del año esta variable atmosférica fue sensiblemente más alta (8%) que el valor medio multianual para ese periodo semestral (Figura 3).

El valor de la radiación solar media diaria para el año 2009 fue muy similar al respectivo valor medio multianual (416 cal/cm² vs. 414 cal/cm²). Sin embargo, el segundo semestre del año presentó valores de esta variable bastante más altos que los típicos para ese periodo (435 cal/cm² vs. 416 cal/cm²). Por su parte, el valor de la radiación solar media diaria para el primer semestre del año fue prácticamente igual al valor medio multianual de ese periodo (99%) (Figura 4).

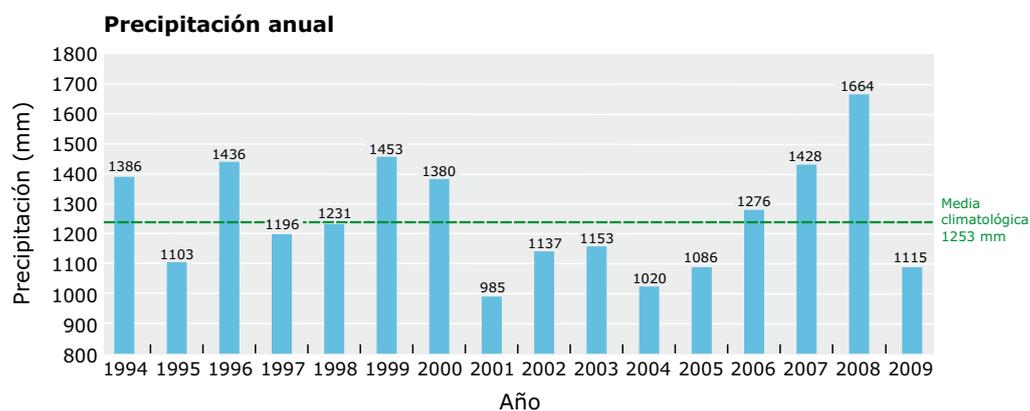


Figura 2. Precipitación media anual en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2009.

Cuadro 1. Resumen del clima en el valle del río Cauca. Promedios para años 2008 y 2009 y periodo 1994-2009.

Variable Climatológica	Año 2008			Año 2009			Clima 1994-2009		
	Sem.1	Sem.2	Año	Sem.1	Sem.2	Año	Sem.1	Sem.2	Año
Temperatura mínima absoluta (°C)	14.4	14.2	14.2	15.1	13.1	13.1	12.8	12.6	12.6
Temperatura mínima media (°C)	18.7	18.5	18.7	18.9	18.9	18.9	19.0	18.7	18.8
Temperatura media del aire (°C)	22.7	22.7	22.7	23.1	23.9	23.5	23.1	23.1	23.1
Temperatura máxima media (°C)	29.3	29.6	29.3	29.7	31.1	30.4	29.6	29.7	29.6
Temperatura máxima absoluta (°C)	35.2	38.5	38.5	37.8	38.9	38.9	37.7	39.2	39.2
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	10.7	10.6	10.6	10.8	12.2	11.5	10.6	11.0	10.8
Humedad relativa media (%)	81	81	81	81	76	78	82	80	81
Precipitación mínima en un mes (mm)	104	71	71	83	36	36	80	52	52
Precipitación máxima en un mes (mm)	226	162	226	190	106	190	170	143	170
Precipitación total (mm)	960	704	1664	693	422	1115	695	558	1253
Evaporación total (mm)	811	778	1589	785	940	1725	792	836	1628
Radiación solar media diaria (cal/(cm ² x día))	412	394	403	397	435	416	412	416	414

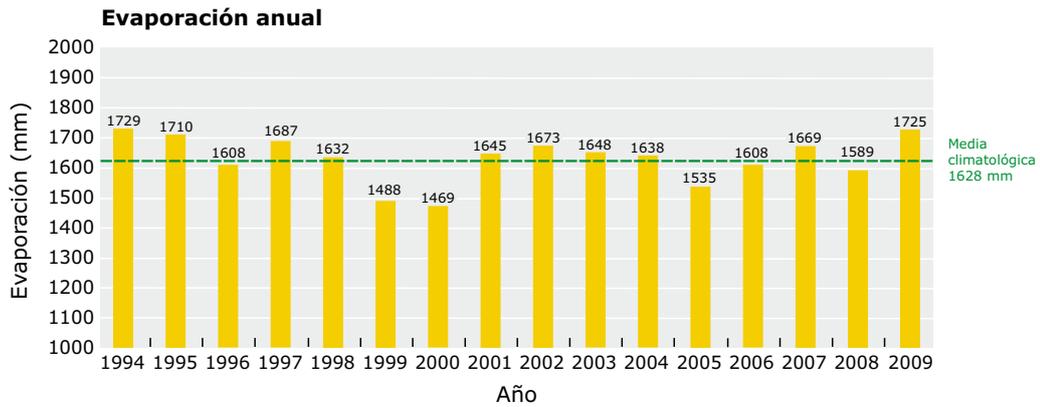


Figura 3. Evaporación media anual en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2009.

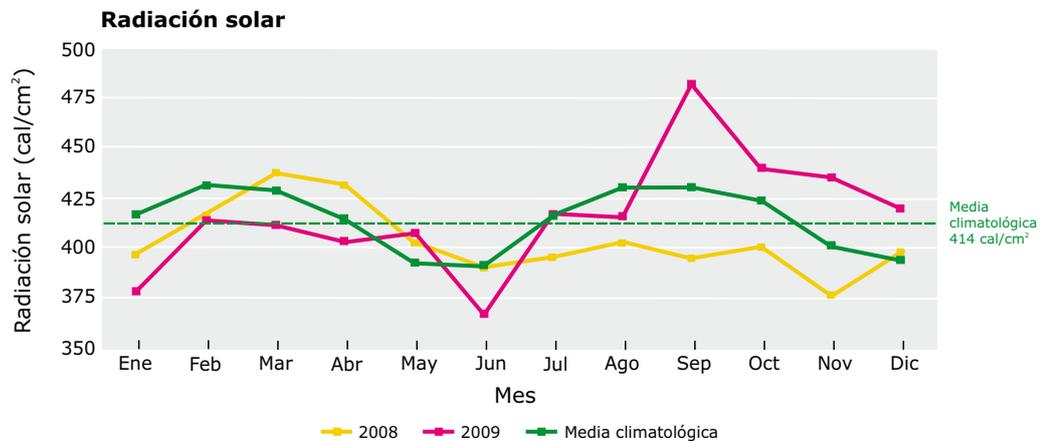


Figura 4. Radiación solar media diaria. Promedio mensual en el valle del río Cauca. Año 2008, año 2009 y periodo 1994-2009.

La temperatura media del aire (temperatura ambiente), la temperatura máxima media y la oscilación media diaria de temperatura, variables atmosféricas muy susceptibles a la influencia de los fenómenos “El Niño” y “La Niña” en el valle del río Cauca, tuvieron durante 2009 un comportamiento especial: en el año estuvieron un poco por encima de su correspondiente valor medio climatológico (en 0.4 °C, 0.7 °C y 0.7 °C, respectivamente), mientras que durante el segundo semestre, sobre todo las dos últimas variables, mostraron valores bastante por encima de las magnitudes medias multianuales (0.8 °C, 1.4 °C y 1.2 °C, respectivamente) (Figura 5).

En general, el comportamiento presentado por la precipitación atmosférica, la evaporación y la radiación solar, así como por la temperatura media, la temperatura máxima media y la oscilación media diaria de temperatura durante 2009 en el valle del río Cauca corresponde claramente al efecto que durante el primer trimestre del año tuvo el enfriamiento del océano Pacífico tropical en ese periodo y a la gran incidencia que durante la segunda mitad del año ejerció el fenómeno “El Niño”, presente entonces en esa misma cuenca oceánica.

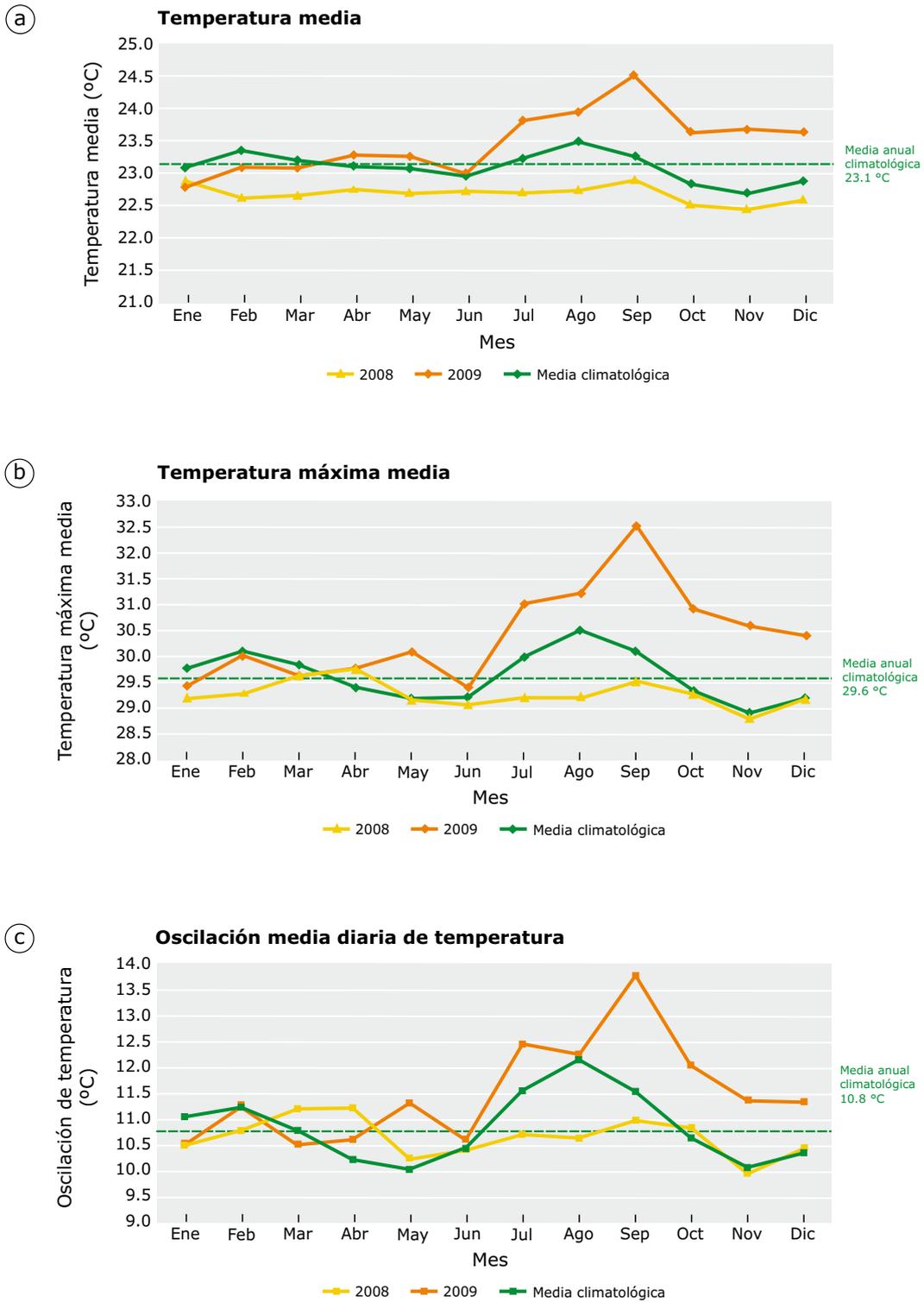


Figura 5. (a) Temperatura media, (b) Temperatura máxima media y (c) Oscilación media diaria de temperatura. Promedio mensual en el valle del río Cauca. Años 2008 y 2009 versus periodo 1994-2009.

Según los registros climatológicos de más de 16 años de operación de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar, el año 2009 en el valle del río Cauca se puede clasificar de la siguiente manera (ver anexo, página 92): el segundo año más cálido, junto con 1997 (temperatura media 23.5 °C); el año con la temperatura máxima media más alta (30.4 °C) y la mayor oscilación media diaria de temperatura (11.5°C), con radiación solar media diaria de valores intermedios (Figura 6). El año más seco, junto con 2006 (78%), de precipitación más bien escasa (quinto en orden ascendente con 1115 milímetros) y el año con la segunda mayor evaporación (1725 mm).

En el 2009 se registró la temperatura máxima absoluta más alta (38.9 °C) después de la que tuvo lugar en 1997 (39.2 °C). Mientras en julio de 2009 se igualó la temperatura máxima absoluta histórica para ese mes, durante mayo, agosto y septiembre se presentaron las mayores temperaturas máximas absolutas para cada uno de esos meses en los últimos 16 años en el valle del río Cauca.

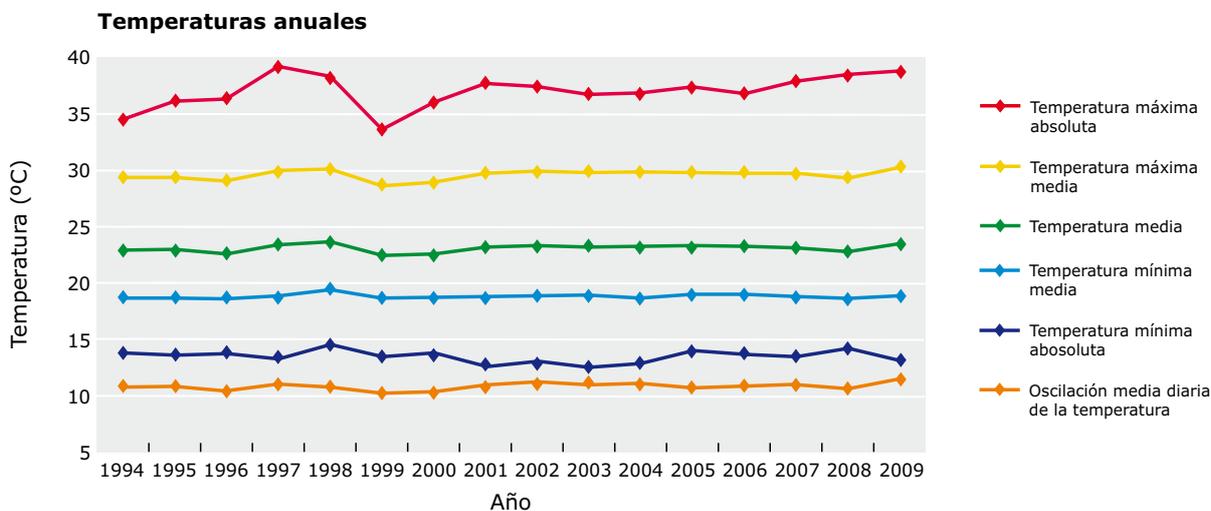
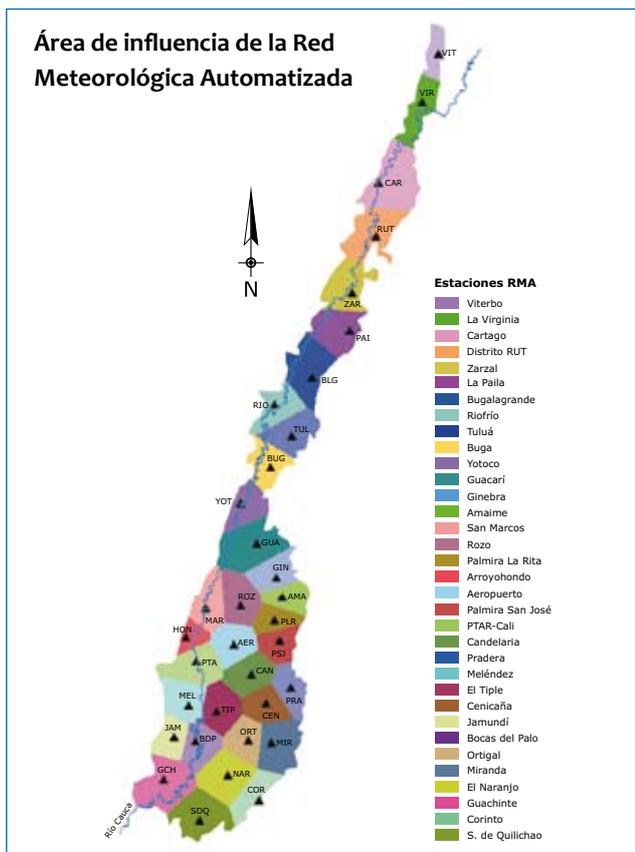


Figura 6. Temperaturas anuales en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2009.



Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2009

Se presenta a continuación un análisis descriptivo de los resultados de producción comercial de la caña de azúcar cosechada durante 2009 por doce ingenios azucareros, en tierras de manejo directo y tierras con manejo de proveedores de caña.

Los indicadores de campo fueron estimados con base en los datos suministrados por los ingenios Carmelita, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (plantas Riopaila y Castilla), Risaralda y Sancarlos. Los ingenios Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia y Risaralda tienen plantas duales de azúcar y etanol.

Resultados generales

El resumen de los indicadores de productividad se presenta en el Cuadro 2. Los resultados generales en 2009 en comparación con el año anterior muestran que:



- Las toneladas de caña por hectárea (TCH) y el número de corte fueron muy similares a los presentados en 2008. Los indicadores de edad de cosecha, rendimiento comercial en azúcar y producción de azúcar por hectárea (TAH) fueron superiores con respecto al año anterior. Disminuyeron las toneladas de caña y azúcar por hectárea y por mes (TCHM y TAHM).
- Se cosecharon 35,244 hectáreas (4,682 suertes) más que en el año precedente. La radiación solar, las temperaturas

y la oscilación de la temperatura estuvieron por encima de los valores habituales. La precipitación estuvo muy por debajo de los valores históricos.

- La producción en las plantas de azúcar se incrementó. Se molieron 4,500,043 toneladas totales más de caña y se produjeron 608,342 toneladas más de azúcar. Los resultados obedecen a que aumentó el área cosechada y también el rendimiento comercial en azúcar. Además, en 2009 se registraron incrementos en la sacarosa aparente (% caña) y el rendimiento real (con base en 99.7° Pol %).
- Las únicas pérdidas que disminuyeron fueron las pérdidas de sacarosa en cachaza (% caña).
- La producción conjunta de etanol durante 2009 fue de 326,274,000 de litros.

Campo

Las TCH en 2009 fueron sensiblemente iguales a las de 2008 (Cuadro 2) y los incrementos de 23.7% y 27.6% en las producciones totales de caña y azúcar se deben a la mayor área cosechada en 2009 (21.2%) y al aumento en el rendimiento comercial de azúcar.

Se esperaba que con una edad de 14.6 meses las TCH obtuvieran un valor más alto; sin embargo, en los dos últimos trimestre del año se cortaron suertes que habían sido cosechadas en condiciones de lluvia durante 2008, situación que afectó de manera rezagada la productividad de las socas cosechadas el último año (Cuadro 2 y Figura 7).

Cuadro 2. Indicadores de productividad de la agroindustria azucarera colombiana en 2008 y 2009.

Indicador	Primer trimestre 2009	Segundo trimestre 2009	Tercer trimestre 2009	Cuarto trimestre 2009	Enero-Diciembre		Diferencia 2009-2008 (%) (°C)	Desviación estándar 2009
					2008	2009		
Campo (datos de trece ingenios) ¹								
Área neta sembrada en caña(ha)	-	-	-	-	205,664	208,254	1.3	
Área cosechada (ha)	44,365	-	55,581	47,003	157,495	192,744	22.4	
Número de suertes cosechadas	5829	5807	7189	6185	20,328	25,010	23.0	
Edad de corte (meses)	15.0	15.1	14.5	13.7	13.1	14.6	11.5	2.3
Número de corte	5.1	5.5	5.1	5.1	5.0	5.2	4.0	3.5
Ton de caña por hectárea (TCH)	127.7	124.6	115.4	115.0	120.9	120.3	-0.5	31.1
Ton de caña por hectárea mes (TCHM)	8.7	8.4	8.2	8.6	9.4	8.5	-9.6	2.0
Ton de azúcar por hectárea (TAH)	14.6	14.1	13.9	14.2	13.9	14.2	2.2	3.7
Ton de azúcar por hectárea mes (TAHM)	0.99	0.96	0.98	1.05	1.08	1.00	-7.4	0.25
Rendimiento comercial (%) ³	11.4	11.3	12.1	12.3	11.5	11.8	2.6	1.1
Fábrica (datos de diez ingenios) ⁴								
Toneladas totales de caña molida ⁵	5,869,593	5,522,022	6,398,308	5,696,997	18,986,878	23,486,921	23.7	
Toneladas totales de azúcar producido ⁶	672,768	634,303	786,023	718,132	2,202,884	2,811,226	27.6	
Rendimiento real con base en 99.7% Pol ⁷	11.57	11.46	12.30	12.43	11.66	11.95	2.5	
Fibra industrial % caña	15.19	15.04	14.55	14.79	15.03	14.88	-1.0	
Sacarosa aparente % caña	13.15	13.10	14.00	14.18	13.19	13.62	3.2	
Pérdidas de sacarosa en bagazo (% sacarosa caña)	4.25	4.48	4.32	4.35	4.08	4.35	6.6	
Pérdidas de sacarosa en cachaza (% sacarosa caña)	0.68	0.67	0.51	0.57	0.72	0.60	-15.6	
Pérdidas de sacarosa en miel final (% sacarosa caña)	6.02	6.16	6.57	6.15	5.84	6.24	6.8	
Pérdidas de sacarosa indeterminadas (% sacarosa caña)	1.27	1.45	0.96	1.46	1.18	1.28	8.3	
Destilería (datos de cinco ingenios)								
Litros de etanol (miles)	76,051	76,294	86,243	87,686	256,780	326,274	27.1	
Clima (datos de 29 estaciones RMA) ⁸								
Precipitación (mm)	392	301	126	296	1.664	1.115	-33.0	
Oscilación media diaria de temperatura (°C)	10.7	10.8	12.8	11.5	10.6	11.5	1.1 °C	
Radiación solar media diaria (cal/(cm ² xdía))	401	392	438	431	403	416	3.2 %	
Condición climática externa	Enfriamiento	Normal	Niño	Niño	Niña - Normal	Normal - Niño		

- Ingenios con datos a diciembre de 2009: Carmelita, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos. Con datos a mayo de 2009: Central Tumaco.
- Toneladas totales de azúcar (estimadas): Suma de las toneladas totales de azúcar de todas las suertes cosechadas durante el período, estimadas con base en el rendimiento comercial multiplicado por las toneladas totales de caña cosechada en cada suerte.
- Rendimiento comercial: Porcentaje (%) de azúcar (en peso) recuperado por tonelada de caña molida. Resultado promedio ponderado por las toneladas totales de caña molida. Ver numeral 5 en este pie de cuadro.
- Todas las cifras de fábrica corresponden a promedios ponderados con respecto a las toneladas totales de caña molida reportadas por 10 ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Inter Ingenios: Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos.
- Toneladas totales de caña molida: Comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el período menos el saldo en patios al finalizar el período (existencias + caña entrada – saldo patios).
- Toneladas totales de azúcar producido: Suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido.
- Rendimiento real: Porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida. 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.
- RMA: Red Meteorológica Automatizada de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

Valores medios multianuales 1994-2009	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)
Primer trimestre (ene.-mar.)	304	426	11.0
Segundo trimestre (abr.-jun.)	391	399	10.2
Tercer trimestre (jul.-sep.)	187	425	11.7
Cuarto trimestre (oct.-dic.)	372	406	10.3

El incremento del rendimiento comercial en azúcar se debe a las condiciones de clima presentadas durante el tercer trimestre y el cuarto trimestre de 2009, cuando la radiación solar y la oscilación de la temperatura fueron mayores y la precipitación fue menor que en 2008. Además, el efecto del fenómeno "El Niño" sostenido durante el segundo semestre hizo que el rendimiento comercial del cuarto trimestre fuera superior al del tercer trimestre, resultado que no se presenta siempre.

Dicho aumento en el rendimiento comercial produjo en 2009, comparado con 2008, un incremento en las TAH dado que las TCH en los dos años fueron muy similares y este hecho, a su vez, redujo la producción de caña y azúcar por hectárea y mes (TCHM y TAHM) debido a una mayor edad de cosecha en 2009 (Cuadro 2 y Figura 7).

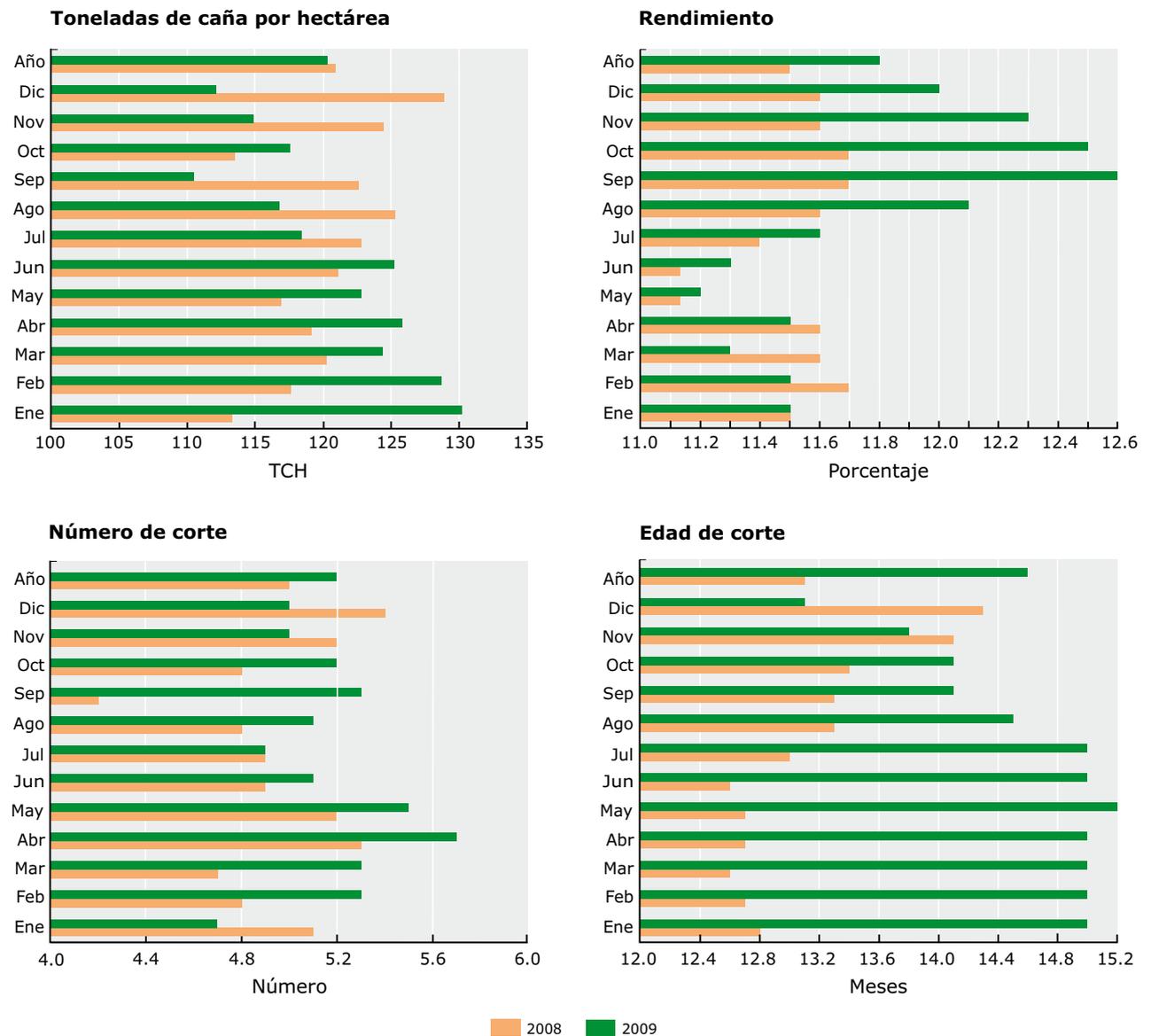


Figura 7. Indicadores de la productividad de campo de la agroindustria azucarera colombiana en 2008 y 2009. Datos de doce ingenios.

Variedades de caña de azúcar

Las variedades de caña más cosechadas en 2009 fueron CC 85-92 (71.9%), CC 84-75 (13.2%) y V 71-51 (3.9%). Estos tres porcentajes corresponden al 89% del área cosechada. La CC 85-92 fue la variedad con mayor participación en el área cosechada, que además presentó incremento con respecto a 2008. En el 4.2% del área se cosecharon otras variedades Cenicaña Colombia (CC) diferentes a las dos mencionadas, lo cual indica que tanto los ingenios como los proveedores de caña están cosechando (o sembrando) menos del 10% del área con nuevas opciones varietales. Por el contrario, continúa aumentando la participación de la CC 85-92, pese a los riesgos que conlleva la dependencia de un mismo genotipo en tal proporción del área cultivada (Cuadro 3).

Con respecto al censo de variedades sembradas al 31 de diciembre de 2009 se observa que incrementaron su participación las variedades CC 85-92, CC 93-4418, CC 93-3826, CC 92-2804 y CC 93-4181. El área sembrada en variedades diferentes a CC 85-92 y CC 84-75 es inferior al 10% y continúa el incremento del área con CC 85-92 (Cuadro 4).

Cuadro 3. Variedades comerciales y semicomerciales en el área cosechada con caña de azúcar en el valle del río Cauca. Datos de trece ingenios, 2008 y 2009.

Variedad	Participación en el área cosechada (%)	
	Ene.-dic. 2008	Ene.-dic. 2009
CC 85-92	69.8	71.9
CC 84-75	13.8	13.2
V 71-51	5.0	3.9
PR 61-632	1.8	1.8
Miscelánea	1.8	1.6
CC 93-3895	1.1	1.0
MZC 74-275	1.3	0.9
CC 92-2198	0.6	0.7
RD 75-11	0.7	0.7
CC 93-4418	0.2	0.6
CC 93-7510	0.5	0.5
CC 87-434	0.4	0.4
CC 92-2804	0.3	0.4
CC 93-3826	0.3	0.3
Co 421	0.4	0.3
CC 93-4181	0.1	0.3
Otras	1.9	1.5

Cuadro 4. Variedades comerciales y semicomerciales en el área sembrada con caña de azúcar en el valle del río Cauca. Datos de trece ingenios, 2008 y 2009.

Variedad	Participación en el área sembrada (%)	
	Ene.-dic. 2008	Ene.-dic. 2009
CC 85-92	69.6	71.4
CC 84-75	13.0	11.6
V 71-51	4.1	3.1
PR 61-632	1.8	1.6
Miscelánea	1.3	1.2
CC 93-4418	0.7	1.2
CC 93-3895	1.0	1.0
CC 92-2198	0.7	0.7
MZC 74-275	0.9	0.7
CC 93-3826	0.3	0.7
CC 92-2804	0.4	0.5
RD 75-11	0.7	0.4
CC 93-4181	0.3	0.4
CC 87-434	0.4	0.3
CC 93-7510	0.5	0.3
CO 421	0.3	0.3
Otras variedades	1.8	1.6
Renovación y otros	2.3	3.0
TOTAL	100.0	100.0

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de productividad de doce variedades CC cosechadas en dieciséis zonas agroecológicas que ocupan el 71% del área cosechada. Se puede observar que en quince de las dieciséis zonas hay variedades que superan a la CC 85-92 y a la CC 84-75, y que bien valdría la pena sembrarlas para evaluarlas de manera más detallada tanto en el espacio como en el tiempo, con el objetivo de tener otras alternativas a estas dos variedades en esas zonas agroecológicas.

Cuadro 5. Productividad de las variedades de caña de azúcar cosechadas en las zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana en 2009. Datos de doce ingenios.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
1H1	CC 85-92	262	2288.0	12.2	116.8	14.2	8.4	1.0	14.3	4.1
	CC 84-75	66	760.3	12.1	114.2	13.8	8.2	1.0	14.2	4.0
	CC 92-2804	4	21.5	12.2	125.9	15.4	9.3	1.1	13.6	1.8
	Total zona o promedio	373	3364	12.2	115.5	14.0	8.3	1.01	14.2	4.4
5H3	CC 85-92	228	2.031	12.2	112.6	13.7	8.5	1.0	13.6	5.3
	CC 84-75	109	1.378	12.0	100.6	12.0	7.9	0.9	12.9	3.4
	Total zona o promedio	413	4179	12.1	106.7	12.9	8.2	0.99	13.3	4.9
5H5	CC 85-92	297	1740.5	11.6	97.4	11.3	7.3	0.9	13.7	3.5
	CC 84-75	20	117.4	11.2	109.6	12.3	7.1	0.8	16.4	4.9
	CC 93-3895	8	35.1	11.8	98.8	11.7	7.9	0.9	12.7	1.7
	CC 92-2804	2	16.4	11.4	117.2	13.3	8.9	1.0	13.2	1.0
	Total zona o promedio	380	2168	11.6	98.6	11.4	7.3	0.85	14.1	3.9
6H1	CC 85-92	1753	17230.4	12.2	129.8	15.8	9.0	1.1	14.7	5.2
	CC 84-75	290	2680.1	11.9	127.8	15.1	8.9	1.1	14.6	5.0
	CC 93-3895	46	390.7	12.9	133.5	17.2	9.1	1.2	15.0	2.3
	CC 92-2198	29	278.6	12.8	134.4	17.3	9.1	1.2	14.9	2.3
	CC 92-2804	21	144.4	13.0	141.7	18.4	8.7	1.1	16.4	2.8
	CC 93-4181	16	93.1	12.6	145.0	18.2	9.1	1.2	16.0	1.4
	CC 99-2461	3	15.5	12.2	146.6	17.9	8.8	1.1	16.6	2.7
	Total zona o promedio	2556	24,660	12.1	128.8	15.6	8.9	1.08	14.7	5.4
6H2	CC 85-92	342	3061.9	11.8	111.1	13.1	7.8	0.9	14.5	4.8
	CC 84-75	94	799.8	12.0	105.7	12.6	7.2	0.9	14.9	4.0
	CC 93-4418	5	35.9	11.6	146.6	16.9	9.3	1.1	15.9	1.1
	CC 92-2804	3	11.1	11.3	126.1	14.3	9.4	1.1	13.5	1.5
	Total zona o promedio	529	4555	11.8	109.1	12.8	7.7	0.9	14.5	4.6

Continúa

Cuadro 5. Continuación.

Zona agroecológica	Variación	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
6H3	CC 85-92	342	3061.9	11.8	111.1	13.1	7.8	0.9	14.5	4.8
	CC 84-75	94	799.8	12.0	105.7	12.6	7.2	0.9	14.9	4.0
	CC 93-4418	5	35.9	11.6	146.6	16.9	9.3	1.1	15.9	1.1
	CC 92-2804	3	11.1	11.3	126.1	14.3	9.4	1.1	13.5	1.5
	Total zona o promedio	420	2616	11.4	100.2	11.4	7	0.8	14.7	4.5
8H3	CC 85-92	234	1745.4	11.5	100.9	11.6	6.7	0.8	15.8	3.2
	CC 84-75	55	339.9	11.7	100.7	11.7	6.6	0.8	16.0	5.4
	CC 93-3895	6	36.5	11.3	119.4	13.4	6.9	0.8	18.6	1.4
	Total zona o promedio	327	2328	11.5	100.5	11.6	6.7	0.8	15.8	3.9
10H3	CC 85-92	280	2757.6	11.9	114.4	13.6	8.3	1.0	14.2	4.7
	CC 84-75	63	581.2	11.6	104.5	12.1	7.9	0.9	13.6	4.6
	CC 93-4418	2	19.3	13.3	120.3	16.0	8.5	1.1	14.2	1.8
	CC 93-3895	2	6.3	11.5	147.6	16.9	9.1	1.1	16.4	1.5
	Total zona o promedio	403	3958	11.8	112.2	13.3	8.2	0.97	14.1	5
10H4	CC 85-92	371	2677.8	11.6	110.6	12.8	7.8	0.9	14.6	4.0
	CC 84-75	51	429.2	11.5	104.3	12.0	6.9	0.8	15.3	4.5
	CC 92-2804	8	47.4	12.7	101.7	13.0	8.0	1.0	12.9	1.9
	Total zona o promedio	478	3432	11.6	109.3	12.6	7.6	0.9	14.6	4.3
10H5	CC 85-92	384	2462.5	11.5	106.7	12.3	7.6	0.9	14.6	4.5
	CC 84-75	80	726.7	11.2	103.4	11.5	6.8	0.8	15.9	5.1
	CC 93-3895	8	42.9	11.9	103.3	12.3	7.6	0.9	13.8	3.0
	Total zona o promedio	551	3706	11.4	105.0	12.0	7.3	0.8	15.0	5.0
11H0	CC 85-92	970	10297.6	11.9	137.6	16.3	9.5	1.1	14.8	5.4
	CC 84-75	100	948.2	11.5	136.7	15.7	9.3	1.1	15.0	6.6
	CC 93-3895	23	215.4	11.6	145.0	16.9	9.7	1.1	15.1	2.5
	CC 93-4418	24	198.6	11.9	155.6	18.5	10.1	1.2	15.6	1.6
	CC 92-2198	10	127.2	13.0	135.4	17.6	8.6	1.1	15.8	3.0
	CC 92-2804	5	39.1	12.2	147.2	18.0	9.4	1.2	15.7	3.0
	Total zona o promedio	1345	13,963	11.8	137.8	16.3	9.4	1.11	14.9	5.9

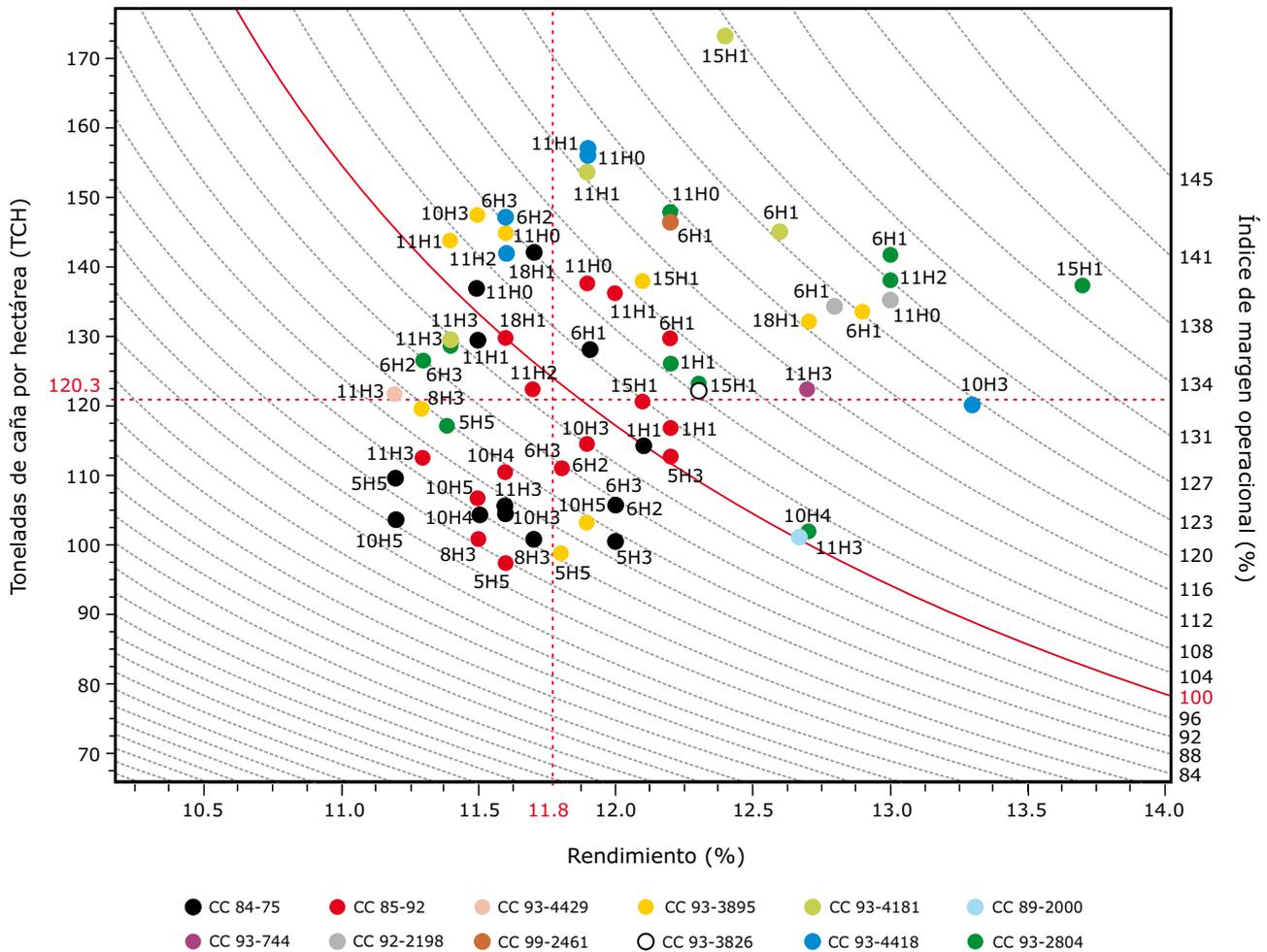
Continúa

Cuadro 5. Continuación.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
11H1	CC 85-92	1294	12569.6	12.0	136.2	16.4	9.4	1.1	14.8	5.4
	CC 84-75	182	1744.6	11.5	129.4	14.9	9.2	1.1	14.3	7.1
	CC 93-4418	32	312.8	11.9	156.1	18.6	10.4	1.2	15.1	1.5
	CC 93-3895	20	148.0	11.4	144.0	16.4	9.7	1.1	15.1	2.7
	CC 93-4181	12	91.5	11.9	153.6	18.3	10.0	1.2	15.6	1.6
	Total zona o promedio	1766	16,933	11.9	135	16.1	9.3	1.11	14.8	5.7
11H2	CC 85-92	665	5534.3	11.7	122.4	14.3	8.6	1.0	14.6	4.9
	CC 93-4418	5	46.2	11.6	141.8	16.5	10.1	1.2	14.1	1.2
	CC 92-2804	5	35.9	13.0	137.9	17.9	9.8	1.3	14.1	1.6
	Total zona o promedio	849	7169	11.7	121.5	14.2	8.6	1.01	14.5	5.4
11H3	CC 85-92	1275	7468.4	11.3	112.7	12.7	8.4	0.9	13.7	5.6
	CC 84-75	155	903.2	11.6	105.6	12.3	7.9	0.9	13.6	7.0
	CC 92-2804	13	71.5	11.4	129.2	14.7	9.6	1.1	13.5	1.9
	CC 93-744	4	34.3	12.7	122.4	15.5	8.8	1.1	13.9	4.5
	CC 93-4429	10	33.5	11.2	121.6	13.6	8.6	1.0	14.3	3.2
	CC 89-2000	3	29.7	12.7	101.6	12.9	8.0	1.0	12.8	8.0
	CC 93-4181	5	15.4	11.4	129.8	14.9	9.0	1.0	14.5	1.0
	Total zona o promedio	1619	9421	11.3	111.9	12.6	8.3	0.94	13.7	5.8
15H1	CC 85-92	258	2857.9	12.1	120.7	14.7	9.1	1.1	13.5	5.4
	CC 93-3826	5	71.8	12.3	123.1	15.2	9.6	1.2	13.0	2.1
	CC 92-2804	7	27.4	13.7	137.3	18.8	8.5	1.2	16.2	3.4
	CC 93-3895	4	15.2	12.1	137.8	16.6	8.7	1.0	16.1	3.0
	CC 93-4181	3	14.4	12.4	173.2	21.5	10.8	1.3	16.0	1.0
	Total zona o promedio	361	3871	12.1	121.4	14.6	9.1	1.1	13.7	5.5
18H1	CC 85-92	237	1952.1	11.6	129.9	15.1	8.9	1.0	15.0	5.8
	CC 84-75	15	143.0	11.7	141.9	16.6	10.0	1.2	14.4	7.2
	CC 93-3895	4	39.5	12.7	131.7	16.8	8.4	1.1	15.9	2.5
	Total zona o promedio	318	2529	11.6	130.3	15.1	8.9	1.0	15.1	6.3
Desviación estándar				1.0	21.8	2.7	1.5	0.18	1.7	1.7

Para complementar la información reportada en el Cuadro 5 se presentan los resultados mediante curvas de isomargen (Figura 8) donde se muestra el índice de margen operacional (IMO). El 100% del IMO corresponde al promedio de la utilidad operacional de todas las suertes cosechadas por la industria con el supuesto de que todas corresponden a tierras propias de los ingenios; fue calculado con base en el precio ponderado del azúcar (promedio del sector a diciembre de 2009). Los costos de campo no incluyen el costo de la tierra; corresponden a los costos directos de adecuación, preparación, siembra y levantamiento del cultivo.

Los valores más altos de IMO se consiguieron en las zonas 11H0, 11H1, 15H1 y 6H1 con las variedades CC 93-4181, CC 93-2804, CC 93-4418 y CC 92-2198. Estos valores están asociados con zonas secas y suelos de alta fertilidad. Los valores más bajos de IMO se presentaron en las zonas 10H5, 5H5, 8H3 y 10H4 con las variedades CC 85-92 y CC 84-75. Estas zonas de bajos valores de IMO corresponden a zonas más húmedas. En el 61% de los casos reportados en la Figura 8 se consiguió un IMO superior al promedio de la industria.



Desviación estándar de TCH:21.0 y de rendimiento:1.0

Figura 8. Curvas de isomargen de las variedades cosechadas en las principales zonas agroecológicas, 2009. Datos de doce ingenios.

Fábrica

La mayoría de las cifras que se presentan a continuación corresponden a los promedios de doce de los ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada, excepto los totales de caña molida y azúcar producida que corresponden a trece ingenios y las cifras de producción de etanol anhidro que corresponden a cinco destilerías.

La molienda alcanzó 23,486,921 toneladas de caña en el 2009, el récord más alto en la historia de la agroindustria azucarera colombiana. En comparación con 2008, la molienda de 2009 fue superior en 4,838,022 toneladas (23.7%) (Figura 9, Cuadro 2).

En relación con la producción de azúcar, que incluye el azúcar crudo equivalente de los jugos y mieles destinados a la producción de etanol, también se alcanzaron cifras históricas no sólo por la mayor molienda sino también por el mayor contenido de sacarosa en la caña que entró a las fábricas (Figura 9). En agosto, septiembre y octubre se registraron producciones mayores a las 250 mil toneladas de azúcar, para un valor total anual de 2,811,226 toneladas, superior en 27.6% (633,431 t) a la producción de 2008.

Con respecto al etanol anhidro, la producción llegó a 326,274,000 litros (324,898 m³), una cantidad superior en 69,494,000 litros (65,150 m³) al valor registrado en 2008, es decir, 27.1% más (Cuadro 2). La mayor producción de etanol se consiguió en el cuarto trimestre. La dinámica de producción de etanol fue independiente de la molienda de caña.

La media anual de sacarosa aparente (% caña) alcanzó un valor de 13.62% en 2009, con un aumento de 0.43 unidades porcentuales (3.2%) en comparación con el 2008 (Figura 10, Cuadro 2). En el segundo semestre de 2009 esta variable fue superior con respecto al valor registrado en el mismo periodo de 2008 y en algunos meses la diferencia fue mayor a una unidad porcentual. El rendimiento real (99.7° Pol %) siguió la tendencia observada en la sacarosa aparente (% caña), de forma que su valor pasó de 11.66% a 11.95% entre 2008 y 2009. Los promedios anuales de sacarosa aparente (% caña) y rendimiento real son hasta el momento los valores más altos registrados desde enero de 1998.

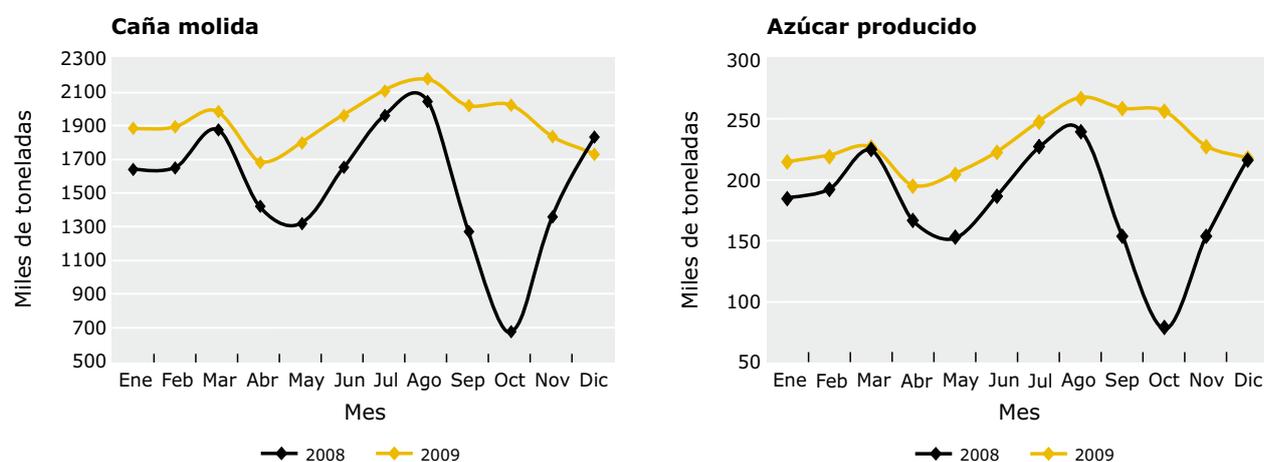


Figura 9. Toneladas de caña molida y de azúcar producido en la agroindustria azucarera colombiana en 2008 y 2009. Datos de trece ingenios.

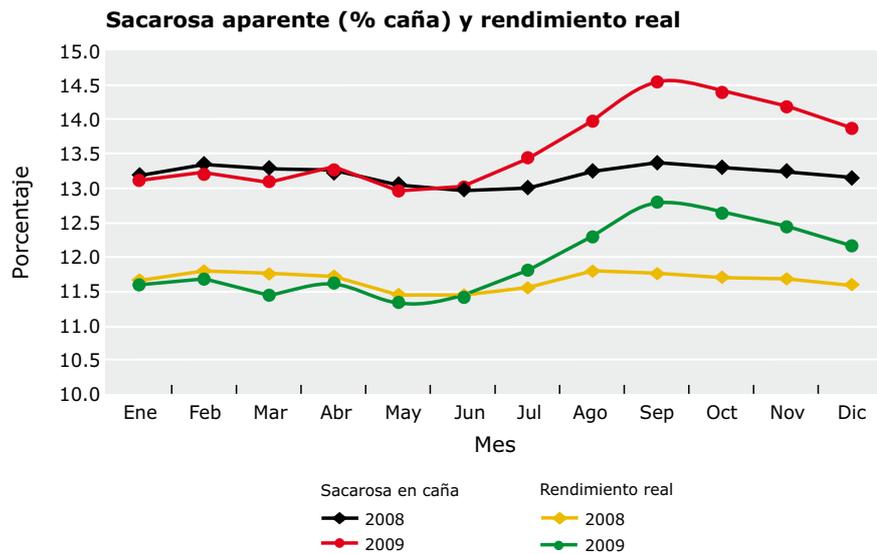


Figura 10. Sacarosa aparente (% caña) y rendimiento real en azúcar (99.7° Pol, %) en la agroindustria azucarera colombiana en 2008 y 2009. Datos de doce ingenios.

Por su parte, la media anual de fibra industrial (% caña) disminuyó en 0.15 unidades porcentuales y alcanzó un valor de 14.88% (Figura 11, Cuadro 2); los sólidos insolubles cuantificados en el jugo diluido, que hacen parte de la fibra industrial, disminuyeron de 1.75% a 1.19% como consecuencia del tiempo seco predominante en el 2009. Sin embargo, este incremento no se evidenció en un menor valor de bagazo (% caña). Fue así como, no sólo por el mayor contenido de bagazo (% caña) sino además por el incremento de la sacarosa en el bagazo, las pérdidas de sacarosa en bagazo (% sacarosa en caña) aumentaron desde 4.05% hasta 4.34%. De otro lado, la extracción directa, que mide la eficiencia en la recuperación de sacarosa en los molinos, también disminuyó, lo cual se asocia, en parte, con las mayores tasas de molienda que representan un mayor contenido de fibra procesada por unidad de tiempo.

Las pérdidas en miel final (% sacarosa en caña) se incrementaron en 0.43 unidades porcentuales con respecto al 2008 y alcanzaron un valor de 6.25% en 2009. Este incremento está asociado con la disminución en la pureza del jugo diluido que bajó en 0.61 unidades porcentuales, lo cual representa un contenido mayor de compuestos diferentes a sacarosa (no sacarosa) que entraron a las fábricas (Cuadro 2, Figura 12).

En el 2009, con excepción de las pérdidas de sacarosa en cachaza, los incrementos en las pérdidas en bagazo y miel final junto con las pérdidas indeterminadas hicieron que disminuyera la eficiencia en la recuperación de sacarosa en las fábricas; de 88.75 kg de sacarosa recuperados por cada 100 kg de sacarosa (% caña) en el 2008, se pasó a 88.14 kg en el 2009.

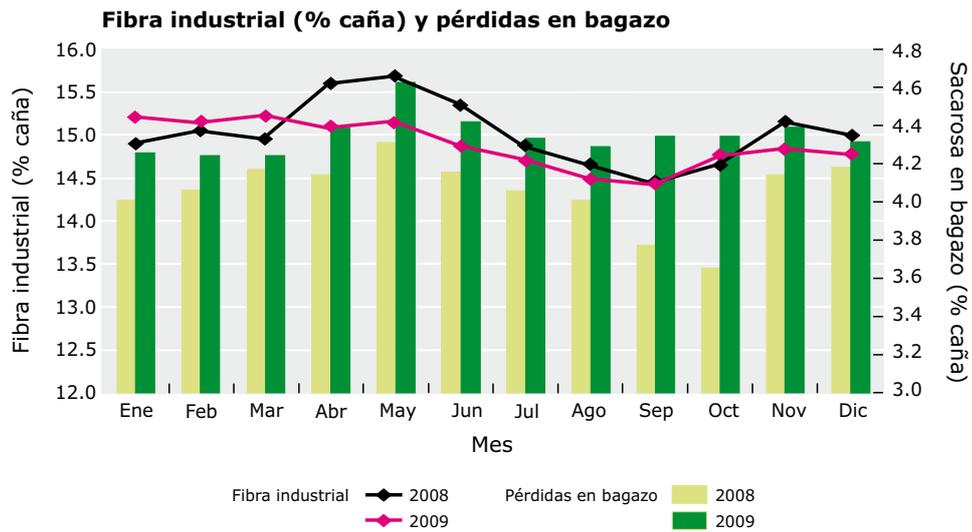


Figura 11. Fibra (% caña) y pérdidas de sacarosa en bagazo (% caña) en la agroindustria azucarera colombiana en 2008 y 2009. Datos de doce ingenios.

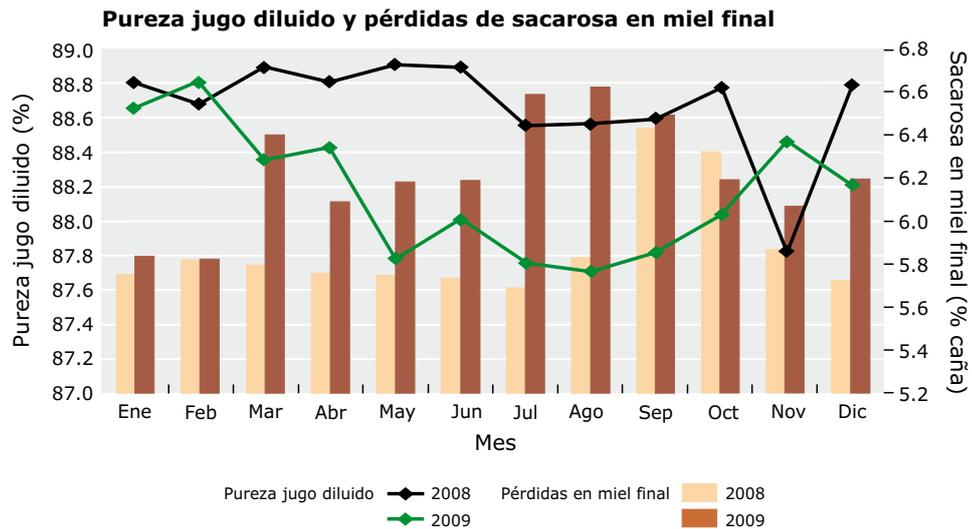


Figura 12. Pureza del jugo diluido (% caña) y pérdidas de sacarosa en miel final (% caña) en la agroindustria azucarera colombiana en 2008 y 2009. Datos de doce ingenios.





Parcelas de variedades de caña de azúcar en proceso de selección, en la Estación Experimental de Cenicaña.

Agricultura específica por sitio (AEPS)

La agricultura específica por sitio se define como el arte de realizar las prácticas agronómicas requeridas por una especie vegetal de acuerdo con las condiciones agroecológicas del sitio donde se cultiva, para obtener de ella su rendimiento potencial.

Las actividades se realizan en el marco del Proyecto AEPS, que comenzó en 2001 y que en 2009 inició la cuarta fase de desarrollo. De acuerdo con la organización del proyecto, la experimentación planteada para alcanzar los objetivos propuestos está a cargo de los programas de investigación de variedades, agronomía y fábrica, así como del servicio de cooperación técnica y transferencia de tecnología, instancia responsable de la coordinación general.

En 2009 se establecieron los sitios experimentales para la validación de paquetes de manejo agronómico con el enfoque AEPS de acuerdo con los suelos presentes en cada suerte. En los mismos sitios se estudian las causas de la variabilidad de la producción intrasuerte mediante la caracterización de los suelos, sus condiciones de humedad y la climatología del sitio. A través del seguimiento de los factores asociados con la productividad se está documentando el diagnóstico acerca de la forma en que determinados factores limitan o reducen el desarrollo y la producción de la caña de azúcar en cada suerte.

También se seleccionaron los sitios donde se lleva a cabo un proceso exploratorio, con el objetivo de desarrollar una metodología que pueda ser adoptada por Cenicaña para el seguimiento sistemático de la ubicación de variedades de caña y para complementar la información acerca del manejo agronómico de las variedades en cada zona.

El proyecto de agricultura específica por sitio se integra con los estudios sobre monitoreo del cultivo por medio de la percepción remota. Durante 2009 se avanzó en el trabajo de campo y en el análisis de información a fin de determinar los patrones espectrales del cultivo y el rango espectral de discriminación para diferentes tratamientos de fertilización, riego y maduración en la caña de azúcar.



El reto es conseguir la adopción de prácticas sostenibles de acuerdo con el enfoque de agricultura específica por sitio, que contribuyan a mejorar la productividad y la rentabilidad de las unidades productivas, con un balance ambiental positivo.

Cenicaña integra este enfoque en los procesos de investigación, desarrollo tecnológico, validación y transferencia de tecnología agrícola, de acuerdo con la cuarta zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.

El Proyecto AEPS

En el primer semestre de 2009 se inició la cuarta fase del Proyecto AEPS, en la cual se cuenta con cofinanciación de Colciencias. El objetivo general del proyecto es crear y asegurar la adopción y el impacto de tecnologías limpias, específicas para diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas, con el fin de mejorar la competitividad del sector azucarero en el largo plazo y contribuir al desarrollo económico de la región.

A continuación se resumen los avances destacados de las actividades dirigidas al logro de los objetivos específicos planteados en la cuarta fase. Los aspectos relacionados con el objetivo de validar paquetes tecnológicos por zona agroecológica mediante la investigación participativa con productores se presentan en la página 81, como parte de las actividades enmarcadas en la segunda etapa de desarrollo de la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT).

Validación de paquetes tecnológicos con enfoque AEPS por suerte de caña según la heterogeneidad de los suelos presentes

El objetivo es validar paquetes tecnológicos con enfoque AEPS, definidos de acuerdo con los distintos tipos de suelos presentes en una suerte de caña. Para la selección de los sitios de validación se utilizaron las bases de datos geográficos y de producción comercial disponibles en Cenicaña. En primera instancia se identificaron las suertes plantadas con caña de azúcar en el valle del río Cauca que tienen influencia de por lo menos dos zonas agroecológicas (cuarta aproximación) y que además se caracterizan por producciones históricas contrastantes en términos de toneladas de caña por hectárea (TCH) y toneladas de azúcar por hectárea (TAH). Luego se seleccionaron tres pares de suertes con esas características y se definieron los tratamientos de validación. Los sitios experimentales fueron sembrados durante 2009

y se está llevando un registro detallado de los costos de producción con el objeto de evaluar los tratamientos por productividad y rentabilidad.

Los pares de suertes son: (a) Primer par: suerte San Rafael 261 de Riopaila Castilla (planta Castilla) y suerte Rosario 95 del Ingenio Manuelita, ambas con influencia de las zonas agroecológicas 11H1 y 15H1. (b) Segundo par: suerte Hacienda Real 6 del Ingenio Manuelita y suerte Santa Helena 080 de Riopaila Castilla (planta Castilla), ambas con influencia de las zonas agroecológicas 11H1 y 6H1. (c) Tercer par: suertes Peralonso 121 y 320 de Riopaila Castilla (planta Riopaila), con influencia de las zonas agroecológicas 10H3 y 14H1.



Validación de prácticas de agricultura específica por sitio y su comparación con las prácticas del ingenio. Suerte Santa Helena 080, Riopaila Castilla (planta Castilla).

Se establecieron dos tratamientos con cuatro repeticiones, así: (a) Tratamiento homogéneo o convencional, en el que se aplican prácticas agronómicas utilizadas convencionalmente por los productores, sin diferenciar el manejo agronómico por zona agroecológica. (b) Tratamiento diferenciado, en el que se aplican paquetes tecnológicos con enfoque AEPS diferenciados según los suelos presentes en cada suerte y sus condiciones de humedad; además de la variedad de caña, las prácticas diferenciadas incluyen la preparación de los suelos, la densidad de siembra, la fertilización y el riego, definidas de acuerdo con las características de cada zona agroecológica.

Diagnóstico de las causas de la variabilidad de la producción intrasuerte

El objetivo es determinar la variabilidad de la producción intrasuerte, diagnosticar las causas (factores reductores y limitantes de la producción), identificar soluciones y aplicar medidas correctivas que mejoren la productividad. Las evaluaciones se llevan a cabo en las mismas seis suertes donde se sembraron los experimentos de validación con enfoque AEPS indicados en los párrafos precedentes: pares de suertes con productividad contrastante donde coinciden las zonas agroecológicas 11H1 y 15H1 (primer par), 11H1 y 6H1 (segundo par) y 10H3 y 14H1 (tercer par).

De acuerdo con los objetivos del diagnóstico, en cada sitio experimental y durante la cosecha del último corte, en cada punto de alce se registraron las coordenadas geográficas y el peso de la caña para luego elaborar los correspondientes mapas temáticos acerca de la variabilidad de la productividad intrasuerte.

Para el análisis de las causas que afectan los resultados productivos dentro de cada suerte se están revisando los valores medios diarios de la temperatura, la radiación solar y la precipitación, así como los valores de la evapotranspiración actual del cultivo según la evaporación calculada. Con este fin se utilizan los registros de las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) y los pluviómetros de influencia en cada suerte. De acuerdo con los criterios definidos para el análisis, el clima se considera como un factor limitante de la producción, junto con la variedad de caña de azúcar.

En cuanto a la evaluación de los factores reductores de la productividad se analizan la disponibilidad de agua aprovechable por el cultivo en las distintas etapas de desarrollo de la caña, la profundidad de nivel freático, el drenaje, la disponibilidad de nutrientes, el tipo de suelo, la nivelación de tierras, la siembra (densidad y calidad de semilla), las labores de preparación, el control de malezas, el control de plagas y enfermedades, la época de cosecha y la edad de corte.

Con el fin de fundamentar el diagnóstico de los factores limitantes y reductores que influyen en la productividad en cada suerte, luego de la última cosecha se realizó el reconocimiento de los suelos para verificar su coincidencia con la clasificación derivada de los estudios detallados respectivos. Sobre la cartografía básica de cada suerte se hizo una cuadrícula de 25 m x 25 m y en cada punto se tomaron datos de altimetría y muestras de suelo para el análisis químico y la determinación

de las propiedades físicas de textura, densidad aparente y real, porosidad, infiltración y capacidad de retención de humedad a cuatro presiones. Además, en cada sitio experimental se cuenta con una red de seis pozos de observación de la profundidad del nivel freático, variable objeto de seguimiento, requerida para elaborar los mapas temáticos de isobatas e isohipsas que muestran las áreas con capa freática a igual profundidad y la dirección del flujo del agua, respectivamente. Durante el desarrollo de las evaluaciones se hará el seguimiento periódico de las propiedades químicas y físicas de los suelos, con el propósito de analizar las asociaciones entre éstas y las variaciones de la productividad intrasuerte.

Desarrollo de una metodología para el seguimiento de la ubicación de las variedades de caña de azúcar en las zonas agroecológicas

El objetivo es desarrollar una metodología que pueda ser adoptada por Cenicaña para el seguimiento de la ubicación de variedades de caña de azúcar en las zonas agroecológicas dedicadas al cultivo en el valle del río Cauca.

Para abordar el asunto se ha planteado un proceso exploratorio a través del cual se busca caracterizar los principales aspectos relacionados con el manejo agronómico que se realiza en las zonas agroecológicas de mayor influencia en el área sembrada por la agroindustria azucarera, a fin de identificar los factores que pueden estar influyendo en la producción, determinar las causas de producciones inferiores al promedio de la zona y generar recomendaciones que contribuyan a cerrar las brechas en productividad. En particular se espera identificar la forma como el manejo agronómico influye en los indicadores de productividad de una variedad en una zona agroecológica determinada y las asociaciones existentes entre las distintas variedades de caña y los indicadores de productividad de cada zona.

De acuerdo con lo anterior se analizaron los datos históricos de producción (1990 -2008) correspondientes a las dos zonas agroecológicas más representativas en área (6H1 con 36,237 ha y 11H1 con 23,839 ha) y se seleccionaron cuatro suertes por zona (dos suertes en el cuartil más alto de producción y dos suertes en el cuartil más bajo) para llevar a cabo el proceso.

Herramientas AEPS en el sistema interactivo de información en web

El mantenimiento y la actualización de los servicios de información disponibles en el sitio web de Cenicaña, así como el desarrollo de aplicaciones complementarias de apoyo para la toma de decisiones de agricultura específica por sitio, son objetivos que han perdurado en todas las fases de desarrollo del proyecto AEPS.

En el último año se pusieron a disposición de los usuarios nuevas versiones del Sistema Experto de Fertilización (SEF) y el Servidor de Mapas, en el cual se incluyeron las áreas vinculadas con la agroindustria en 2009 y se actualizaron otras donde se realizaron estudios detallados de suelos; el total actualizado corresponde a 8 mil hectáreas relacionadas con 248 unidades productivas (haciendas). En el servicio de Mapas Meteorológicos de la RMA se adicionaron opciones de consulta de las variables climatológicas en series de diez días y series anuales, así como nuevas consultas acerca de las anomalías de las variables climatológicas con respecto a los

valores habituales en la región. Se publicó un nuevo boletín meteorológico para el seguimiento diario a la precipitación y se comenzó a ofrecer el servicio de consultas a la estación base de GPS (sistema de posicionamiento global, por su sigla en inglés) ubicada en un punto fijo en la Estación Experimental de Cenicaña, con el fin de que los usuarios de GPS móvil puedan hacer la corrección diferencial de las coordenadas geográficas registradas con los equipos portátiles.

Lámina de agua rápidamente aprovechable: actualización de la tabla de referencia



Determinación de la capacidad de campo, dato necesario para el cálculo de la LARA.

Como un complemento de la información derivada de los estudios detallados de suelos y con fines de referencia para calcular el balance hídrico y programar los eventos de riego en el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, Cenicaña estimó los valores de la lámina de agua rápidamente aprovechable (LARA) de 72 suelos que representan cerca de 143 mil hectáreas, de acuerdo con dos etapas de desarrollo de la caña: entre 2 y 4 meses de edad y entre 4 y 10 meses. Para iniciar el cálculo del balance hídrico se pueden utilizar los valores estimados, en tanto se hacen las determinaciones de las constantes de humedad y se calcula la LARA real en el sitio de cultivo. Con el uso de la LARA real se contribuye verdaderamente al manejo adecuado del recurso hídrico.

Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar por medio de la percepción remota

Este proyecto se desarrolla con la cofinanciación de Colciencias. El objetivo principal es determinar los patrones espectrales del cultivo y el rango espectral de discriminación (longitudes de onda) para diferentes tratamientos de fertilización, riego y maduración en la caña de azúcar. Mediante la experimentación se busca identificar los sistemas satelitales requeridos para el seguimiento continuo del cultivo. Las evaluaciones de campo se realizan en sitios experimentales durante dos ciclos de cultivo.

Durante 2009 se tomó información con un espectrorradiómetro de campo en dos experimentos en los que se evalúan cinco tratamientos de fertilización correspondientes a: Nitrox (100 kg /ha y 200 kg/ha), urea (100 kg/ha y 200 kg/ha) y un testigo sin aplicación.

Las regiones que mostraron valores significativos mayores al F crítico (3.007) fueron: límite del rojo (699 y 707 nm), seguido de la región roja (628-640 nm), el infrarrojo cercano NIR (750-930 nm) y el verde (560-590 nm). Se observan diferencias notables en la región NIR debido a la presencia de mayor follaje expresado en un mayor índice de área foliar para los tratamientos de Nitrox 200 kg/ha, urea

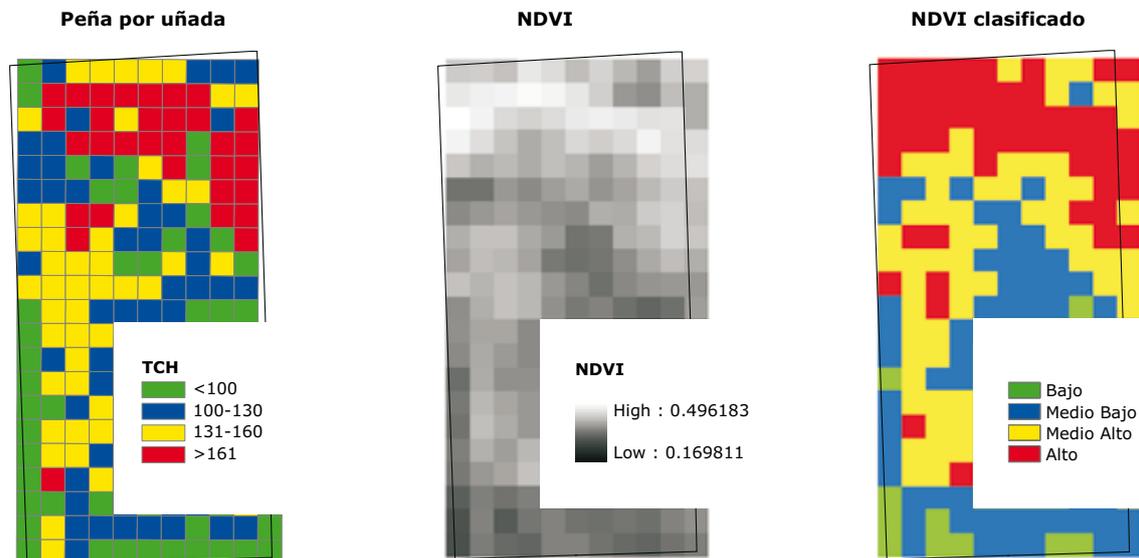
200 kg/ha y Nitrox 100 kg/ha, en comparación con el tratamiento de urea 100 kg/ha y el testigo. Los mayores valores de índice de área foliar y clorofila se lograron con el tratamiento de Nitrox 200kg/ha; en condiciones de alta humedad el cultivo respondió mejor al Nitrox que a la urea, como era de esperarse.

Hasta el momento, los satélites LDCM (*Landsat Data Continuity Mission*), *Rapideye* y DMC (*Disaster Monitoring Constellation*) han presentado al menos tres bandas con diferencias significativas, lo cual indica que estos sistemas de percepción remota son útiles para el seguimiento del cultivo y la detección de diferencias de nitrógeno o contenido de clorofila en el follaje.

Generación de mapas temáticos en tiempo real

Como un complemento de los sistemas automáticos configurados por Cenicaña para la generación de mapas temáticos de productividad en tiempo real, en 2009 se puso a disposición de los usuarios una plataforma basada en web para el registro y el almacenamiento de los mapas, con funcionalidades como la opción de modificar el tamaño del píxel para facilitar el cruce con productos de imágenes satelitales, por ejemplo el NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) y su análisis posterior (Figura 13).

Ajuste de tamaño de píxeles de acuerdo con la grilla de referencia de imágenes de satélite



Área cosechada: 19.3 ha. Dos alzadoras y 2700 uñadas

Figura 13. Mapa de productividad generado usando alzadoras instrumentadas con sistema de pesaje y su relación con el NDVI obtenido por medio de imágenes Landsat 7 ETM+. El análisis es posible gracias a la funcionalidad de la nueva plataforma basada en web que permite cambiar el tamaño del píxel en los mapas generados en tiempo real.

Corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica (CATE)

El objetivo general de los proyectos relacionados con el sistema CATE es mejorar los estándares tecnológicos y la logística del sistema para disminuir los costos de producción y obtener mejoras económicas en el sector productivo.

Las áreas de investigación y desarrollo tecnológico ordenadas para el logro de este objetivo son: cosecha, campo y cosecha, transporte y recepción de caña y, logística del sistema.

Los proyectos respectivos se llevan a cabo con la cooperación de profesionales y técnicos de campo, cosecha y fábrica de los ingenios azucareros, expertos académicos de universidades locales y representantes de empresas fabricantes de maquinaria y equipos en Colombia. La coordinación general está a cargo del servicio de transferencia de tecnología de Cenicaña con el apoyo científico y técnico en la formulación y el desarrollo de los proyectos de los programas de investigación de variedades, agronomía y procesos de fábrica.

En 2009 se continuó la caracterización de cuatro tipos de llantas que se utilizan en los vagones de transporte de caña y se desarrolló un programa de computador con el fin de simular los esfuerzos causados en la masa de suelo a lo ancho de la sección pisada por la llanta y hasta la profundidad indicada. Los esfuerzos simulados fueron validados mediante pruebas de campo.

Al finalizar el año se contaba con la ingeniería básica requerida para el diseño estructural de prototipos de vagones de transporte de caña de mínimo peso, de forma que se adelantaron las gestiones para continuar el desarrollo de la ingeniería de detalle para la construcción de un prototipo de vagón de descarga alta y varios prototipos de vagón de descarga lateral, todos ellos para uso exclusivo como vagones de transporte. También se validaron los resultados de la evaluación técnica y económica realizada antes acerca de la logística y el comportamiento de la operación de alce con vagones de autovolteo, así como el modelo teórico de consumo de combustible en el transporte de caña y su evaluación económica.



El principal reto es mejorar la eficiencia económica del sistema de corte, alce, transporte y entrega de caña en fábrica, para lo cual se avanza en el diseño estructural de vagones de mínimo peso y uso exclusivo para transporte.

El sistema propuesto tiene ventajas debido a que se evitan los esfuerzos y la compactación inducidos en el suelo por el tránsito de vagones cargados en el campo de cultivo y se disminuye el consumo de combustible en el transporte, con oportunidades para mejorar la logística integral del sistema.

Campo y cosecha

Los objetivos específicos en campo y cosecha son mejorar las condiciones de campo y las operaciones de los sistemas de cosecha con el fin de contribuir a la eficiencia del sistema CATE.

Identificación de los impactos de los equipos de cosecha en la compactación del suelo

Las evaluaciones sobre equipos de cosecha y compactación de suelos se realizan con el objetivo de formular propuestas alternativas para reducir la compactación en condiciones de suelo seco y suelo húmedo. De acuerdo con lo programado, en el último año se hizo la caracterización de cuatro tipos de llantas usadas en vagones de transporte de caña a tres presiones de inflado, se midieron los esfuerzos en el suelo y la compactación inducidos por los equipos de cosecha y se desarrolló un programa de simulación de los esfuerzos causados en la masa de suelo.

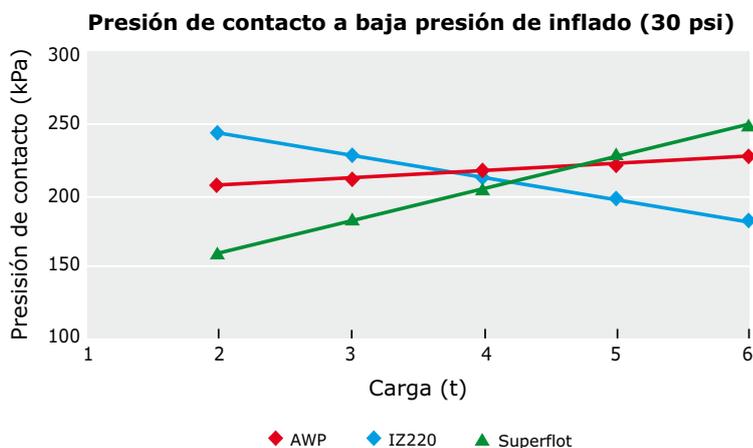
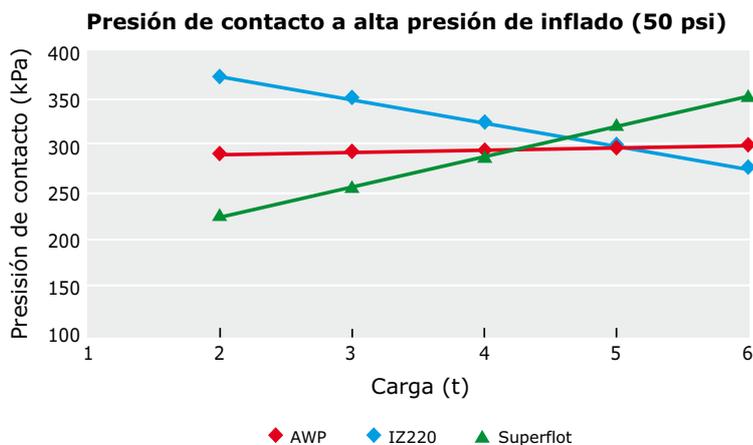


Figura 14. Efecto del tipo de llanta, la presión de inflado y la carga sobre la presión de contacto.

Para la caracterización de las llantas se determinó el efecto de la presión de inflado y la carga en el área de la huella y la presión de contacto. La evaluación se llevó a cabo con vagones HD12000 equipados con llantas *All Weather Plus* (AWP-560/80D26), IZ220 (23.1-26) y Tractocañera (23.1-26) y con un vagón de autovolteo con llantas Superflot (600/55R22.5). Se obtuvieron 45 relaciones en las que intervienen cargas, áreas de contacto, presiones de inflado, deflexión vertical de la llanta y presiones de contacto. En la Figura 14 se muestra la interacción entre las presiones de contacto y las cargas para tres tipos de llantas a dos de las presiones de inflado evaluadas. Para cargas inferiores a 4.5 toneladas la llanta Superflot fue la mejor alternativa con respecto a la compactación inducida, debido a que generó menores presiones de contacto, mientras las llantas IZ220 y AWP fueron mejores opciones para cargas mayores.

Las relaciones obtenidas se utilizaron para alimentar el programa de computador desarrollado con el fin de simular los esfuerzos causados en la

masa de suelo a lo ancho de la sección pisada por la llanta y hasta la profundidad deseada. Los esfuerzos simulados fueron validados mediante pruebas de campo ejecutadas con vagones HD12000 equipados con los cuatro tipos de llantas a las tres presiones de inflado. En la Figura 15 se muestra la variación de los esfuerzos simulados según la profundidad y su comparación con los esfuerzos medidos y causados a profundidades de 10 cm, 30 cm, 50 cm y 70 cm por el vagón HD12000 cargado con caña larga y equipado con llantas AWP (piña) infladas a 30 psi y carga de 4.5 t/llanta. Las mediciones se realizaron en un suelo Vertic Haplustolls de familia textural limosa fina de la zona agroecológica 15H0. Para el conjunto de pruebas realizadas se presentaron diferencias del 7-12% entre los esfuerzos simulados y los medidos.

Con el fin de caracterizar los equipos de cosecha en relación con los esfuerzos causados, se realizaron mediciones en suelos Pachic Argiustoll de familia textural francosa fina (zona agroecológica 11H1), Pachic Haplustolls y Fluventic Haplustolls de familia fina (zonas 11H1 y 11H0) y Typic Haplusters de familia fina y arcillosa sobre esquelética arcillosa (zonas 26H1 y 6H1). Se midieron los esfuerzos causados por un tractor John Deere JD8100®, una cosechadora JD3510®, una alzadora Cameco 2500® y vagones HD12000, HD20000 y Caucaseco



Sensores instalados a diferentes profundidades.

a cuatro profundidades (en cm: 10, 30, 50 y 70) y en condición seca (humedad promedio de 20% en el perfil de 0-60 cm); cada equipo transitó sobre sensores instalados a dichas profundidades en calicatas escalonadas. De acuerdo con las evaluaciones, el nivel de compactación del suelo se incrementó con el paso sucesivo de los equipos. Con un tren de cosecha de cinco vagones HD12000, el tractor crea esfuerzos de magnitud tolerable; el mayor incremento se presentó al paso del eje delantero del primer vagón y fue aumentando a medida que los ejes restantes pasaron sobre la batería de sensores. Finalmente se presentó un incremento del 24% entre el paso del eje inicial y paso del eje final del tren de vagones.

En la siguiente fase del proyecto se establecerán experimentos en los cuales se tendrán como tratamientos los diferentes tipos de vagones utilizados en la cosecha de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, a fin de determinar el impacto económico de la compactación.

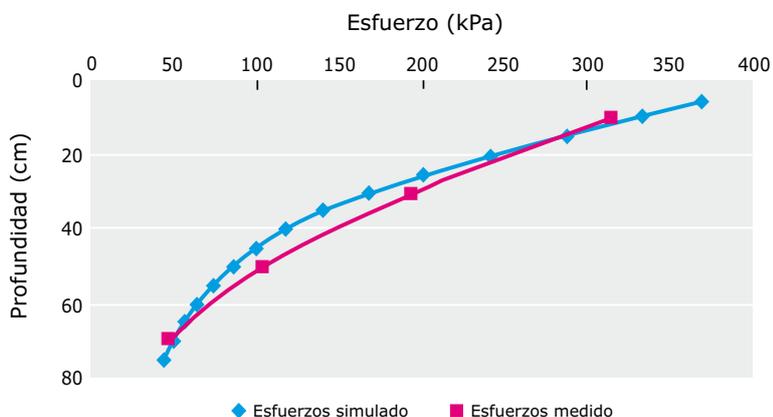


Figura 15. Comparación entre los esfuerzos medidos y los simulados.

Transporte y recepción de caña

La estrategia propuesta para mejorar los estándares tecnológicos y la eficiencia del transporte y la recepción de caña en las fábricas se centra en el desarrollo de prototipos de vagones de mínimo peso y su integración en la logística del sistema CATE, con base en lo cual se espera disminuir los costos de transporte y mejorar la eficiencia económica global de las operaciones agroindustriales relacionadas.

Los avances en el proceso de desarrollo tecnológico durante 2009 se refieren a la validación de un modelo teórico elaborado para la predicción del consumo combustible en vehículos de transporte de caña, el desarrollo de un modelo de simulación logística de la cosecha y el transporte y la definición de los parámetros de la ingeniería básica para el desarrollo de la ingeniería de detalle que se usará en el diseño de vagones de descarga alta y descarga lateral y su construcción posterior. Las actividades se realizaron en cooperación con el Ingenio Providencia (ingenio piloto).

Validación del modelo teórico de consumo de combustible en el transporte de caña y su evaluación económica

Mediante la instrumentación de un tractor CASE 9230® con un contador de flujo de combustible, un dinamómetro de tiro y un GPS, en el ingenio piloto se hicieron mediciones experimentales del consumo de combustible, la fuerza de tiro y la velocidad de desplazamiento durante un ciclo completo de transporte y durante el recorrido en un circuito interno del ingenio. El propósito de las evaluaciones fue validar el modelo teórico propuesto por Ascúntar (2008) para hallar la relación entre la disminución del peso transportado y el consumo de combustible y estimar así el impacto correspondiente en los costos de transporte.

Las pruebas experimentales muestran que al disminuir en 10% la tara del tren de vagones se reduce en 5% el consumo de combustible, resultados que validan el modelo teórico. La disminución de la tara de los equipos de transporte contribuye a reducir el costo de la operación y el efecto es aun mayor cuando se combina con el aumento de la capacidad de carga del tren. En la estructura de costos para la valoración económica de la operación del tractor (costo operativo del equipo) se incluyen el pago al operario de la máquina y los gastos en suministros, reparaciones, combustible, lubricantes y llantas.

Modelo de simulación logística del sistema CATE

Con el objetivo de determinar la capacidad volumétrica óptima de un vagón de transporte de caña con la cual se consiga reducir al mínimo el costo de operación del sistema CATE, se perfeccionó un modelo de simulación logística en el cual se utilizan como herramienta base del análisis la simulación discreta y como estrategia metodológica principal las redes de Petri. Con el aplicativo se generan modelos gráficos del comportamiento dinámico del sistema, donde se expresan los procesos que requieren sincronía; para la simulación se tiene en cuenta la interacción de cada evento logístico con los demás eventos que ocurren en el sistema.

Con el modelo es posible obtener una simulación dinámica diaria de la cosecha para un ingenio y con distintas opciones de capacidad de los vagones. El propósito es identificar las opciones de mejor comportamiento en cuanto a los costos logísticos de la cosecha durante un período de simulación definido. Esto significa que por medio de experimentaciones sucesivas se puede establecer el orden jerárquico de los vagones de acuerdo con los costos logísticos de cosecha (\$/t).

En el desarrollo del nuevo modelo se analizaron y actualizaron los diagramas de proceso y se construyeron las redes de Petri para las siguientes actividades: tiro directo-caña larga; cadeneo-caña picada; cadeneo-caña larga; autovolteo-caña picada; descargue en patio con avance y descargue en patio sin avance.

Diseño de vagones de transporte y construcción de prototipos

Al finalizar 2009 se contaba con la ingeniería básica requerida para el diseño estructural de prototipos de vagones de transporte de caña de mínimo peso, parte de la estrategia propuesta para mejorar la eficiencia económica del sistema CATE.

Los planos correspondientes a la ingeniería básica fueron elaborados por Cenicaña con base en pruebas experimentales y evaluaciones comerciales realizadas en el ingenio piloto y mediante el uso de los modelos de simulación configurados en el proceso. Para el desarrollo de la ingeniería de detalle de un vagón de

descarga alta de mínimo peso se ha establecido un proyecto cooperativo con una empresa que se encargará del diseño estructural y la construcción de un prototipo de vagón. En el otro caso, varias empresas elaborarán la ingeniería de detalle y construirán vagones prototipo de descarga lateral que serán evaluados en pruebas de campo en un ingenio piloto.

¿Por qué un vagón sólo para transporte y que no ingrese a las suertes?

La estructura de un vagón que se carga con autovolteo y que se usa únicamente para el transporte de la caña es menos exigente y por lo tanto menos robusta que la de un vagón que debe ingresar al campo para ser cargado con ñadas de caña acomodadas por el brazo mecánico de una alzadora. De acuerdo con las simulaciones basadas en datos experimentales y comerciales, al disminuir el peso del vagón de transporte se puede aumentar su volumen y por tanto transportar más caña con igual consumo de combustible (ahorro) y menor costo por tonelada transportada.

Además, con el uso de llantas de camión se reduce el costo causado en este rubro, mientras que por dejar de entrar con los vagones al campo se disminuyen los esfuerzos sobre los vagones, los costos de mantenimiento de los equipos, la compactación inducida en el suelo y el daño directo en las cepas de caña, con los efectos consecuentes en términos de productividad, rentabilidad y sostenibilidad. Todo lo anterior se suma al hecho de que se usa menos acero para transportar igual cantidad de caña o más.

Las evaluaciones técnicas y económicas de la logística de transporte con vagones de autovolteo y caña picada confirman que este sistema contribuye a disminuir en cerca de 12% el costo de la tonelada de caña cosechada en comparación con el sistema de cadeneo.

Entre los aspectos principales de la ingeniería básica para conseguir el objetivo de mínimo peso de cada vagón se considera, además del diseño estructural óptimo, el uso de aceros de alta resistencia para su construcción y el uso de llantas camioneras, así como la dedicación exclusiva del vagón para transporte, es decir, sin operación dentro de las suertes y con operación de trasbordo de caña desde vagones de autovolteo en áreas adecuadas como bahías de cargue.

La capacidad óptima del vagón de transporte fue determinada mediante el uso del modelo de simulación logística del sistema CATE y para ello se probaron distintos niveles de capacidad del vagón hasta hallar el escenario de cosecha que presenta el costo mínimo por tonelada de caña cosechada. En ambos tipos de vagones (descarga alta y descarga lateral) la mejor opción corresponde a una capacidad de 24 toneladas de caña picada (densidad de 374 - 400 kg/m³) y una relación mínima permisible de 2.66 (peso caña/peso acero) si el peso del vagón es de 9 toneladas o menos.

En el caso del vagón de descarga lateral se considera una disminución potencial del tiempo requerido para la descarga de caña en fábrica, en comparación con la descarga alta, siempre y cuando las condiciones de descarga y la tasa de molienda lo permitan. La afirmación se basa en los resultados de mediciones directas hechas con un vagón prototipo de concepto de descarga lateral tipo 12000, entre otros antecedentes.

Mediante simulaciones con el método de elementos finitos se determinaron las estructuras óptimas del chasis y la canasta para el vagón de descarga alta y para el vagón de descarga lateral, de forma que se logró, en ambos casos, una reducción potencial de aproximadamente el 20% del peso de un vagón HD 20000 convencional (Figura 16).

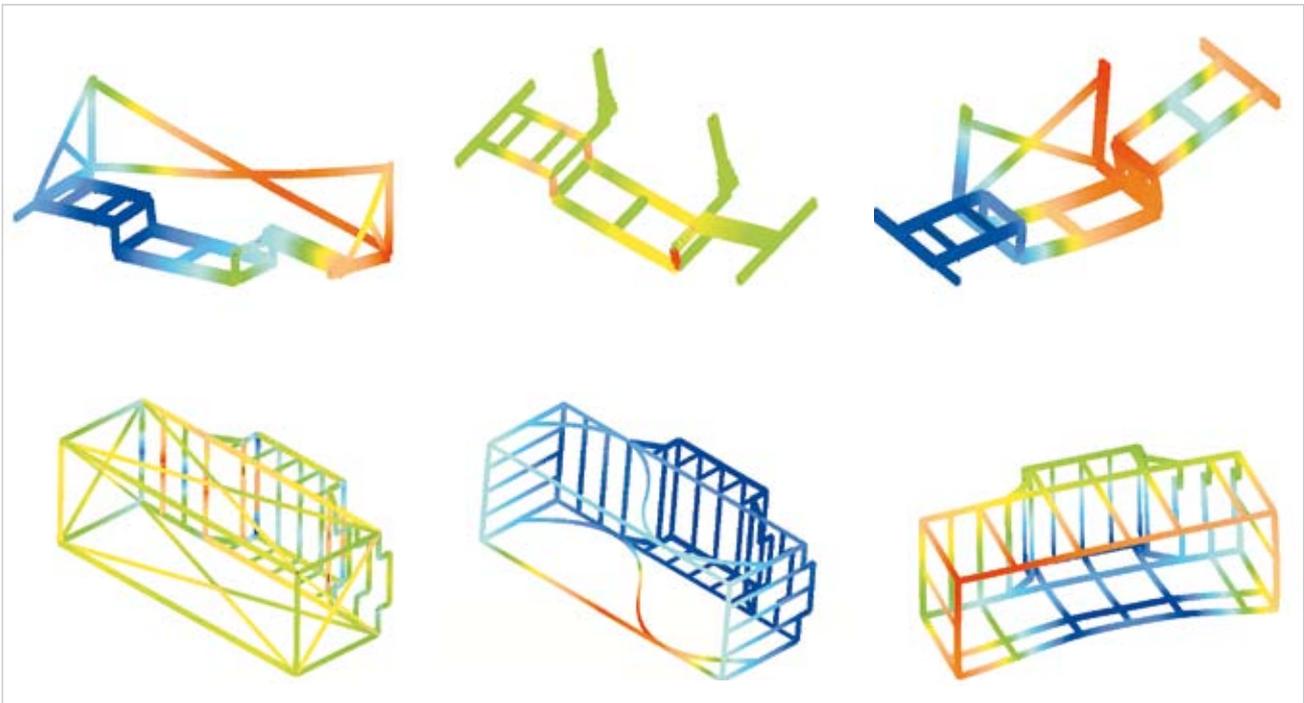


Figura 16. Algunas simulaciones del chasis y la canasta para un vagón de descarga alta elaboradas con el método de elementos finitos.

Logística del sistema

El objetivo de las actividades es caracterizar la logística integral del sistema CATE para definir y evaluar los indicadores relacionados y desarrollar modelos simulación.

Durante 2009 se validaron los resultados de la evaluación técnica y económica realizada antes acerca de la logística y el comportamiento de la operación de alce con vagones de autovolteo y trasbordo a vagones de transporte en comparación con las operaciones de cadeneo con vagones HD 20000, con caña picada de la cosecha mecanizada. Además se inició el estudio de la logística del sistema de autovolteo con caña larga cosechada manualmente.

Validación de resultados acerca de la logística del autovolteo

El uso de vagones de autovolteo para el alce de la caña en el campo y su trasbordo posterior a vagones de transporte HD 12000, HD 20000 y HD 30000 no sólo contribuye a disminuir los costos de producción por ahorros en las operaciones de cosecha y transporte sino que, al utilizar vagones más livianos para ingresar a las suertes, con una carga por eje menor, se reduce el efecto negativo que pueden causar los equipos de cosecha en el campo de cultivo, tanto por compactación del suelo como por daño directo sobre las cepas, especialmente cuando las operaciones se realizan en condiciones de alta humedad en el suelo.

Para la validación de las evaluaciones técnicas y económicas realizadas en 2008 sobre la logística de la cosecha mecanizada con alce en vagones de autovolteo y vagones HD 20000, en el ingenio piloto se registraron los datos de tiempos y movimientos en 604 ciclos de cargue de caña. En el análisis se utilizaron los datos de 561 ciclos, de los cuales 307 ciclos correspondieron a vagones de autovolteo (ciclos >45 minutos) y 254 ciclos, a vagones HD 2000 (cadeneo, ciclos >60 minutos).

Se validaron los resultados encontrados en la primera evaluación y se confirmó que el sistema de autovolteo contribuye a disminuir en cerca de 12% el costo de la tonelada de caña cosechada en comparación con el sistema de cadeneo.



Variedad CC 93-4418 en el Ingenio Mayagüez.

Programa de Variedades

Misión: Obtener variedades de caña de azúcar que expresen su potencial genético en ambientes definidos y con un manejo agronómico adecuado al enfoque de la agricultura específica por sitio, con el fin de mejorar la productividad y la rentabilidad del cultivo.

Los procesos de mejoramiento genético se llevan a cabo desde 2001 en tres ambientes que caracterizan las zonas agroecológicas identificadas para el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Así, se tienen sitios experimentales en ambientes definidos por las zonas secas-semisecas, húmedas y de piedemonte, donde se evalúan en tres estados de selección los clones obtenidos mediante cruzamientos controlados. Los genotipos destacados se siembran en la prueba regional correspondiente y luego de tres cortes se establecen áreas semicomerciales para complementar las recomendaciones acerca de los sitios de siembra y las particularidades del manejo agronómico de las variedades promisorias que se ofrecen al sector productivo. En 2009, a partir de yemas extraídas se suministraron cerca de 520 mil plántulas de 24 variedades para el establecimiento de semilleros básicos libres de patógenos.

Con respecto a las aplicaciones de biotecnología se determinó la diversidad genética del banco de germoplasma y se identificaron oportunidades para ampliar la base genética en los procesos de fitomejoramiento. De otra parte, continuaron las evaluaciones con el fin de identificar los genes asociados con la resistencia de las variedades a la roya café *Puccinia melanocephala*.

En relación con el diagnóstico de plagas y enfermedades se mantuvieron los servicios respectivos. Se confirmó una vez más la resistencia a la roya café en las variedades CC 85-92, CC 84-75, CC 93-3895 y CC 92-2804, y los beneficios del control biológico del barrenador *Diatraea* con base en la liberación frecuente de sus enemigos naturales.

Para el diagnóstico del virus de la hoja amarilla se estandarizó la técnica molecular de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) en tiempo real, más específica, sensible y de menor costo que la utilizada hasta el momento. En relación con el salivazo *Aeneolamia varia* se avanzó en estudio de hongos entomopatógenos colectados en distintos sitios y en el conocimiento de la biología de la mosca *Salpingoster nigra* como posible agente de control biológico.



Conseguir que las nuevas variedades sean probadas y adoptadas en las unidades productivas de ingenios y proveedores, es un reto inmediato de Cenicaña.

Entre las opciones para zonas secas-semisecas se destaca por su productividad la variedad CC 93-4418, que en 2009 tenía más de 2500 hectáreas sembradas. También en estas zonas, según la prueba regional, sobresalen CC 97-7170, CC 01-1228 y CC 01-678. Por su parte, en las zonas húmedas se destaca la variedad CC 99-2282.

Todas son superiores en productividad al testigo comercial CC 85-92 en los sitios donde han sido evaluadas.

Mejoramiento genético de la caña de azúcar

Diversidad genética y selección de progenitores

Cenicaña posee un banco de germoplasma compuesto por 1354 variedades, el 54% desarrolladas con germoplasma colombiano y el 46% originarias de distintas localidades y programas de mejoramiento del mundo. Este recurso genético constituye la base o punto de partida del proceso de obtención de las nuevas variedades Cenicaña Colombia (CC).

Para caracterizar las variedades del banco de germoplasma y conocer la diversidad genética existente se analizan los atributos morfológicos y agronómicos expresados por los genotipos en condiciones de campo y se hace el análisis molecular del ADN (ácido desoxirribonucleico) mediante el uso de marcadores moleculares. De acuerdo con la diversidad genética disponible se conforman grupos de variedades élite con características de interés, con el fin de escoger los progenitores que deben intervenir en cada cruzamiento.

La meta de cada año es lograr el cruzamiento de variedades con caracteres deseables y buena capacidad de pasar a la descendencia los genes que controlan esas características (alto valor reproductivo), según los objetivos del mejoramiento genético de la caña de azúcar en las zonas secas-semisecas, húmedas y de piedemonte del valle del río Cauca.

La preservación del germoplasma se logra con el mantenimiento de plantas *in vitro*, plantas en campo y ADN extraído. En 2009 ingresaron al banco *in vitro* once variedades importadas para un total de 170 variedades y al banco en campo, seis variedades para un total de 1354.

Inducción de floración y cruzamientos

Desde el año 1981 se realizan cruzamientos dirigidos en la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros, donde se tienen casas de fotoperíodo con el objetivo de inducir mediante luz artificial los procesos fisiológicos necesarios para la producción de inflorescencias. A partir de 2002 también se hacen cruzamientos en la Estación de Hibridación de Tapachula (Chiapas) del Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (C.I.D.C.A.), como resultado del convenio establecido entre Cenicaña y la Cámara de las Industrias Azucarera y Alcohólica de México. Los aportes principales del convenio en el proceso de mejoramiento genético están dados por la disponibilidad de flores viables en variedades de alto valor reproductivo y que no florecen naturalmente en Colombia, y por la calidad de la semilla obtenida de los cruzamientos.

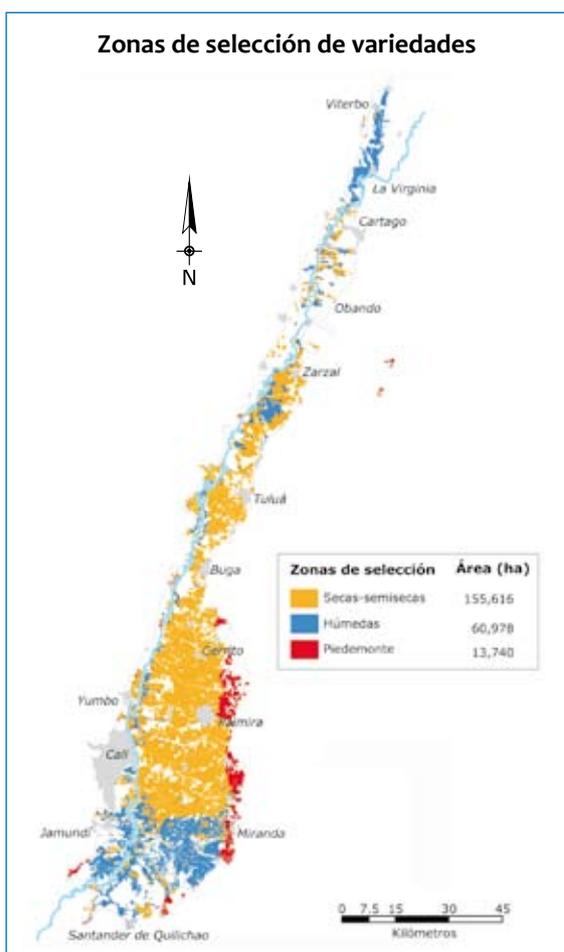
El control de los cruzamientos dirigidos que tendrán lugar en cada sitio se realiza desde 2007 con la ayuda de programas de simulación y selección incorporados en el Sistema de Información de Variedades (SIVAR) (ver página 88). Durante 2009 se llevaron a cabo 109 cruzamientos en Cenicaña y se recibió en Colombia la semilla de 75 cruzamientos hechos en México el año anterior. En el periodo 2002-2008 en

la estación del CIDCA se realizaron 1706 cruzamientos con variedades llevadas por Cenicaña, a partir de los cuales se sembraron en Colombia aproximadamente 600 mil plántulas en experimentos para la selección de los mejores clones; en la Estación Experimental de Cenicaña se hicieron 1873 cruzamientos en el mismo periodo.

Obtención de variedades

A continuación se presenta un resumen de los avances del proceso de selección de variedades CC en las zonas secas-semisecas, húmedas y de piedemonte del valle del río Cauca.

En todo el proceso se mantiene el control sanitario de los semilleros y las parcelas experimentales. Las variedades son seleccionadas por su resistencia a las enfermedades de carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), roya café (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd.) y mosaico (SCMV). La resistencia a plagas y a otras enfermedades como escaldadura, raquitismo y virus de la hoja amarilla es una característica deseable en las nuevas variedades, de forma que los clones con cierto grado de susceptibilidad pueden ser seleccionados por su adaptación y productividad. Cabe anotar que la afirmación de que una variedad es resistente a un patógeno en particular no significa que la variedad sea inmune (ver página 43).



Variedades para zonas secas-semisecas

Los experimentos se ubican en la parte plana del valle del río Cauca, en sitios representativos de las zonas agroecológicas (cuarta aproximación) caracterizados por condiciones de humedad H0, H1 y H2. Las variedades son seleccionadas por su adaptación, buscando aumentar el contenido de sacarosa (% caña) por lo menos en 5% con respecto a la variedad comercial utilizada como testigo y mantener el tonelaje de caña.

Caracterización de variedades y selección de grupo élite para cruzamientos. El objetivo es caracterizar la variabilidad genética existente en el Banco de Germoplasma de Cenicaña en relación con los atributos morfológicos y agronómicos expresados por las variedades en sitios de cultivo de condiciones secas-semisecas, de forma que los mejoradores sumen elementos de juicio para seleccionar las variedades que deben usar en los cruzamientos. Así, mediante evaluaciones de campo y laboratorio se determinaron 39 descriptores morfoagronómicos de 1186 variedades del Banco de Germoplasma y luego de un análisis de agrupamiento se conformaron 12 grupos de variedades con una distancia genéti-

ca de 0.44 (índice de distancia de Ward), con los supuestos de mínima varianza en cada grupo y máxima varianza entre grupos. De cada grupo se escogieron entre 9 y 15 variedades, para un total de 130 variedades seleccionadas. Los cruzamientos se programaron entre grupos de variedades con el objetivo de aprovechar las diferencias genéticas entre ellos. El experimento estuvo localizado en Riopaila Castilla (planta Castilla, lote de comodato, zonas agroecológicas 18H0 y 6H1).

Estado I-2010. Un total de 16,281 clones obtenidos de 156 cruzamientos fueron evaluados en la Estación Experimental de Cenicaña, zonas agroecológicas 6H1 y 30H1, para seleccionar las mejores familias en relación con el contenido de sacarosa (% caña). El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre las familias. Se seleccionaron 56 familias con valores de sacarosa entre 14.84% y 17.39% y media de 15.57%. Entre las familias seleccionadas se hará una selección fenotípica individual de los mejores clones, los cuales pasarán a formar el Estado II.

Estado I-2009. En la Estación Experimental de Cenicaña (zonas agroecológicas 30H0, 11H1, 23H1 y 11H0) y en Riopaila Castilla (planta Castilla, zonas 18H0 y 6H1) fueron evaluados por el contenido de sacarosa (% caña) 24,202 clones de 102 familias. Se seleccionaron 30 familias con valores entre 12.60% y 12.93% y media de 12.75% y entre ellas se seleccionaron 755 clones sobresalientes por sus aspectos fenotípico y fitosanitario y su densidad poblacional. Los clones seleccionados pasaron a formar el Estado II-2009, el cual está sembrado en el Ingenio Manuelita (zona agroecológica 11H1).

Estado II-2008. Se evaluaron 595 clones sembrados en la Estación Experimental de Cenicaña, en la zona agroecológica 6H1. Con base en aspectos fenotípicos y fitosanitarios se hizo una preselección de 275 clones, los cuales presentaron una media de sacarosa (% caña) de 14.10%, con rango entre 10.5% y 17.6%. Finalmente se seleccionaron 120 clones sobresalientes en sacarosa (% caña), con una media de 15.4% (entre 14.6% y 17.6%), los cuales pasarán al estado III de evaluación.

Estado III-2005. En dos localidades se cosechó el primer corte de este experimento compuesto por 71 variedades. Las evaluaciones están previstas en plantilla y primera soca. Los sitios experimentales se encuentran en Riopaila Castilla (planta Castilla, zona agroecológica 30H0) y en el Ingenio Mayagüez (zona 11H0).

De acuerdo con el análisis combinado de los resultados en las dos localidades se destacaron por mayor sacarosa que el testigo e igual tonelaje de caña las variedades CC 05-027 (12% más sacarosa y 11% más TSH), CC 05-481 (9% más sacarosa y 1% más TSH) y CC 05-264 (3% más sacarosa y 1% más TSH). En la zona agroecológica 30H0 (planta Castilla) sobresalieron además las variedades CC 05-145, CC 05-437 y CC 05-440 y en la zona 11H0 (Ingenio Mayagüez) las variedades CC 05-231, CC 05-250 y CC 05-430. Una vez se tengan los resultados del segundo corte se seleccionarán las variedades que serán sembradas en pruebas regionales.

Prueba regional de las series 1997-2001. En esta prueba regional se evalúan 17 variedades en cuatro zonas agroecológicas y seis ingenios durante tres cortes. Los ingenios (y las zonas) son: Incauca (11H3), Manuelita (11H1), Mayagüez (11H1), Providencia (6H1), Riopaila Castilla (planta Riopaila, 15H1) y Sancarlos (6H1).

Con los resultados de todos los sitios en plantilla se identificaron cinco variedades destacadas por presentar TSH superiores al testigo CC 85-92; éstas fueron: CC 01-678 (18% más TSH), CC 97-7170 (11%), CC 01-1228 (11%), CC 01-1484 (8%) y CC 00-3079 (8%). Las tres primeras variedades se destacaron también en el análisis preliminar del segundo corte en cuatro localidades, como se muestra a continuación.

En las cosechas de la primera soca en los ingenios Manuelita, Providencia, Riopaila Castilla (planta Riopaila) y Sancarlos la producción de caña de las nuevas variedades fue consistentemente alta, sin diferencias significativas con respecto a CC 85-92. Por TSH superiores al testigo sobresalieron nuevamente las variedades CC 01-678 (11% más TSH), CC 97-7170 (6%) y CC 01-1228 (5%). Por el contenido de sacarosa (% caña) se destacaron también CC 98-426 (13% más que el testigo) y CC 01-1484 (10% más).

Se presentan los resultados del segundo corte en cada localidad. Las variedades se cosecharon a los 13.7 meses de edad en Manuelita, a los 13 meses en Providencia y Sancarlos y a los 12.8 meses en Riopaila.



Tallos de las variedades CC 01-1228 (izquierda) y CC 85-92 (derecha).

- Ingenio Manuelita, suelo Palmira, zona agroecológica 11H1: las mejores variedades en TSH, con valores significativamente más altos en comparación con el testigo CC 85-92 fueron: CC 01-678 (17% más TSH, 16% más sacarosa % caña y TCH similar), CC 97-7170 (13% más TSH, contenido de sacarosa similar y 5% más TCH) y CC 01-1228 (11% más TSH, 12% más sacarosa % caña y TCH similar). Otras variedades destacadas por el contenido de sacarosa % caña fueron CC 01-746 (superior al testigo en 22%) y CC 00-3191 (superior en 13%).
- Ingenio Providencia, suelos Galpón y Corintians, zona agroecológica 6H1: las mejores variedades en TSH, con valores significativamente más altos en comparación con el testigo CC 85-92 fueron: CC 01-1228 (1% más TSH, 8% más sacarosa % caña y TCH similar) y CC 97-7170 (2% más TSH, 7% más sacarosa % caña y TCH similar). Otras variedades destacadas



Variedad CC 97-7170.

por el contenido de sacarosa % caña fueron CC 98-426 (superior al testigo en 6%) y CC 01-746 (superior en 4%).

- Riopaila Castilla (planta Riopaila), suelo La Selva, zona agroecológica 15H1: las mejores variedades en TSH, con valores significativamente más altos en comparación con el testigo CC 85-92 fueron: CC 01-1484 (9% más TSH, 15% más sacarosa % caña y TCH similar), CC 00-2924 (9% más TSH, 10% más sacarosa y TCH similar), CC 97-7170 (8% más TSH, 11% más sacarosa %

caña y TCH similar) y CC 01-678 (5% más TSH, 12% más sacarosa % caña y TCH similar). Otras variedades destacadas por el contenido de sacarosa % caña fueron CC 98-426 (superior al testigo en 15%) y CC 00-3191 (superior en 12%).

- Ingenio Sancarlos, suelo Corinthians, zona agroecológica 6H1: las mejores variedades en TSH, con valores significativamente más altos en comparación con el testigo CC 85-92 fueron: CC 01-1228 (1% más TSH, 6% más sacarosa % caña y TCH similar), CC 00-3079 (7% más TSH, 4% más sacarosa % caña y 4% más TCH), CC 99-1405 (5% más TSH, 7% más sacarosa % caña y TCH similar) y CC 01-746 (13% más TSH, 7% más sacarosa % caña y 1% más TCH). Otras variedades destacadas por el contenido de sacarosa % caña fueron CC 98-426 (superior al testigo en 18%), CC 97-7170 (superior en 13%) y CC 01-1484 (superior en 9%).

Selección recurrente por sacarosa (% caña). Este proceso se inició con la selección de cien variedades de alto contenido de sacarosa y su posterior recombinación. Las progenies obtenidas fueron evaluadas en el primer ciclo de selección en Riopaila Castilla (planta Castilla, lote de comodato, zonas agroecológicas 18HO y 6H1), donde se escogieron 2628 clones pertenecientes a 52 familias, con una media de sacarosa (% caña) de 11.69%, en el rango de 9.72% a 14.32%; en esta población se estimó que el 40% de la varianza fenotípica observada corresponde a efectos genéticos heredados de los padres. Finalmente se seleccionaron los cien clones de mayor contenido de sacarosa que representan a 31 familias, con una media de sacarosa (% caña) de 12.52%, en el rango de 12.54% a 14.32%. Mediante la recombinación de estos clones se conformará el segundo ciclo de selección, en el cual se espera obtener una ganancia genética de al menos 0.33% con respecto al contenido de sacarosa (% caña) de la población inicial y pasar de 11.69% a 11.99%. Se planea continuar el proceso hasta completar cinco ciclos de selección recurrente.

Variedades para zonas húmedas

Los experimentos se ubican en la parte plana del valle del río Cauca, en sitios representativos de las zonas agroecológicas (cuarta aproximación) caracterizados por condiciones de humedad H3, H4 y H5. Las variedades son seleccionadas por su adaptación, buscando aumentar el contenido de sacarosa (% caña) por lo menos en 5% con respecto a la variedad comercial utilizada como testigo y el tonelaje de caña en 15%.

Estado I-2009. Se realizó la cosecha de este experimento ubicado en Incauca, zona agroecológica 5H5. Para la selección de las mejores familias se calculó el índice de selección ponderado estimado (ISPE), compuesto por las variables sacarosa (% caña), altura de tallos y población. En la estimación del ISPE de cada familia se multiplicó la sacarosa (% caña) por 0.3; la altura, por 0.5 y la población, por 0.2 como valores de ponderación. Los cruzamientos evaluados fueron superiores al testigo CC 85-92 con respecto al ISPE, la sacarosa (% caña) y la altura de los tallos, e inferiores en cuanto a la población, lo cual es deseable pues las poblaciones altas, aunque aumentan la sacarosa (% caña), reducen el tonelaje (Viveros *et. al.*, 2008). De un total de 104 cruzamientos se seleccionaron 35, con un ISPE mayor que 0.20, valor superior al presentado por el testigo CC 85-92. Al momento de la selección individual en campo se tuvo en cuenta la resistencia a las enfermedades de importancia económica, el porcentaje de floración y el porte agronómico de los diferentes genotipos; finalmente se seleccionaron 150 clones que pasarán al Estado II.

Prueba regional de las series 2005-2006. En este experimento se evalúan 14 clones en los ingenios Incauca, La Cabaña, Riopaila Castilla (plantas Castilla y Riopaila) y Risaralda. En 2009 se sembró la prueba regional en Incauca (zona agroecológica 5H5) y se establecieron los semilleros en los demás ingenios. En el Estado II estos clones superaron al testigo CC 85-92 en las variables altura de tallos, población de tallos y sacarosa (% caña).

Prueba regional de la serie 2001. Se sembraron para evaluación regional cinco variedades en los ingenios Incauca (zona agroecológica 5H5), La Cabaña (10H4), Riopaila Castilla (planta Castilla, zona 6H3; planta Riopaila, zona 5H4) y Sancarlos (5H3).

Prueba regional de las series 1996-1997 y 1999. El experimento se lleva a cabo en dos localidades de la zona agroecológica 5H5. En el Ingenio Risaralda, donde luego de tres cortes se destacó la variedad CC 99-2282 con una productividad similar a la del testigo CC 85-92; y en Incauca, donde hasta el segundo corte no se había observado ninguna variedad sobresaliente en comparación con los testigos CC 85-92 y CC 84-75.

Variedades para zonas de piedemonte

Los experimentos se ubican en áreas del piedemonte, en sitios representativos de las zonas agroecológicas (cuarta aproximación) caracterizados por pendientes

mayores al 3%, en altitudes mayores a los 1050 metros sobre el nivel del mar, excepto napas de desborde, lechos colmatados y cauces abandonados. Las variedades son seleccionadas por su adaptación, buscando aumentar el tonelaje de caña en 15% con respecto a la variedad comercial utilizada como testigo y mantener el contenido de sacarosa (% caña).

Estado III-2004. En el Ingenio Providencia, zonas agroecológicas 22H0 y 18H0, luego de dos cortes (plantilla y primera soca) se seleccionaron once variedades que se llevarán a prueba regional; los testigos fueron CC 84-75 y CC 85-92. Se detectaron diferencias altamente significativas entre las variedades en sacarosa (% caña), toneladas de caña por hectárea, azúcar y sacarosa (TCH, TAH y TSH), aspecto de la planta, volcamiento y floración. Las TCH mostraron una heredabilidad de 71.6% en el primer corte y 77.7% en el segundo corte; la sacarosa (% caña), de 77% y 59.7% y las TSH, de 71.0% y 77.1%, respectivamente.

Evaluación de variedades en otras regiones de Colombia

Durante 2009 se sembró en el departamento del Meta (vía Puerto López–Puerto Gaitán, km 51) un nuevo experimento en el cual se evalúan 20 variedades. Este cultivo se estableció con el concepto de agricultura sostenible. La preparación del terreno para la siembra se hizo con un solo pase del subsolador Cenitánden, implemento al que se le acondicionó un surcador con el fin de conformar una matera longitudinal (a manera de surco) donde luego se ubicaron los esquejes o trozos de caña de cada variedad; no se hicieron labores de preparación en el entresurco.

Con respecto a los experimentos en desarrollo, se cosecharon en segundo corte los de Montería (Córdoba), María la Baja (Bolívar), Sevilla (Magdalena) y El Cerrito (Valle del Cauca) como testigo. En el primer semestre de 2010 se cosecharán los de Ambalema y Santuario (Tolima) y Puerto Gaitán y Mapiripán (Meta). El experimento de Codazzi (Cesar) no continuó por decisión del propietario del terreno. Las evaluaciones en todos los sitios están planeadas por tres cortes.



Debido a las altas temperaturas registradas durante el desarrollo de la primera soca en la Costa Atlántica y los Llanos Orientales, se ratificó la alta susceptibilidad de las variedades CC 85-92, CC 84-75 y CC 94-5446 a la escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), que se había observado en la plantilla. Este aspecto sanitario de las variedades se debe tener en cuenta al momento de decidir su siembra en sitios donde la temperatura media diaria alcanza los 30° C o más.

Terrazas de plántulas en la Estación Experimental de Cenicaña.



Multiplicación de variedades con semilla libre de patógenos

Cenicaña continuó en 2009 la producción de plántulas con el sistema de yemas extraídas, con el fin de suministrar variedades de caña de azúcar libres de patógenos para el establecimiento de semilleros. En total se multiplicaron 24 variedades y se entregaron 519,979 plántulas, el 92% de ellas para atender solicitudes del sector productivo (Cuadro 6).

Cuadro 6. Número de plántulas de caña de azúcar entregadas en 2009 por Cenicaña para el establecimiento de semilleros.

Variedad	Riopaila ¹	Bioenergy ²	Cabaña	Cenicaña	Sancarlos	Carmelita	Castilla ¹	Mayagüez	CAVI ³	Pichichí	AUGURA ⁴	TOTAL
CC 85-92	43,800	4200	55,309	4000		8000			8200		1100	124,609
CC 84-75	40,000	4200	5970	4000	7500	8000			7500	15,400		92,570
CC 93-4181	27,000	4200			7500		23,000				1100	62,800
CC 93-4418	17,000	4200		4000						3000	1100	29,300
CC 01-1228		4200		4000	7500			7500				23,200
CC 01-678		4200		4000	7500			7500				23,200
CC 93-3826	8100								7700		1100	16,900
CC 03-154					7500		7500				1100	16,100
CC 97-7170		4200		4000				7500				15,700
CC 00-3079		4200		4000				7500				15,700
CC 92-2804		4200		4000			6000				1100	15,300
CC 93-3895		4200				8000				3000		15,200
CC 87-434		7500		4000							1100	12,600
CC 93-7510		7500				3200					1100	11,800
CC 01-1484		4200		4000								8200
CC 93-7513		7500										7500
CCSP 89-43						6800						6800
CCSP 92-3191		4200										4200
V 71-51		4200										4200
PR 61-632		4200										4200
RD 75-11		4200										4200
CC 92-2358						3500						3500
CC 82-15											1100	1100
CC 92-2198											1100	1100
TOTAL	135,900	85,500	61,279	40,000	37,500	37,500	36,500	30,000	23,400	21,400	11,000	519,979

1. Riopaila Castilla S.A.

2. Cenicaña y Bioenergy S.A. en Colombia firmaron en marzo de 2009 un contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.

3. Producciones agrícolas CAVI S.A.

4. La Asociación de Bananeros de Colombia (AUGURA) se beneficia del convenio marco de cooperación técnica y científica firmado en octubre de 2007 entre Cenicaña y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica.

Biotecnología

Diversidad genética en el Banco de Germoplasma

Con el objetivo de determinar la diversidad genética y obtener la huella o perfil molecular de las variedades registradas en el banco de germoplasma de Cenicaña se analizaron 1305 genotipos utilizando cuatro marcadores moleculares (microsatélites CV 29, CV 37, CV 38 y CIR 43).



Banco de ADN.

En cada variedad y por cada microsatélite, en geles denaturantes de poliacrilamida se determinaron el número de bandas o alelos revelados y su contenido de información polimórfica (PIC, por su sigla en inglés). En total se observaron 58 alelos, el 98% de ellos polimórficos; la media del PIC con cada microsatélite fue igual a 0.92 (CV 29 y CV 38), 0.89 (CV 37) y 0.90 (CIR 43). Se constituyó el banco de ADN y se comenzó el registro de información con el propósito de conformar una base de datos que facilite la identificación de las variedades por su perfil molecular.

De acuerdo con la información del perfil molecular se estimaron las distancias genéticas entre las variedades (índice de similitud de Dice). Un análisis de componentes principales de la similitud genética con el microsatélite CV 29 mostró cuatro grupos principales. En los grupos I, II y III están la mayoría de las variedades que han sido utilizadas en el proceso de mejoramiento genético de Cenicaña. En el grupo IV se encuentran las variedades con las distancias genéticas más amplias, que pueden ser utilizadas para aumentar la base genética del banco de germoplasma y para conseguir mejores combinaciones de progenitores portadores de genes con características de interés.

Evaluación molecular de la roya café (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd.)

Debido al incremento de la incidencia de la roya café en las dos variedades más sembradas en el valle del río Cauca, CC 85-92 y CC 84-75, ambas caracterizadas por su resistencia al agente causal de la enfermedad, el hongo *Puccinia melanocephala* H. & P. Syd., desde el año 2007 se están evaluando distintas técnicas moleculares con el fin de determinar la posible presencia de variaciones genéticas en el ADN del patógeno, sin que hasta el momento se hayan conseguido los resultados esperados.

La posible existencia de distintas razas de roya en el valle del río Cauca explicaría en parte la manifestación de la enfermedad en algunas variedades de caña de azúcar que antes no la habían presentado. Existen antecedentes en otros países que pueden tomarse como referencia para sustentar esta hipótesis. Las experimentaciones al respecto continuarán con el propósito verificar si existen variaciones genéticas en el ADN del patógeno.

Evaluación del gen *Bru1* asociado con la resistencia a la roya café en la caña de azúcar

El gen *Bru1* ha sido asociado por el Cirad (Centro de Investigación Agrícola para el Desarrollo, por su sigla en francés) con la resistencia al hongo causal de la roya café, *P. melanocephala*, en la caña de azúcar. De acuerdo con lo anterior, en Cenicaña se utilizó el marcador *Bru1* para determinar la presencia de dicho gen en el ADN de 186 variedades de caña caracterizadas antes en evaluaciones de campo como resistentes, intermedias o susceptibles al patógeno.

En la evaluación de 184 variedades, 46 de ellas consideradas resistentes, no hubo presencia del gen *Bru1* y por tanto se presume que un gen diferente puede estar contribuyendo con la resistencia de esas variedades a la roya café. En cambio, en cinco variedades clasificadas como susceptibles se confirmó la presencia del gen *Bru1*, lo cual señala que éste no es funcional en la resistencia a roya en esas variedades o hay una variante o raza del patógeno que sí es capaz de causar infección en ellas.

Las evaluaciones continuarán con el fin de identificar los genes adicionales que puedan explicar la resistencia a la enfermedad. La identificación de dichos genes facilitaría el proceso de selección de clones o variedades resistentes al hongo *P. melanocephala* sin tener que someter las plantas a procesos de infección para su evaluación.

Fitopatología

Manejo de estaciones de cuarentena

Al finalizar 2009, en la Estación de Cuarentena Cerrada en Cundinamarca (sede Tibaitatá, Corpoica) había 24 variedades importadas, doce de Australia –entre ellas cuatro que fueron introducidas durante el último año–, ocho de México y cuatro de Brasil. Con respecto a la situación en la Estación de Cuarentena Abierta en el Valle del Cauca (hacienda Piedechinche, Ingenio Providencia), 29 variedades se encontraban en proceso de limpieza por termoterapia y cultivo *in vitro*, 18 de ellas originarias de Australia, tres de Brasil, cuatro de la colección de Miami, dos de Mauricio, una de México y una de Sudáfrica. Otras diez variedades australianas y una de Brasil se encontraban disponibles para la siembra. En el campo se evaluaron 12 variedades importadas; se escogieron cinco australianas (grupo de variedades importadas por Cenicaña VIC 35) para experimentos de selección. Once variedades importadas ingresaron al banco de germoplasma *in vitro* y seis, al banco en campo.

Incidencia de la roya café en las variedades CC 85-92, CC 84-75 y CC 93-3895

Se evaluaron semilleros y siembras comerciales en 21 haciendas vinculadas con los ingenios Manuelita, Providencia, Riopaila Castilla (planta Castilla), Risaralda y Sancarlos. La edad de las variedades osciló entre 2 y 11 meses. La incidencia de la roya *P. melanocephala* fue baja en las tres variedades en todos los sitios, incluso

inferior con respecto a las evaluaciones hechas por Cenicaña en 2008, por lo cual se confirma que las tres variedades se mantienen en la categoría de resistentes a la roya.

En 2009 el caso de incidencia más alta se registró en la variedad CC 93-3895, que entre los 4 y los 6 meses de edad mostró una incidencia de daño de 8% con reacción en grado 5. En las variedades CC 85-92 y CC 84-75 la incidencia no superó el 2% en ningún sitio; el grado de reacción más alto fue igual a 4 en CC 85-92 (entre 2 y 8 meses de edad) e igual a 5 en CC 84-75 (3 a 5 meses).

Evaluación de desinfectantes para el control de bacterias en las herramientas utilizadas en el corte de caña

Durante mucho tiempo Cenicaña ha recomendado el uso de Vanodine® (Pfizer) (al 2%) para desinfectar los machetes utilizados en las labores de corte de caña, como parte del manejo integral para el control de enfermedades causadas por bacterias, en particular el raquitismo de la soca, *Leifsonia xyli* subsp. *Xyli* (RSD) y la escaldadura de la hoja, *Xanthomonas albilineans* (Ashby) (LSD).

Se recomienda desinfectar las herramientas de corte con este compuesto a base de yodo y complementar las medidas de control con el tratamiento térmico de la semilla y el empleo de variedades de caña de azúcar resistentes a tales bacterias. La práctica de flamear el machete no las elimina.

En 2009 se evaluaron cuatro productos como alternativas de reemplazo del vanodine, mediante el seguimiento de la bacteria *X. albilineans*. Los productos Aviyodox® y Yodolant®, a base de yodo y Fitosant®, con sales de amonio cuaternario, controlaron la bacteria a partir de la concentración de 0.1%; estos productos pueden reemplazar el vanodine, utilizado para el control de bacterias. El producto Glyroxil® (peróxido de hidrógeno) ejerció control a partir de 10% de concentración; por lo tanto no se recomienda.

Diagnóstico del virus de la hoja amarilla (SCYLV) por PCR en tiempo real

En Cenicaña se estandarizó la tecnología de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) en tiempo real para el diagnóstico del virus de la hoja amarilla (SCYLV) con las técnicas de fluorescencia SYBR Green I® y sonda TaqMan®; el equipo utilizado es el CFX96™ *Real Time System* de Bio-Rad Laboratories, Inc. (NYSE: BIO and BIOb). Las principales ventajas con respecto a la tecnología de PCR convencional son el aumento de la sensibilidad en la detección del virus y la especificidad, que permiten diferenciar un resultado positivo de uno negativo de manera más fácil y en un tiempo menor.

Para la evaluación de las técnicas se usaron muestras positivas de variedades susceptibles al virus de la hoja amarilla y muestras de cultivo *in vitro* de las mismas variedades como testigo sano. Con la sonda TaqMan la detección del virus en las muestras positivas analizadas con los cebadores específicos ocurrió en ciclos muy tempranos y con el SYBR Green I, en ciclos tempranos. Con ambas técnicas, en

las muestras negativas y en las muestras con agua (empleada como testigo) la detección ocurrió en ciclos muy tardíos o no se detectó el virus. La técnica de la sonda TaqMan es más específica que la del SYBR Green I y el tiempo de detección es inferior en 50% (90 minutos).

Entomología

Investigaciones para el manejo integral del salivazo *Aeneolamia varia* en el Valle del Cauca

Se resumen a continuación los avances más destacados de las investigaciones relacionadas con el manejo integral de *A. varia* (Hemiptera: Cercopidae), plaga que fue registrada por primera vez a mediados de 2007 en la caña sembrada para la producción de azúcar en el Valle del Cauca y debido a la cual el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) declaró la emergencia sanitaria en la zona comprendida entre los municipios de Buga, Mediacanoa, Tuluá y Riofrio, donde este salivazo se ha mantenido confinado hasta el momento.

Biología de la plaga y factores que determinan su abundancia

Con el propósito de estudiar la eclosión de los huevos del salivazo *A. varia* en condiciones simuladas de exposición a la sequía se evaluaron sobre papel filtro grupos de huevos que fueron sometidos a períodos de sequía (número variable de días) y un testigo sin sequía. En el caso del testigo eclosionaron cerca del 60% de los huevos. En los otros casos, a medida que se prolongaron los períodos de sequía se observó un incremento del número de huevos anormales y huevos sin eclosionar, con algunos sobrevivientes. La supervivencia disminuyó a medida que aumentó el período de sequía. Los resultados muestran que los huevos suspenden su desarrollo como efecto de la condición adversa de sequía y lo reanudan apenas ese efecto desaparece. Este comportamiento juega un papel importante como mecanismo de supervivencia de los huevos del salivazo en la zona declarada en emergencia sanitaria en el Valle del Cauca.

Ecología de la mosca depredadora *Salpingogaster nigra*

Continuaron las observaciones de la actividad benéfica de la mosca *S. nigra* (Diptera: Syrphidae) como posible agente de control biológico del salivazo *A. varia*. En los cañaverales se observan los adultos de *S. nigra* visitando y alimentándose de arvenses como: *Euphorbia hypericifolia* L., "lechera"; *Boerhavia difusa*, "rodilla de pollo"; *Anoda acerifolia*, "campanilla morada"; *Parthenium hysterophorus*, "marihuana macho"; *Emilia sonchifolia*, "pincilito" o "botón rosado" y *Echinochloa colona*, "liendre de puerco". Lo anterior indica la importancia de la biodiversidad en estas zonas para la supervivencia de la fauna benéfica, la cual se logra al propiciar en los cañaverales la presencia de arvenses como las mencionadas.

Hembras de este predador provenientes del campo se mantuvieron individualmente en jaulas y se expusieron a diario a la saliva de ninfas del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* para la obtención de huevos. La oviposición durante el

primer día fue de 60.8 huevos por hembra en promedio, en un tiempo de 110 minutos; la viabilidad de estos huevos fue del 90%. Algunas hembras fueron observadas hasta por nueve días. El promedio de huevos a través de los días disminuyó, aunque la viabilidad se mantuvo por encima del 80%.

Se detectó el desarrollo de nueve larvas recién emergidas de *S. nigra* y se contabilizó el consumo de ninfas durante su desarrollo larval hasta llegar al estado de pupa. El huevo eclosionó en tres días, el estado larval en promedio demoró 9.7 días y el adulto emergió de la pupa en 11.3 días, en proporción de 1.3 machos por cada hembra. El consumo de ninfas de salivazo de III y IV instar (estado de desarrollo) durante el estado larval de *S. nigra* fue de 18.4 ninfas en promedio, en un rango entre 17 y 20.

Hongos entomopatógenos para el control de salivazos

Individuos de *Z. carbonaria* criados en el invernadero de Cenicaña en pasto *Brachiaria ruziziensis* Ciat 654 se utilizaron para evaluar la patogenicidad de 12 cepas de hongos entomopatógenos que se tienen en la Estación Experimental. Después de 15 días de incubación a temperatura ambiente se seleccionaron aquellos hongos que presentaron desarrollo de estructuras vegetativas y reproductivas sobre el insecto y se procedió a aislarlos en medio de cultivo PDA (Merck®) modificado.

Para la identificación correcta de los hongos seleccionados se examinaron sus características morfológicas y se compararon con las características correspondientes de la cepa primaria de la cual fueron aislados. Se logró demostrar la actividad patogénica de todas las cepas evaluadas sobre *Z. carbonaria*, seis correspondientes a *Metarhizium anisopliae* y seis a *Paecilomyces lilacinus*. Tres cepas adicionales (CCMa0904, CCMa0905 y CCMa0803), que no han sido evaluadas por su patogenicidad a *Z. carbonaria*, se encuentran en observación. Además, se obtuvo la cepa Ma9236 donada por Cenicafé, la cual proviene de aislamientos hechos de salivazos.

Esta investigación se lleva a cabo con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Convocatoria nacional para la cofinanciación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario por cadenas productivas con énfasis en oferta alimentaria, 2008).



Larva de *Diatraea indigenella*.

Infestaciones de *Diatraea* en el valle del río Cauca

A mediados de 2009 se presentó en varios ingenios un incremento de los niveles de infestación por *Diatraea*, especialmente en cultivos de caña localizados en el centro y el sur del valle del río Cauca (Figura 17), por lo cual se hace énfasis en la importancia de aumentar y mantener las actividades de control biológico a fin de reducir las poblaciones de la plaga.

La fluctuación de las poblaciones de estos barrenadores se debe a varios factores que favorecen su abundancia, como son:

las condiciones climáticas; las plantas nectaríferas de las cuales se alimenta la fauna benéfica; la distribución de las especies *D. saccharalis* y *D. indiginella* en las diversas zonas agroecológicas; la edad de cosecha de la caña y algunas prácticas de manejo del cultivo que reducen las poblaciones de los benéficos. Sin embargo, el factor que más influye en el incremento de las poblaciones del barrenador es la falta de

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

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

La liberación de los benéficos se debe hacer al menos una vez por ciclo del cultivo en todas las suertes infestadas con *Diatraea*, lo que evita que sus poblaciones se incrementen en niveles que causen daño económico. Los controladores biológicos utilizados son *Metagonistylum minense* y *Paratheresia claripalpis* (parasitoides de larvas) y *Trichogramma exiguum* (parasitoides de huevos).

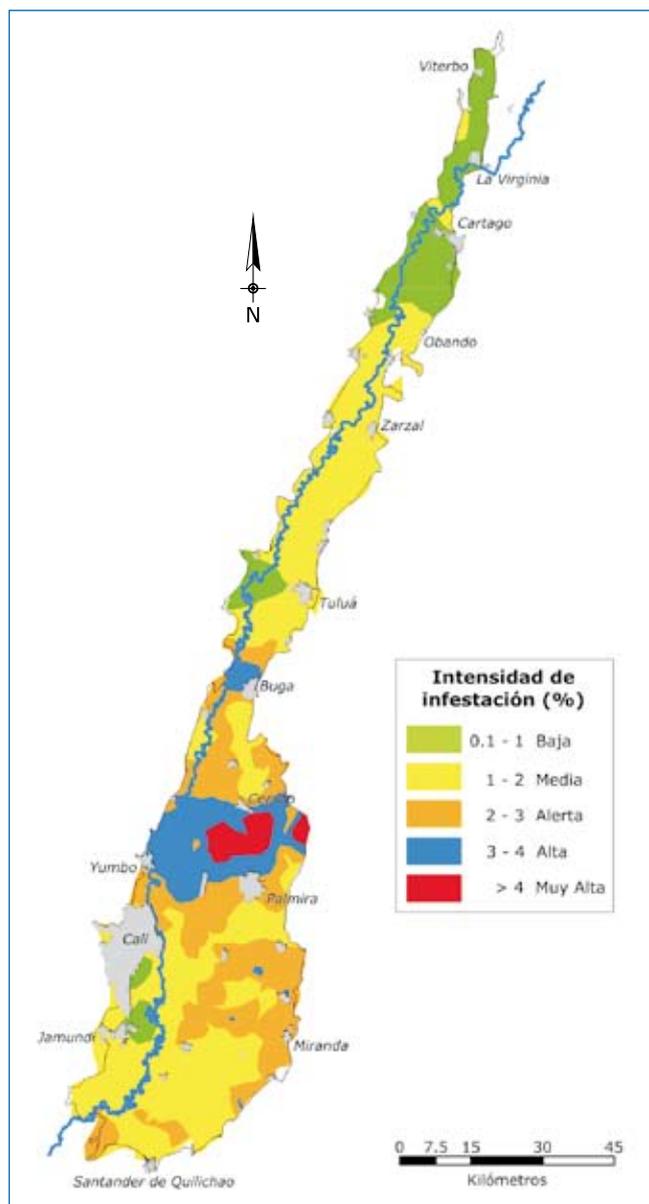


Figura 17. Distribución de la infestación de *Diatraea* spp. en caña de azúcar en el valle del río Cauca durante 2009. Intensidad de infestación=(total de entrenudos barrenados/total de entrenudos evaluados) x 100.



Validación de prácticas de agricultura específica por sitio y su comparación con las prácticas del ingenio. Suerte Rosario 95, Ingenio Manuelita.

Programa de Agronomía

Misión: Mejorar la productividad, la rentabilidad y la calidad de la caña de azúcar mediante el desarrollo de tecnología requerida para el manejo del cultivo, preservando los recursos naturales.

En 2009 se hicieron cambios administrativos en el Programa de Agronomía, fundamentados en la pertinencia de coordinar desde esta instancia tanto los proyectos de investigación en manejo de aguas, nutrición y fertilización, maduración de la caña y mecanización agrícola, como aquellos relativos al desarrollo de aplicaciones de geomática, incluidos los servicios que Cenicaña presta en climatología y meteorología, sistemas de información geográfica, percepción remota e instrumentación de equipos para la obtención de datos en las operaciones agrícolas (los aspectos sobresalientes en estas últimas áreas de intervención se presentan en las páginas 23 y 24). También se le encargó a este programa de investigación la administración de la Red Meteorológica Automatizada y la Red de Monitoreo de Calidad del Aire PM10, además del mantenimiento de las estaciones y sus bases de datos, y el análisis de la información correspondiente.

En la investigación sobre manejo de aguas se lograron avances importantes en el conocimiento de la respuesta de la caña al agua en la variedad CC 85-92 y en las aplicaciones de riego con caudal reducido en zonas de piedemonte. En los sitios experimentales irrigados con caudal reducido se han obtenido producciones de caña y azúcar superiores en comparación con los resultados habituales en el piedemonte, donde el agua se aplica usualmente por surcos o por aspersión. La cantidad de agua consumida en el riego con caudal reducido es similar a la que se usa en el riego por goteo.

Las conclusiones obtenidas luego de nueve cortes del experimento de manejo de residuos de la cosecha en verde y fertilización con NPK confirman que los residuos de cosecha benefician el suelo y el cultivo debido al incremento de la actividad de las poblaciones de microorganismos en el medio edáfico y a la mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes.

Con respecto a la secuencia de labores mecanizadas con menores costos, las investigaciones muestran que es factible disminuir hasta en 43% los costos de preparación mediante secuencias reducidas, sin disminuir la producción. Como parte de los proyectos del sistema CATE (ver página 26) se hicieron evaluaciones de la compactación causada por los equipos de cosecha y transporte de caña.



El uso eficiente del recurso hídrico es una prioridad mundial, junto con la conservación de las fuentes de agua y la protección de los ecosistemas que regulan los cauces. En la agroindustria azucarera del valle del río Cauca el reto es que los cultivadores de caña se apropien de las tecnologías disponibles y contribuyan de forma más contundente al uso racional del agua y a la conservación de las cuencas.

La caracterización de los suelos y sus constantes de humedad, el seguimiento de las variables meteorológicas y el nivel freático, el uso de la metodología de balance hídrico y el control administrativo del riego contribuyen al buen uso de las tecnologías y por lo tanto al logro de tales propósitos.

Manejo de aguas

Función de respuesta de la caña al agua

La respuesta de la caña al agua se puede expresar como la relación entre la producción de caña del cultivo y la cantidad de agua (neta) recibida por éste. Dicha relación puede ser usada para estimar la producción esperada cuando ocurren períodos de estrés debido a la falta de agua (riego o lluvias) y así cuantificar la disminución de la producción por no aplicar un riego o más. La función de respuesta de la caña de azúcar al agua proporciona información básica para determinar la rentabilidad del riego. Con este objetivo se están evaluando diferentes tratamientos de riego con las variedades CC 85-92 y CC 93-4418 en distintas zonas agroecológicas.

Experimento con la variedad CC 85-92

Se analizaron los resultados de dos cortes (primera soca y segunda) de este experimento ubicado en el Ingenio Providencia, zonas agroecológicas 22H0 y 18H0, donde se evalúan cuatro tratamientos de riego que incluyen un testigo sin riego.

En la primera soca la producción de caña en las parcelas sin déficit de agua durante el período de 0 a 10 meses fue de 135 t/ha, superior en 40 t/ha al tratamiento testigo sin riego (95 t/ha); y mayor en 45 t/ha al tratamiento sin riego en el periodo de 4 a 8 meses (etapa inicial del periodo de crecimiento rápido) y en 11 t/ha al tratamiento sin riego entre 8 y 10 meses (etapa final del periodo de crecimiento rápido); el azúcar recuperable no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos. En la segunda soca la producción de caña en las parcelas sin déficit de agua (período 0 a 10 meses) fue de 166 t/ha, superior en 21 t/ha al tratamiento testigo sin riego (145 t/ha) y en 5 t/ha al tratamiento sin riego en el periodo de 4 a 8 meses y no hubo diferencia con respecto al tratamiento sin riego entre 8 y 10 meses; el azúcar recuperable no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Con base en los resultados anteriores se obtuvo la segunda aproximación de la función de respuesta al agua de la variedad CC 85-92, derivada de la ecuación de Doorembos y Kassam (1986) y que se expresa de la forma siguiente:

$$\text{Disminución relativa de caña} = 0.8 \times \text{Déficit relativo de agua}$$

Donde,

Disminución relativa de caña: producción en toneladas de caña por hectárea y por mes (TCHM) = $[1 - (TCHM_{\text{estimada}} / TCHM_{\text{máxima}})]$

Déficit relativo de agua: $[1 - (LN_{\text{actual}} / LN_{\text{máxima}})]$

LN: Lámina neta de agua (mm)

La función de respuesta también se puede expresar así:

$$TCHM_{\text{estimada}} = TCHM_{\text{máxima}} * [1 - 0.8 * (1 - (LN_{\text{actual}} / LN_{\text{máxima}}))]$$

Esta función de respuesta de la caña al agua puede ser utilizada para estimar la producción de caña (TCH) a partir de la lámina neta recibida por el cultivo y la lámina neta máxima requerida (precipitación + riego) y las producciones de caña máximas obtenidas por mes. Con esta información se puede cuantificar el impacto en la producción y en la rentabilidad de disminuir un riego o más.

Es necesario establecer otros experimentos con la variedad CC 85-92 en suelos de los grupos homogéneos 11 y 6, que son los más representativos del valle del río Cauca.

Experimento con la variedad CC 93-4418

En la Estación Experimental de Cenicaña, zonas agroecológicas 6H1 y 23H1, se cosechó la plantilla de la variedad CC 93-4418 en el experimento de respuesta de la caña al agua, el cual continuará en la primera soca.

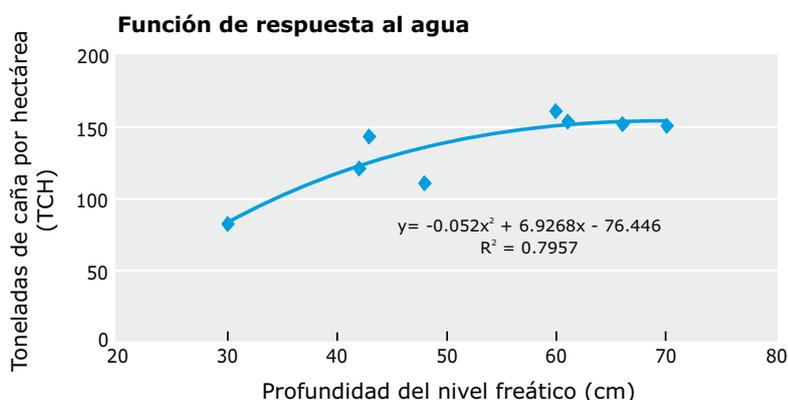


Figura 18. Relación entre la profundidad del nivel freático y la producción de caña. Experimento de función de respuesta al agua, variedad CC 93-4418 (plantilla), zonas agroecológicas 6H1 y 23H1.

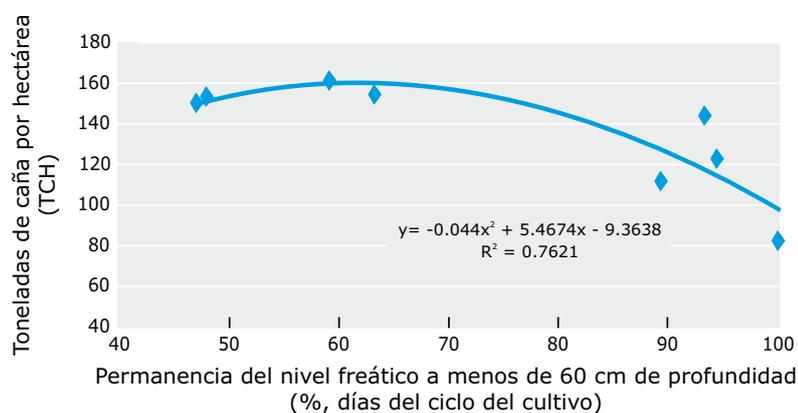


Figura 19. Relación entre el tiempo de permanencia del nivel freático a <60 cm y la producción de caña. Experimento de función de respuesta al agua, variedad CC 93-4418 (plantilla), zonas agroecológicas 6H1 y 23H1.

Durante el ciclo de cultivo de la plantilla se presentó un período de precipitaciones abundantes que hizo innecesario el riego. En el campo se observó un desarrollo diferencial de la caña que se reflejó al momento de la cosecha en los valores de TCH, los cuales dependieron de la profundidad del nivel freático, de forma que la productividad coincidió con los contornos de las curvas de nivel.

Para el análisis de la productividad en función de la profundidad del nivel freático se usaron los datos de ocho parcelas donde se tenían instalados pozos de observación. El ajuste de los datos con un modelo cuadrático señaló que los tonelajes más bajos coincidieron con los niveles freáticos superficiales (entre 30 cm y 50 cm de profundidad) y que los tonelajes más altos se relacionaron con profundidades alrededor de los 60 cm (Figura 18). Se determinó además que a medida que aumentó el tiempo de permanencia del nivel freático a profundidades menores de 60 cm, la magnitud del efecto negativo en la producción también fue mayor (Figura 19).

Los resultados preliminares de este experimento advierten acerca de la importancia que tiene el seguimiento del nivel freático en las investigaciones de respuesta de la caña de azúcar al agua y muestran oportunidades para mejorar la productividad con base en el conocimiento de la respuesta de la caña al exceso de agua.

Riego con caudal reducido

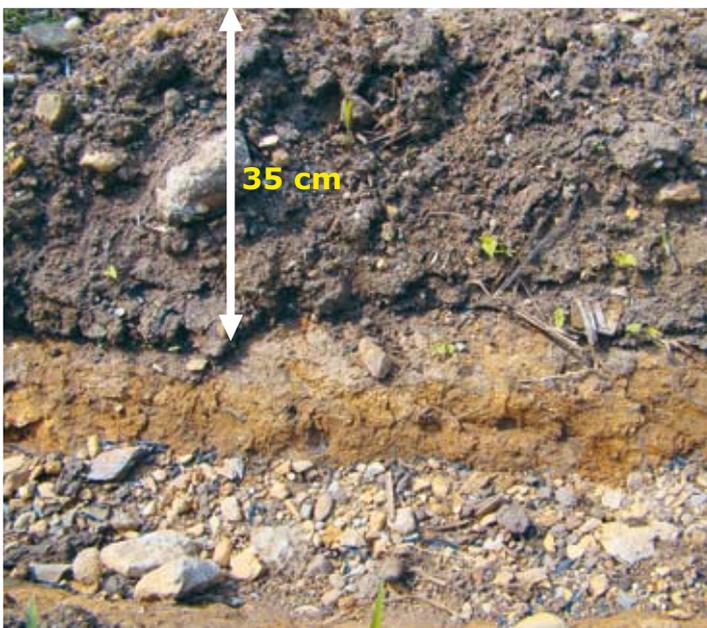
El desarrollo de la tecnología de riego con caudales reducidos como una opción para el piedemonte se lleva a cabo con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Convocatoria nacional para la cofinanciación de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación para el sector agropecuario por cadenas productivas con énfasis en cambio climático, 2008).

Los suelos del piedemonte del valle del río Cauca se caracterizan por ser poco profundos (30-40 cm de profundidad efectiva -ver fotografía-) y por altos contenidos de grava (hasta 48% en peso), texturas finas o arcillosas sobre esqueléticas arcillosas y baja capacidad de retención de humedad (lámina de agua rápidamente aprovechable, LARA, de 1 mm por 1 cm de profundidad; infiltración básica lenta, entre 4-6 mm por hora).

De acuerdo con tales características se diseñó el sistema de riego con caudal reducido y se hicieron las instalaciones del caso en los sitios experimentales donde se está evaluando (Ingenio Providencia, zona agroecológica 22H0 y 29H0; y Riopaila Castilla, planta Castilla, zonas agroecológicas 22H0 y 27H0). Con este sistema se aplican caudales por surco de 0.23 L/s en promedio, con coeficiente de uniformidad del 90% y tiempo de riego de 21 horas en longitudes de surco de 100 m y pendientes del 3%. El lento avance del agua en el surco da como resultado un alto almacenamiento de agua en el suelo; la escorrentía superficial es relativamente poca y la humedad se distribuye a una profundidad uniforme a lo largo del surco y transversal

a los surcos, lo cual permite aplicar el riego con la modalidad de surco alterno. Las evaluaciones de la escorrentía superficial con caudal reducido indican que en el riego por surco continuo sólo se pierde el 0.2% del volumen aplicado y en el riego por surco alterno, el 0.55%. En ningún caso hay arrastre de sedimentos y nutrimentos en el agua.

En el experimento ubicado en Riopaila Castilla (planta Castilla, zonas 22H0 y 27H0) se evalúan cinco tratamientos de riego con cuatro repeticiones en un arreglo de bloques completos al azar. Tres tratamientos consisten en la aplicación de caudales reducidos definidos de acuerdo con la tasa de infiltración básica del suelo determinada por el método de entradas y salidas. Los tratamientos son: T1, surco continuo; T2, surco alterno; T3, surco alterno-alterno; T4, aspersión; y T5, testigo sin riego.



Perfil característico de un suelo del piedemonte

Según los resultados de la plantilla, el tonelaje de caña fue superior en 22% en los tratamientos con caudal reducido (promedio de tres tratamientos y sus repeticiones) con respecto al testigo sin riego. En el tratamiento por surco continuo se produjeron 25% más toneladas de caña que en el caso del testigo y 9.3% más que en el tratamiento de riego por aspersión, sistema que el ingenio utiliza en el piedemonte. Se presentaron diferencias estadísticas significativas de 2% en producción y ahorros en los volúmenes de agua aplicados; la eficiencia de aplicación fue de 63% en las modalidades de surco alterno y surco alterno-alterno, 30% en el surco continuo y 23% en el riego por aspersión. Este experimento continuará en el segundo corte con el objetivo de validar los resultados de la plantilla y establecer la relación beneficio-costos de los tratamientos en evaluación.

Nutrición y fertilización

Manejo de residuos de la cosecha en verde y fertilización con NPK

En la estación experimental de Cenicaña se está evaluando en forma indefinida la aplicación de cargas de residuos sencilla y doble, así como la remoción total de los residuos en combinación con seis dosis crecientes de fertilización con NPK (nitrógeno, fósforo y potasio). El experimento está ubicado en la zona agroecológica 6H1 y al momento de iniciar el ensayo se observó un pH cercano a la neutralidad (7.1), contenido mediano de materia orgánica (3.63%), y contenidos altos de fósforo disponible (42 ppm) y de potasio intercambiable (0.46 cmol/kg). Durante el 2009 se completó el noveno ciclo (octava soca) y se inició el décimo (novena soca).

Utilizando los datos acumulados desde el inicio del experimento hasta la séptima soca se analizó la evolución de las toneladas de caña por hectárea (TCH). Al final del noveno ciclo (octava soca) e inicio del décimo se midió la emisión de

dióxido de carbono (CO_2) o respiración del suelo; para las mediciones se usó una cámara sellada de PVC que se insertó en el suelo y de la cual se tomaron muestras del aire colectado en su interior, las cuales fueron analizadas en el Laboratorio de Isótopos Estables del Centro Internacional de Agricultura Tropical, Ciat.

Al analizar la media de TCH de los diferentes tratamientos durante los ocho cortes se observan tres situaciones claramente definidas (Figura 20).



Experimento de manejo de residuos del corte en verde y fertilización con NPK.

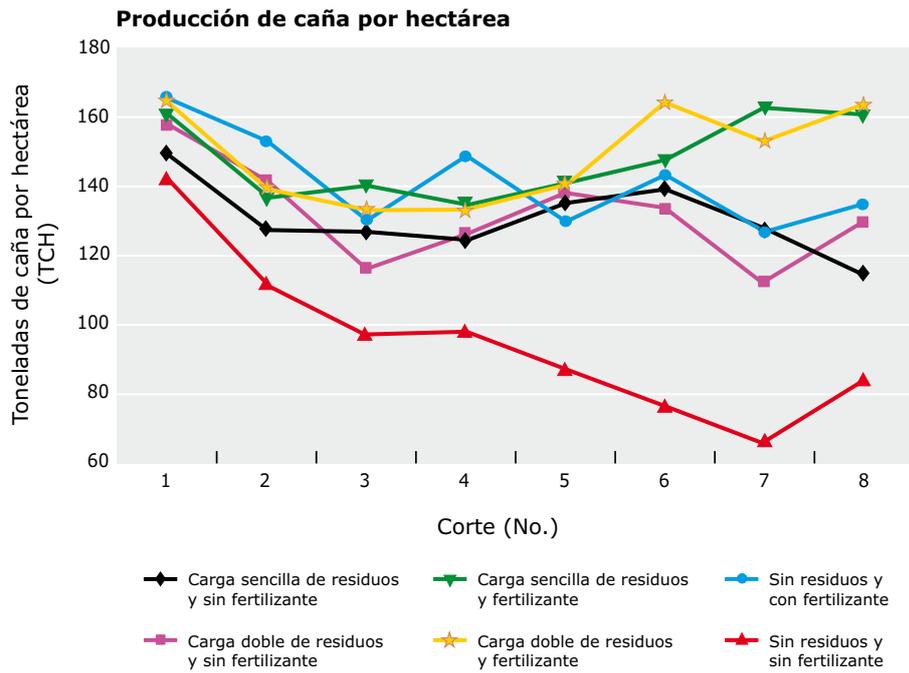


Figura 20. Producción de caña por hectárea de la variedad CC 85-92 (ocho cortes) en el experimento de manejo de residuos de cosecha y fertilización con NPK. Estación experimental de Cenicaña, zona agroecológica 6H1.

Las parcelas sin residuos y sin fertilizantes redujeron sus TCH de 140 en la plantilla hasta 80 en el último corte, mientras que las parcelas con solo residuos o solo fertilizantes redujeron sus TCH de alrededor de 150 en la plantilla hasta aproximadamente 130 del tercer al octavo corte. Las parcelas con residuos y con fertilizantes, al contrario de las demás, después de la disminución del primer corte al tercero

iniciaron un claro incremento de sus TCH que en el octavo corte alcanzaron el valor de 160, igual productividad que en la plantilla. Se observa claramente que el efecto de los fertilizantes sobre la productividad de la caña es optimizado en los sistemas con residuos de cosecha y que no se puede compensar el efecto negativo de retirar los residuos de cosecha con la aplicación de fertilizantes. En el octavo corte (séptima soca), en los sistemas con residuos de caña verde se obtuvieron entre 40 y 80 toneladas de caña por hectárea más que en el sistema sin residuos ni fertilizantes. No se observó diferencia en productividad con las seis dosis de fertilización aplicadas en los tres sistemas de manejo de residuos.



Día de campo sobre manejo de residuos con un grupo GTT. Hacienda El Samán, Ingenio Carmelita.

Al medir la emisión de CO_2 se observó que en los sistemas con residuos la emisión fue tres veces mayor ($300 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$) que la del sistema sin residuos de cosecha ($115 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). La captura de carbono en la biomasa de la caña en las parcelas con adición de residuos + fertilizante y en las de residuos o fertilizante fue mayor que en las parcelas sin residuos ni fertilizante. La diferencia se debe al aumento de la actividad metabólica del cultivo en los sistemas con residuos de cosecha y a la mayor población de microorganismos presentes en el medio edáfico.

Las conclusiones generales de este estudio señalan que el mantenimiento de los residuos de cosecha en el campo beneficia el suelo y el cultivo debido al incremento de la actividad de las poblaciones de microorganismos en el medio edáfico y a la mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes. El efecto de los fertilizantes en la productividad de la caña de azúcar es optimizado en los sistemas con residuos de cosecha y no se puede compensar el efecto negativo de retirar los residuos con la aplicación de fertilizantes. Este estudio se continuará indefinidamente para evaluar el efecto en el largo plazo de los residuos del corte de la caña en verde en los componentes biológicos, químicos y físicos del suelo y en la sostenibilidad de la productividad del cultivo.

Elementos menores en el cultivo de la caña de azúcar

Con el objetivo de confirmar los niveles críticos que actualmente usa Cenicaña para generar recomendaciones de fertilización edáfica con elementos menores en los suelos del valle del río Cauca se establecieron tres experimentos en sitios representativos de las zonas agroecológicas 8H3, 6H1 y 5H4 en los ingenios Incauca, Providencia y Risaralda, respectivamente, donde se evalúan cinco tratamientos durante tres cortes.

Los resultados obtenidos en la plantilla indicaron que en el primer ciclo del cultivo no se justificó la aplicación edáfica de elementos menores en las condiciones evaluadas. A pesar de que los sitios experimentales fueron seleccionados por presentar niveles bajos de al menos uno de los elementos menores probados, en ningún caso hubo respuesta a las aplicaciones edáficas de ninguno de los microelementos; no se observó efecto significativo de los tratamientos en términos de toneladas de caña y azúcar por hectárea (TCH y TAH). Según el microelemento evaluado, las medias de TCH y TAH oscilaron entre 102-223 TCH y 12-28 TAH (boro, tres sitios), 111-197 TCH y 12-23 TAH (cinc, dos sitios) y 222 TCH y 29 TAH (un sitio).

La explicación de la falta de respuesta a la fertilización con elementos menores es la extracción relativamente baja de estos elementos por parte de la caña de azúcar. El hierro (Fe) es el elemento menor que la caña extrae en mayor cantidad, entre 9 kg y 12 kg de Fe por cada 100 toneladas de tallos (incluye hojas y yaguas asociadas) según la variedad. La extracción de cinc (Zn), manganeso (Mn), boro (B) y cobre (Cu) es de menos de 2 kg/ha.

La baja extracción de elementos menores y los contenidos medios a altos de éstos en los suelos de las zonas productoras de caña hacen que la probabilidad de respuesta a la aplicación de elementos menores sea baja. Además, si se tiene en cuenta la extracción de elementos mayores primarios y secundarios (N, P, K), calcio

(Ca), magnesio (Mg) y azufre (S)), su forma de entrada a la planta (catiónica o aniónica) y el balance electrónico, se concluye que la caña de azúcar absorbe mayor cantidad de cationes que de aniones, lo que significa que tendrá una gran expulsión de protones (H^+) para balancear la carga electrónica interna en la planta. Esta expulsión de cationes baja el pH de la rizosfera, con lo cual aumenta la solubilidad de los elementos menores y por lo tanto la disponibilidad de éstos para el cultivo. El estudio se continuará por dos cortes más en los sitios establecidos.

Maduración de la caña de azúcar

Evaluación de productos maduradores

Los maduradores en caña de azúcar se utilizan con el propósito de aumentar el contenido de sacarosa en los tallos al momento de la cosecha. En el valle del río Cauca cada año se cosecha aproximadamente el 80% del área total sembrada en caña y se aplica madurador en el 65-70% del área cosechada; de esta área, a alrededor del 80% se le aplica Glifosato; al 5%, con fluazifop-p-butyl; al 5%, maduradores alternativos y al 10%, mezclas no especificadas en las cuales al menos uno de los componentes es un madurador tradicional.

El glifosato es un herbicida que aplicado en dosificaciones bajas (250 -750 g/ha de ingrediente activo) actúa como regulador de crecimiento y como consecuencia de este efecto permite una mayor acumulación de sacarosa. El fluazifop-p-butyl actúa también como regulador de crecimiento y se aplica en dosis que varían entre 125-200 g/ha de ingrediente activo, en un área muy pequeña debido a que tiene un costo mayor y una efectividad ligeramente inferior en cuanto a incremento de la sacarosa.

En la década de 1990 Cenicaña evaluó el regulador de crecimiento (no herbicida) trinexapac ethyl (Moddus®) con resultados satisfactorios en incremento de sacarosa, aunque un poco inferiores a los obtenidos con glifosato y fluazifop-p-butyl, lo cual, unido a su elevado costo, impidió que se convirtiera en alternativa comercial para la maduración inducida de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.

Cenicaña ha investigado otras alternativas de maduración mediante el uso de productos que en su mayoría son fertilizantes foliares, en los cuales se destacan las formulaciones a partir de macroelementos como el potasio y el fósforo y algunos aminoácidos, microelementos y fitohormonas. Dado que el potasio cumple funciones importantes en la planta en relación con los procesos de síntesis, desplazamiento y almacenamiento de azúcares, este es uno de los principales componentes de los fertilizantes foliares evaluados en caña de azúcar con el propósito de conseguir incrementos en el contenido de sacarosa de los tallos.

Entre los productos evaluados como posibles maduradores se encuentran Bioticón®, K-Fol®, Agrofós-K®, agroticón, B-zucar® y Cosmomadurador®; si bien estos productos promueven incrementos en el contenido de sacarosa de los tallos que pueden alcanzar en el mejor de los casos de 0.5 a 0.8 unidades porcentuales, sus resultados distan bastante de los que se obtienen con el glifosato y por consiguiente su uso comercial se limita a aplicaciones en pequeñas áreas exploratorias.

No obstante la menor eficacia de los maduradores alternativos, Cenicaña continuará las investigaciones con este tipo de productos para determinar si dosificaciones diferentes a las que se han utilizado hasta el momento o cambios en los volúmenes de mezcla y en las épocas de aplicación contribuyen a mejorar su eficacia, ya que pueden ser una alternativa en las áreas que tienen restricciones en la aplicación de herbicidas.

Mecanización agrícola

Secuencia de labores y reducción de costos de preparación y levantamiento de socas en el cultivo de la caña

Este proyecto fue iniciado por Cenicaña en el año 2005 con el fin de encontrar secuencias alternativas de preparación de suelos y levantamiento de socas con costo menor y producción similar con respecto a los métodos convencionales. Se tienen cinco experimentos ubicados en Riopaila Castilla (planta Castilla, zona agroecológica 10H3 y planta Riopaila, zona 5H3), Mayagüez (11H1), Manuelita (11H1) y Sancarlos (6H1). En 2009 se cosecharon tres de ellos; los resultados se presentan a continuación.

En Riopaila Castilla (planta Riopaila), zona agroecológica 5H3, se cosechó la plantilla de la variedad CC 84-75. Se evaluaron cinco tratamientos de preparación de suelos que incluyeron un testigo correspondiente al tratamiento convencional de ocho labores y cuatro tratamientos con un número de labores entre cinco y siete. Las producciones (promedio de cuatro repeticiones por tratamiento) variaron entre 143-162 TCH y entre 1.19-1.42 TAHM, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. El testigo produjo 150 TCH y 1.23 TAHM. Todos los tratamientos evaluados tuvieron costos más bajos que el testigo; se destacaron dos tratamientos alternos con una reducción de costos de 43% (cinco labores) y de 27% (seis labores). Los resultados coincidieron con los obtenidos en plantilla en los demás sitios experimentales y muestran la posibilidad de mantener altas productividades con secuencias de menor laboreo y menor costo.



Cenitándem convencional. Hacienda Santa Helena, Riopaila Castilla (planta Riopaila).

En el Ingenio Manuelita, zona agroecológica 11H1, se cosechó la primera soca de la variedad CC 85-92 y se evaluaron cuatro tratamientos de levantamiento de la soca en cinco repeticiones, así: T1, subsuelo triple (testigo); T2, minitándem; T3, minitándem + subsuelo triple; y T4, cenitándem modificado. Las producciones de caña oscilaron entre 153-171 TCH, con diferencias significativas de los tratamientos 2, 3 y 4 con respecto al T1; la producción de azúcar estuvo en el rango de 1.23-1.39 TAHM sin diferencia significativa entre tratamientos. Se destacaron los resultados de las parcelas roturadas con el cenitándem modificado (T4), donde se consiguieron las producciones más altas en caña y azúcar recuperable estimado (ARE % caña).



Cenitándem modificado mediante la adición de cuatro escarificadores. Hacienda Santa Helena, Riopaila Castilla (planta Riopaila).



Cenitándem modificado.

En Riopaila Castilla (planta Castilla), zona agroecológica 10H3, se cosechó la primera soca de la variedad CC 85-92. Los tratamientos de levantamiento del cultivo fueron: cenitándem convencional (T1, testigo) y cenitándem modificado (T2). En la primera soca, en el tratamiento con cenitándem convencional se consiguieron 120 TCH, media de 10 repeticiones, y en el tratamiento con cenitándem modificado, 112 TCH, sin diferencias significativas entre los dos tratamientos.

El cenitándem modificado se muestra como una buena alternativa para las labores de roturación. Después de modificaciones sucesivas el desempeño de este implemento ha mejorado y su efecto se aproxima hasta unos 35 cm del centro de la cepa e incrementa el área de la sección roturada en un 23% con respecto al cenitándem convencional.

Programa de Procesos de Fábrica

Misión: 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.

El trabajo investigativo y de asesoría en los ingenios azucareros colombianos se orienta básicamente a satisfacer las necesidades tecnológicas, operativas y ambientales en los procesos de fabricación de azúcar y etanol. Las líneas de intervención de Cenicaña se definen de acuerdo con el alcance de los objetivos propuestos en cada caso.

En cuanto al uso racional de energía, se presentan en el siguiente informe los aspectos más destacados en asuntos de integración energética, cogeneración y gasificación de biomasa. Entre ellos, la iniciativa del Ingenio Providencia de construir un pirolizador para procesar al menos 10 t/día de residuos de cosecha, a partir de un sistema desarrollado por Cenicaña.

Acerca de los trabajos en operaciones unitarias, sobresalen los resultados de evaluaciones de calidad de caña en el Ingenio Manuelita, que señalan la importancia de revisar los parámetros de molienda óptimos que se requieren para procesar cañas con mayores niveles de materia extraña.

En control de procesos, para el control de la imbibición se adaptó un medidor continuo de humedad del bagazo con base en la espectroscopia NIR, útil para la manipulación del flujo de agua de imbibición en función de los cambios en la velocidad de molienda o en el contenido de fibra.

Con respecto a las investigaciones y el desarrollo tecnológico en la etapa de fermentación de la producción de etanol, se destacan los avances del proyecto exploratorio acerca de las posibilidades de obtener consorcios microbiológicos nativos capaces de degradar celulosas y hemicelulosas hasta conseguir mezclas de hidrolizados que contengan glucosa y xilosa.

Los grupos de ingeniería mecánica y química también participaron en el proceso de desarrollo tecnológico relacionado con el sistema CATE (ver página 25) y apoyaron al Programa de Agronomía en el desarrollo de la instrumentación electrónica e hidráulica del aforador RBC para la medición del agua de riego con sistemas de registro continuo.



La producción de etanol en Colombia con destino a la oxigenación de gasolinas se ha mantenido estable desde el año 2006 y puede afirmarse que ésta depende exclusivamente del aporte del sector azucarero.

Por este motivo, para Cenicaña es estratégico apoyar los procesos de generación de conocimiento que tienen que ver con la fermentación de mezclas de jugos, meladuras y mieles –de aplicación actual– y, por otro lado, avanzar en el estado del arte para la obtención de etanol a partir de los residuos lignocelulósicos de la caña, de aplicación futura.

Uso racional de energía

El uso de energía térmica y eléctrica en las instalaciones fabriles azucareras y alcoholeras ha cobrado en los últimos años una importancia estratégica para la sostenibilidad de la producción. Las nuevas oportunidades de ingreso económico a través de la cogeneración son aprovechadas por seis ingenios colombianos, con lo cual ha ido creciendo el flujo de información y de investigación acerca del uso racional de la energía en el sector.

Durante 2009 Cenicaña participó en la consulta que abrió la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) para discutir la propuesta de Resolución No. 077 del 16 de julio de 2009, en la cual se establecen los parámetros de eficiencia exigidos para acceder a la categoría de cogenerador en el mercado eléctrico nacional. En la resolución se introduce el concepto de rendimiento eléctrico equivalente (REE) como un indicador de la proporción mínima requerida entre la energía eléctrica y la energía térmica que puede producir un ingenio.

En asuntos relativos a la innovación tecnológica, Cenicaña desarrolló un sistema a escala de laboratorio para la pirólisis rápida de los residuos de cosecha de la caña de azúcar (hojas, cogollos, chulquines y cepas), puesto que en algunos ingenios se presentan excedentes de estos materiales, y determinó los rendimientos energéticos preliminares en la obtención de gas combustible, biocarbón y aceites pirolíticos para distintos niveles de severidad (temperatura y tiempo de reacción) del proceso. En asocio con el Ingenio Providencia se comenzaron las tareas de construcción de un pirolizador para procesar al menos 10 t/día, en el cual se utilizarán como materia prima los residuos de la cosecha de caña que actualmente son separados de manera neumática en una mesa de descarga de caña.



Centro de control, Ingenio Providencia.

También en el Ingenio Providencia se evaluó la eficiencia del nuevo sistema de cogeneración de energía que entró en operación en 2009, el cual incluye una caldera que trabaja a presiones cercanas a 60 bares y dos turbogeneradores. En la evaluación se confirmaron los datos de diseño sugeridos por el proveedor de la tecnología.

Igualmente, el Ingenio Pichichí concretó este año la venta de energía a la red de interconexión eléctrica de 500 kW mensuales en promedio, luego de efectuar un mantenimiento general de los generadores de vapor que fue planteado como parte de las estrategias y rutas tecnológicas sugeridas mediante el uso de modelos matemáticos desarrollados por Cenicaña.

Otros servicios tecnológicos de apoyo para la toma de decisiones de inversión y mejoramiento en aspectos energéticos asociados con los procesos productivos en las plantas de azúcar y etanol se refieren a la adopción de motores eléctricos para el accionamiento de molinos y al mejoramiento de la eficiencia energética en calderas y evaporación.

Fue así como se colaboró con el Ingenio Sancarlos en la selección de un motor eléctrico para el nuevo molino No. 0, para lo cual también se desarrolló un completo análisis energético del mismo; además, se evaluó el comportamiento operacional de la estación de concentración de jugos en el mismo ingenio y a partir de los resultados se ajustaron los niveles del líquido en los cuerpos principales de los evaporadores, lo que permitió reducir en 60% las pérdidas indeterminadas de sacarosa (% caña) generadas en esta etapa de procesamiento. Evaluaciones similares a la descrita se llevaron a cabo en los ingenios Manuelita y Mayagüez y en Riopaila Castilla (planta Riopaila).

De la misma forma, Cenicaña contribuyó en el desarrollo del módulo matemático (sistema Experion®) para la combustión de bagazo en el Ingenio Manuelita, con base en el cual han logrado estabilizar los niveles de eficiencia energética de las calderas. El Centro también apoyó al Ingenio Risaralda en la optimización del uso de potencia eléctrica en bombas de agua de inyección y al Ingenio Providencia en la evaluación del ahorro en consumo de energía eléctrica en los nuevos condensadores multi-jet.

Operaciones unitarias

Calidad de caña

Las pérdidas de sacarosa que ocurren entre el momento del corte de la caña en el campo y el momento de la extracción del jugo en los molinos de las fábricas guardan una estrecha relación con el sistema de cosecha utilizado (manual o mecanizado). Por tal motivo, se realizó un seguimiento experimental con la variedad CC 85-92 en el Ingenio Manuelita, para comparar las pérdidas de sacarosa en caña verde y caña quemada con corte manual y corte mecanizado durante un tiempo de permanencia de 168 horas. Los resultados mostraron que en las primeras 24 horas de permanencia la velocidad de deterioro de la caña cosechada con máquina (trozos entre 20-30 cm) fue mayor en comparación con la caña del corte manual, de manera que las pérdidas de sacarosa fueron mayores con la cosecha mecanizada. No se detectaron diferencias significativas en deterioro entre las modalidades mecanizadas de caña verde y caña quemada.



Cosecha mecanizada, Ingenio Manuelita.

En los Ingenios Manuelita, Pichichí y Providencia se validó el método de análisis directo (DAC) para las determinaciones de sacarosa (% caña). En Providencia fue posible validar y definir los parámetros empíricos necesarios para la ecuación utilizada para el cálculo de la sacarosa (% caña) en muestras de precosecha, en muestras de caña que entran a las fábricas y en jugos del primer molino. Igualmente, en los ingenios Manuelita y Pichichí se validó la metodología CeniAD para la determinación de sacarosa (% caña) en muestras de campo.

Preparación y molienda

Una de las variables más importantes en el proceso de molienda de caña corresponde al caudal del agua de imbibición, flujo que constituye un factor controlable en función de la extracción global de sacarosa en un ingenio azucarero. Las posibilidades de mejoras en extracción en dos entornos tecnológicos de molienda (Ingenio Providencia y Riopaila Castilla, planta Riopaila) fueron analizadas con base en experimentaciones a escala industrial adelantadas por Cenicaña, que también cooperó con el Ingenio Mayagüez en la definición del nuevo escenario de preparación y extracción previsto con la instalación de una desfibradora de trabajo pesado.

En el Ingenio Manuelita, donde se está valorando el impacto de la mecanización de la cosecha en los componentes de costos propios de la cosecha, el transporte y la fabricación de azúcar, se adelantaron igualmente las mediciones necesarias para determinar la eficiencia de extracción con nuevas condiciones de fibra y materia extraña. Es importante señalar que estas investigaciones han demostrado la necesidad de profundizar en el conocimiento relacionado con la optimización de los parámetros de molienda que se requieren para procesar cañas con mayores niveles de materia extraña mineral y vegetal, situación que puede derivarse de esquemas tecnológicos propios de la cosecha mecanizada.

Clarificación de jugos

Mediante el uso de un clarificador piloto instalado en paralelo con los clarificadores industriales en los ingenios Mayagüez, Providencia y Sancarlos se establecieron las diferentes respuestas en turbiedad y color de jugos clarificados causadas por cambios en el grado de hidrólisis del floculante utilizado, su dosificación (ppm) y el pH del jugo alcalizado. En total fueron evaluados seis floculantes; los resultados indican que con la aplicación de floculantes en concentraciones mayores o iguales a 0.04% en solución se obtienen las menores turbiedades finales. Se encontró que los floculantes de mayor peso molecular permiten obtener menor turbiedad en el jugo claro; además, que aquellos en cuya formulación se incluyen coagulantes inorgánicos (sales de hierro o aluminio) conducen a remociones de color que pueden llegar al 30% por el efecto de coagulación de las melanoidinas, aunque se requiere una dosis mayor de floculante para obtener valores de turbiedad aceptables. Se recomienda utilizar los floculantes en dosis que pueden variar entre 0.3-0.5 miligramos por cada gramo de sólidos insolubles. Igualmente, puesto que la dureza máxima sugerida para el agua utilizada en la preparación del floculante debe ser 28 mg/L, es recomendable verificar esta variable cuidadosamente cuando se utilicen aguas subterráneas con este fin.

Pérdidas indeterminadas

Desde el año 2006 Cenicaña coordina junto con los ingenios un proyecto sectorial para identificar, controlar y reducir las pérdidas indeterminadas de sacarosa (% caña) en las fábricas de azúcar. Dichas pérdidas han disminuido en los últimos años, al pasar de 1.67% en 2006 (media del sector) a 1.47% en 2007 y a 1.09% en 2008, como resultado de los planes de ajuste y mejoramiento desarrollados en los

ingenios azucareros y del control más estricto de la calidad de los materiales en los ingenios duales de azúcar y etanol. En el año 2009 la media sectorial de pérdidas indeterminadas de sacarosa (% caña) fue igual a 1.28%, aunque debe tenerse en cuenta que en el mismo año se alcanzó una cifra récord histórica de molienda de caña y de producción de azúcares, ya que se lograron incrementos cercanos al 20% en estas variables.

Control de procesos

Control de la imbibición

Durante el proceso de extracción de sacarosa en los molinos de las fábricas de azúcar, cobra una gran importancia práctica el conocimiento de la humedad final del bagazo que sale del último molino. Cuando el bagazo presenta niveles de humedad altos se reduce su poder calorífico y por consiguiente, de manera simultánea, se reduce la eficiencia de la caldera. Por el contrario, niveles bajos de humedad pueden sugerir flujos adecuados de imbibición que garantizan un mejor comportamiento operacional tanto de la etapa de extracción como de los generadores de vapor. Teniendo en cuenta lo anterior Cenicaña seleccionó, adecuó y puso en marcha un medidor continuo de humedad del bagazo con base en la tecnología NIR, el cual ha sido utilizado en los ingenios Carmelita, Providencia y Riopaila Castilla (plantas Riopaila y Castilla), de manera que se ha avanzado en la formulación de un modelo dinámico del proceso de imbibición y su correspondiente estrategia de control. Cenicaña cuenta con información suficiente para establecer las funciones de transferencia que relacionan el torque generado en los ejes de las turbinas con el aumento de la fibra vegetal que entra a los molinos y la función de la relación multivariada fibra-torque-humedad en bagazo. El paso siguiente consiste en implementar la estrategia de control multilazo en un molino comercial para, de esta manera, proceder a la determinación de los parámetros de sintonización que hagan posible la manipulación del flujo de agua de imbibición en función de los cambios en la velocidad de molienda o en el contenido de fibra de la caña preparada.

Control de calderas

Durante el 2009 Cenicaña cooperó con el Ingenio Pichichí en los procesos de actualización y modernización de los sistemas de control de las calderas tres y cuatro en las instalaciones fabriles. En el Ingenio María Luisa apoyó la implementación de la estrategia de control de tres elementos en una caldera.

Fermentación

La producción de etanol en Colombia con destino a la oxigenación de gasolinas se ha mantenido estable desde el año 2006 y puede afirmarse que ella depende exclusivamente del aporte del sector azucarero. Por este motivo para Cenicaña es estratégico apoyar los procesos de generación de conocimiento que tienen que ver con la fermentación de mezclas de jugos, meladuras y mieles (de aplicación actual) y, por otro lado, avanzar en el estado del arte para la obtención de etanol a partir de los residuos lignocelulósicos de la caña (aplicación futura).

En el último año, con la operación del fermentador piloto (122 litros) en el Ingenio Mayagüez fue posible reproducir con éxito las condiciones operacionales del fermentador comercial. En el fermentador piloto se realizó el seguimiento de la calidad microbiológica del jugo clarificado y de la miel B alimentados al fermentador comercial y se comenzaron una serie de experimentos con el fin de conocer los niveles óptimos de nitrógeno para maximizar la producción de etanol. La experimentación incluye la variación de tres dosis de úrea en la propagación y dos dosis de úrea en la fermentación, con el objeto de valorar el efecto en el crecimiento celular de la levadura. De forma complementaria se realizan evaluaciones de dos dosis de ácido fosfórico en la fermentación para determinar su influencia sobre el grado alcohólico de los vinos resultantes.



Laboratorio de Microbiología, Cenicaña.

En condiciones de laboratorio se caracterizó la productividad alcohólica de cuatro cepas de levaduras nativas aisladas en los ingenios Mayagüez y Providencia, en la cual se incluyó el comportamiento de las levaduras cuando se recirculó el 50% de la vinaza producida. La experimentación con estas cepas se encuentra en la fase semicomercial y durante el 2010 se evaluará su comportamiento en fermentadores de 12,000 litros.

Para el caso de la producción de etanol a partir de los residuos de cosecha de la caña de azúcar, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de la Convocatoria para el apoyo a las alianzas estratégicas entre la acade-

mia, los centros de investigación y las empresas del sector productivo, contribuye al financiamiento de la investigación básica adelantada con el objetivo de explorar las posibilidades de obtener consorcios microbiológicos nativos que sean capaces de degradar celulosas y hemicelulosas hasta conseguir mezclas de hidrolizados que contengan glucosa y xilosa. Estos proyectos se desarrollan mediante acuerdos realizados entre la Universidad del Valle, la Universidad Autónoma de Occidente y Cenicaña.

Una vez obtenidos los referidos hidrolizados de los residuos de caña de azúcar, se procede a la búsqueda de nuevas cepas autóctonas que tengan la capacidad de fermentar pentosas y hexosas, ya sea de manera individual o simultánea. Los resultados hasta ahora muestran que tras diez salidas de campo se cuenta con 1002 aislamientos totales de bacterias y hongos filamentosos para la fase de hidrólisis, de los cuales 15 cepas corresponden a hongos celulolíticos entre los que se destacan basidiomycetos y deuteromycetos. De las 987 cepas originales de bacterias se registra que 171 presentaron algún tipo de actividad celulolítica y de ellas 14 sobresalieron por la actividad enzimática que fue determinada por métodos semicuantitativos. Estos grupos de 15 hongos y 14 bacterias han sido preseleccionados para continuar con ellos las labores de investigación que siguen con los estudios de medición de la actividad enzimática por métodos cuantitativos.

Con respecto a la hidrólisis de hemicelulosas, al finalizar el año se contaban 437 cepas de bacterias evaluadas, de las cuales 15 cepas han sido consideradas como promisorias para la producción de xilanasas.

De igual forma, para cuantificar las concentraciones de glucosa, xilosa y arabinosa, información necesaria para conocer el avance del proceso de hidrólisis de celulosas y hemicelulosas, en el laboratorio se evaluaron comparativamente dos métodos basados en el carácter reductor de los azúcares: el método del DNS (que corresponde al ácido 3.5 dinitro salicílico) y el método de la antrona basado en el compuesto aromático del mismo nombre (proviene de un fenol y ácido sulfúrico). Se seleccionó el método del DNS por presentar mejor coeficiente de correlación y reproducibilidad.

Análisis de información

Los niveles de productividad y competitividad de un sector industrial están relacionados de una manera directa con la forma como se registra, documenta y utiliza la información que se genera en todas las etapas de los procesos productivos. Cenicaña ha apoyado sistemáticamente al sector azucarero colombiano en diversas actividades que buscan asegurar la calidad de la información analítica y operacional que día a día se genera en las instalaciones fabriles.

En 2009, en trece ingenios se entregó y se presentó el informe del segundo seguimiento del sistema de medición estandarizado con un análisis del sector y análisis comparativos por ingenio. Además se llevaron a cabo las tareas siguientes.

En el Ingenio Mayagüez se revisó la metodología de determinación de sólidos insolubles en jugo diluido y en el Ingenio Sancarlos, los análisis de resultados de sacarosa en miel final obtenida con el uso de sulfato de aluminio y cal como alternativa del subacetato de plomo como agente clarificante. En los ingenios Manuelita y Sancarlos se revisaron los análisis de la sacarosa en efluentes del proceso fabril, incluso los sistemas de muestreo y la metodología analítica. En trece ingenios se calibraron los cuarzos de los polarímetros, tarea que se constituye en una herramienta importante en las labores de control de la producción en las fábricas.

También en el Ingenio Manuelita se realizaron seguimientos técnicos para el análisis de la trazabilidad de las básculas de miel B que cuantifican este material cuando sale de la planta de azúcar y para el medidor de flujo del alcohol producido (FT-721), con el objeto de asegurar la precisión en el cálculo del balance de materia global de la fábrica dual.

Como un componente de la estandarización de mediciones en la producción de etanol carburante en plantas duales, se homologaron las técnicas analíticas para el control de los materiales que se alimentan a la planta, en este caso con énfasis en la acidez volátil en materias primas, y se realizó el estudio comparativo preliminar para la determinación de la reproducibilidad del análisis de azúcares fermentables en miel B con la participación de los ingenios azucareros Sancarlos y Riopaila Castilla (planta Riopaila) y de los ingenios duales Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia y Risaralda.



Estación Experimental de Cenicaña.

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

Misión: 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 y técnica y económica de los procesos agroindustriales.

Se presentan a continuación los resultados de un análisis acerca de la evolución de la productividad en el sector azucarero colombiano, con datos correspondientes al periodo 1960-2009, en el cual se muestra el comportamiento de los indicadores de toneladas de caña por hectárea y rendimiento comercial en azúcar y se estima la contribución de los factores en las variaciones de estos indicadores, entre ellos la edad de cosecha, el ingenio (como símil de manejo agronómico y ubicación), la zona agroecológica, el clima, el número de corte y la variedad de caña de azúcar.

También, los resultados de algunos de los análisis aplicados a la producción comercial y, servicios prestados a las empresas del sector. El acompañamiento a los productores azucareros incluye, según el caso, el diseño de experimentos, el análisis de información, la discusión de resultados, la entrega de informes con las conclusiones concretas del análisis y las recomendaciones a cada empresa acerca de otros análisis adecuados para complementar la información requerida.

En relación con las actividades permanentes, durante 2009 se mantuvieron operativos los grupos de estandarización de costos de producción. Además, periódicamente se publicaron los boletines con las estadísticas de la producción agroindustrial. Con respecto a otros resultados, se destaca la elaboración de una guía metodológica para la realización de evaluaciones de impacto económico.

Para atender los requerimientos de los investigadores de Cenicaña y las solicitudes de los ingenios y cultivadores donantes del Centro, en 2009 se apoyaron mediante servicios de análisis estadístico y económico cerca de cincuenta proyectos y actividades de diferente índole.



Incorporar el análisis económico en los resultados obtenidos y entregar al sector productivo tecnologías validadas tanto desde el punto de vista de la productividad como desde la rentabilidad es un propósito que se ha logrado con mayor énfasis en los últimos años y que continúa siendo un reto para el centro de investigación.

El desarrollo de bases de datos y el análisis de la información con la participación de los productores es parte de este propósito.

Evolución de las toneladas de caña por hectárea y el rendimiento en azúcar en la agroindustria colombiana, 1960-2009

La productividad del sector azucarero colombiano se ha caracterizado por variaciones a través de los años. De acuerdo con el análisis de la información disponible, las causas principales de estas variaciones se relacionan con el manejo agronómico del cultivo y los cambios tecnológicos, el clima y los suelos, factores que en forma individual o combinada muestran su efecto en los indicadores de toneladas de caña por hectárea (TCH) y porcentaje de rendimiento comercial en azúcar (en peso, equivalente a la recuperación de azúcar por tonelada de caña molida). Las consecuencias se presentan con una dinámica diferente en cada indicador, de manera que para las TCH el efecto puede ser rezagado y visible en los resultados de la cosecha siguiente, mientras que para el rendimiento puede ser inmediato y evidente en la cosecha actual o ciclo de cultivo presente. A continuación se presentan las observaciones relevantes acerca de la evolución de estos indicadores en la agroindustria colombiana durante el periodo 1960-2009.

Toneladas de caña por hectárea

El tonelaje de caña por hectárea muestra dos etapas bien definidas de evolución. En la primera etapa, que va desde 1960 hasta 1984, hubo incrementos permanentes con sus respectivas oscilaciones, con un TCH mínimo de 84, un máximo de 126 y una edad de cosecha de 18.5 meses en promedio. En la segunda etapa, entre 1985 y 2009, el TCH osciló alrededor de 120, con un mínimo de 103, un máximo de 135 y una edad promedio de 13.7 meses; el incremento en los niveles mínimo y máximo de TCH se dio a pesar de haber disminuido en 4.8 meses la edad de cosecha.

Las variaciones en el tonelaje también se relacionan con los cambios periódicos y estacionales del clima de un año a otro o de un trimestre a otro en el mismo año. Por efecto del clima han ocurrido descensos hasta de 13 TCH en cosechas consecutivas, tal como sucedió entre 1999 (119 TCH) y 2000 (106 TCH), cuando estuvo presente el fenómeno de "La Niña". Con base en el antecedente que señala cómo la disminución de 1.4 meses en la edad de cosecha puede reducir la productividad en 22 TCH (diferencias observadas entre 1994 y 1995: TCH de 132 y 110), es válido afirmar que al conjugar el efecto del clima y el efecto de la edad las variaciones pueden alcanzar las 25 TCH, como ocurrió entre 1993 (135 TCH) y 1995 (110 TCH) debido al efecto rezagado de "La Niña" y a la disminución de un mes en la edad de corte.

Otro hecho importante ocurrido en los últimos veinte años y que ha afectado la productividad es el cambio en la distribución del área cultivada en caña de azúcar según el tipo de suelo. De acuerdo con las clasificaciones de los suelos del valle del río Cauca disponibles su momento, se estima que el área de cultivo en suelos del orden Vertisol aumentó en 9% entre 1992 y 2007, lo cual significa que este porcentaje de expansión corresponde a suelos exigentes en la preparación y difíciles de manejar (suelos menos productivos). En 2007 había aproximadamente

67 mil hectáreas sembradas con caña en Vertisoles, equivalentes al 31% del área total vinculada por la agroindustria azucarera.

Con respecto a la participación porcentual del área cosechada según las condiciones de humedad del suelo, definidas de acuerdo con los criterios de clasificación de la región azucarera en grupos de humedad, se estima que el área en zonas húmedas se incrementó y pasó del 26% en 1992-1994 al 29% en 2007-2009, al tiempo que el área en zonas secas disminuyó del 59% al 56% en el mismo periodo.

El análisis de la evolución del tonelaje muestra que el efecto en el cultivo del fenómeno de "La Niña" difiere según la zona agroecológica. Las variaciones más fuertes se han observado en los sitios caracterizados por condiciones de exceso de humedad del suelo, donde la productividad puede disminuir hasta en 20 TCH. En sitios donde el suelo presenta condiciones normales de humedad con tendencia al déficit, por efecto del fenómeno de "La Niña" la reducción puede ser hasta de 7 toneladas por hectárea.

La variedad de caña de azúcar es otro factor asociado con la productividad. En la agroindustria colombiana, en los últimos años la variedad que más ha incidido en el promedio de TCH es la CC 85-92, caracterizada por su buena productividad en TCH y rendimiento; participa en el 70% del área cosechada, su edad de corte ha oscilado entre los 12 y los 13 meses y continua siendo la preferida para la siembra tanto en áreas nuevas como en aquellas dispuestas para renovación. La importancia relativa de esta variedad y las variaciones del clima entre años explican en parte las oscilaciones del tonelaje alrededor de 120 TCH. No obstante los buenos resultados obtenidos con la CC 85-92, el hecho de que haya superado los límites recomendables en área sembrada señalan la importancia estratégica de probar las nuevas variedades que han mostrado mejores resultados en zonas agroecológicas específicas, a fin de tomar decisiones oportunas de cambio varietal.



Variedad CC 93-4418. Día de campo sobre paquete tecnológico de variedades, evento de la red GTT en el Ingenio Mayagüez.

Al aplicar la técnica de los modelos lineales para estimar la contribución de los factores en las variaciones del TCH y corroborar lo expuesto antes se encontró que la edad de cosecha explicó el 31% de las diferencias; el ingenio (como símil de manejo agronómico y ubicación) explicó el 24%; la zona agroecológica, el 18%; el clima, el 18%; el número de corte, el 5% y la variedad de caña, el 4%. Cuando el análisis se hizo para un ingenio en particular, la edad de cosecha explicó el 36% de las variaciones en TCH; el clima, el 24%; la zona agroecológica, el 30%; el número de corte, el 6% y

la variedad de caña, el 4%. Al pasar del análisis agregado del sector al análisis por ingenios la contribución de la zona agroecológica de cultivo sobre la productividad de la caña de azúcar se incrementó en 12 unidades porcentuales.

Los resultados ratifican la importancia que tienen la edad de cosecha, el clima en los diferentes momentos del cultivo y las zonas agroecológicas donde se están estableciendo las plantaciones nuevas, por mencionar los de mayor influencia. Es importante resaltar además que el porcentaje tan alto de explicación atribuido a la edad de cosecha se debe fundamentalmente al rango de edad tan variado que maneja la agroindustria; si este rango se restringe, dicho porcentaje disminuye significativamente.

Rendimiento

Acerca de la evolución del rendimiento se pueden establecer tres etapas: la primera, de 1960 a 1989, cuando el rendimiento osciló entre 10.4% y 11.2%, sin crecimiento sostenido; la segunda etapa, entre 1990 y 2000, caracterizada por una tendencia creciente del rendimiento, con un valor mínimo de 10.88% y máximo de 11.8%; y la tercera etapa, del 2001 al 2009, cuando se presentaron promedios anuales entre 11.5% y 11.96%.

Como se comentó antes, el efecto del clima en las TCH es rezagado y se aprecia en la cosecha siguiente. Cuando la condición climática externa está definida por el fenómeno de "La Niña" es común que ocurran daños directos en las cepas al momento de la cosecha y limitaciones para la realización de labores en el ciclo de cultivo siguiente.

En el caso del rendimiento el efecto del clima es inmediato; se observa en la cosecha actual y puede causar una disminución de 0.5 unidades porcentuales. Este descenso está asociado principalmente con la eficiencia en la extracción de sacarosa en la fábrica debido al incremento de la materia extraña.



Variedad CC 01-1228.

Las mayores oscilaciones del rendimiento ocurren dentro del año: en el primer semestre se consigue un rendimiento más bajo que en el segundo semestre, inferior hasta en una unidad porcentual, debido precisamente a la época seca más intensa que se presenta en el tercer trimestre.

Al aplicar la técnica de los modelos lineales se observa que el ingenio (como símil de manejo y ubicación) explica el 43% de las variaciones del rendimiento, mientras que el clima (mes-año) explica el 42%, con el mayor peso asociado al mes. Cuando se analizan los factores en un solo ingenio, el clima o factor temporal explica el 73% de la variación.

En la última década (1999-2009) el rendimiento ha tenido un incremento sostenido e importante y el tonelaje de caña por hectárea se ha sostenido debido a la nueva composición varietal y al manejo dado al cultivo, a pesar de que se ha disminuido la edad de cosecha y se ha incrementado el área cultivada en zonas marginales.

Un camino hacia altas rentabilidades en la producción de azúcar, 2003-2008

Mediante la estimación de percentiles de la variable rentabilidad expresada en kilos de azúcar por tonelada de caña para un ingenio del sector y en sus tierras propias se generaron cuatro categorías de rentabilidad: muy baja, baja, alta y muy alta. Para las categorías de rentabilidad muy baja y muy alta, a través de los modelos de regresión lineal múltiple, se estimaron los efectos de las variables de productividad (TCH y rendimiento %) en la variación de la rentabilidad.

Debido a la mayor importancia del rendimiento en la rentabilidad del ingenio, se cuantificaron mediante el método de modelos lineales generales los efectos en el rendimiento de factores tales como la variedad de caña y grupos de edad de cosecha, grupos de TCH, grupos de número de corte, grupos de humedad, grupos de mes de cosecha y algunas interacciones de segundo orden. Posteriormente se estimaron y compararon los promedios de rendimiento para cada uno de los niveles de los factores significativos del modelo.

Con los datos de productividad de suertes cosechadas por el ingenio en sus tierras propias y los costos de producción correspondientes al período 2003-2008 se calculó la rentabilidad de cada suerte del ingenio. Así mismo se seleccionaron las variedades de caña más cosechadas.

Para cada grupo de rentabilidad y utilizando la regresión lineal múltiple se expresó la rentabilidad como función de las variables de productividad (TCH y rendimiento), factores importantes en la determinación del ingreso del productor.

Una vez cuantificado el efecto por grupo de rentabilidad en TCH y rendimiento se utilizó la técnica de los modelos lineales generalizados para expresar el rendimiento como función de los factores variedad, grupos de edad de cosecha, grupos de TCH, grupos de número de corte, grupos de meses de cosecha, grupos de humedad y algunas interacciones de segundo orden. Se estimaron por mínimos cuadrados los promedios de rendimiento para cada uno de los niveles de los factores significativos y se realizó una comparación estadística entre ellos.

Los resultados del análisis muestran que el rendimiento es el factor que más pesa en las variaciones de la rentabilidad. En la categoría de rentabilidad muy baja se observó que un incremento de una unidad de rendimiento (tonelaje de caña constante) representa un aumento en la rentabilidad equivalente a 4.5 kilos de azúcar por tonelada de caña. En la categoría de rentabilidad muy alta el rendimiento cobra aun más importancia y por cada incremento de una unidad del rendimiento (tonelaje de caña constante) se esperan 6.2 kilos de azúcar adicionales por tonelada de caña.

En la categoría de rentabilidad muy baja se concluye lo siguiente:

- La variedad de mejor desempeño en rendimiento (tres grupos de tonelaje) es CC 85-92.
- En suelos secos el uso de las variedades CC 85-92 o CC 84-75 es indiferente en cuanto al rendimiento. En suelos húmedos se observa superioridad de la CC 85-92.
- Para los números de corte entre 1 y 4 las mejores edades de cosecha en términos de rendimiento corresponden a edades intermedias (11.2-12.3 meses) y edades altas (>12.3 meses), mientras que para cortes mayores a 4 las mejores edades de cosecha se ubican en los rangos de edades tempranas (<11.2 meses) e intermedias.
- En sitios de productividad (TCH) baja o intermedia se obtiene un resultado superior en el rendimiento al cosechar la caña en edades entre intermedias y altas, mientras que en sitios de alta productividad las edades recomendadas son entre bajas e intermedias.
- Independientemente del grupo de número de corte los mejores rendimientos se obtienen en los meses secos.
- Cuando se cosecha en meses secos, las edades intermedias son las más apropiadas para conseguir los mejores rendimientos. Cuando se cosecha en meses húmedos, se requieren edades altas para incrementar el rendimiento comercial.



Paisaje en el valle del río Cauca.

En la categoría de rentabilidad muy alta las conclusiones son:

- En suelos secos la variedad más apropiada para obtener altos rendimientos es la CC84-75. En suelos húmedos no se detectan diferencias significativas en el rendimiento para las variedades analizadas.
- En edades tempranas no se observan diferencias significativas en el rendimiento de las variedades analizadas, mientras que en edades intermedias a tardías los mejores rendimientos se obtienen con la CC 84-75.
- En suelos secos las edades tempranas son las más apropiadas para obtener altos rendimientos, mientras que en suelos húmedos no hay diferencias significativas entre los grupos de edades en cuanto al rendimiento.
- En todos los suelos los grupos de producción de bajo tonelaje de caña son los de más altos rendimientos.
- En todos los suelos los meses de cosecha más convenientes para obtener altos rendimientos son los meses secos.

Comportamiento del rendimiento en un ingenio de la zona húmeda, 2003-2008

Con el objetivo de conocer los factores que más inciden en la variabilidad del rendimiento en un ingenio de la zona húmeda, el rendimiento se expresó como una función de: grupos de edad de cosecha, variedades, grupos de número de corte, grupos de humedad, grupos de meses de cosecha, tenencia y sus interacciones de segundo orden.

El análisis permite concluir que los factores que mayor efecto tienen en el rendimiento son en su orden: grupo de mes de cosecha, tenencia de la tierra, grupo de edades de cosecha, las interacciones de tenencia con grupo de edad de cosecha, grupo de humedad y grupo de mes de cosecha. También la variedad tiene un efecto significativo, y sus interacciones con el grupo de corte, el mes de cosecha, la tenencia y el grupo de edad de cosecha también fueron significativas.

Con base en la información de los efectos principales podemos decir que los mayores rendimientos se consiguen en edades de cosecha superiores a los 12.5 meses, con cañas cosechadas entre julio y octubre y en tierras de manejo directo. Un análisis del comportamiento de los promedios de rendimiento en función de grupos de edad de cosecha mostró que los mayores valores se consiguen en edades entre 13 y 15 meses.

Durante los últimos dos años el ingenio ha cosechado un porcentaje alto de suertes en edades inferiores a los 12.5 meses, como lo muestra el percentil 75 para la variable edad a través de los diferentes años. De 1999 a 2006 se observa que en el 75% de los casos cosechados la caña tenía más de 12.5 meses. En 2007 y 2008 las edades fueron iguales a 12.12 y 12.45 meses, respectivamente.



29/01/2009 4.44 pm



18/02/2009 5.13 pm

*Validación de prácticas de agricultura específica por sitio
y su comparación con las prácticas del ingenio. Suerte
Peralonso 320, Riopaila Castilla (planta Riopaila).*

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Misión: 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.

El alcance de las actividades desarrolladas por el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología para promover la innovación en las unidades productivas azucareras ha ido superando en los últimos años las tareas permanentes de comunicación técnica a través de publicaciones y eventos participativos, para incorporar ahora con más énfasis la gestión de proyectos en procesos de validación de tecnología agrícola en fincas de productores y en asocio con ellos.

Es así como durante 2009 se comenzó una nueva etapa de desarrollo de la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT), en la cual Cenicaña propone el fortalecimiento de la Red GTT mediante la validación de tecnologías adaptadas con la participación de los productores y de acuerdo con el enfoque de la agricultura específica por sitio.

La iniciativa ha comenzado en fincas de los ingenios azucareros, con la expectativa de ampliar su cobertura a las fincas de proveedores de caña. El propósito fundamental de la Red GTT al respecto es contar con áreas demostrativas donde se puedan observar las diferencias en el cultivo debidas a la combinación de prácticas de manejo agronómico en paquetes tecnológicos convencionales o nuevos, es decir, que representan una innovación en la unidad productiva. Los días de campo programados para el año 2010 se encuentran en el calendario de eventos publicado en <www.cenicana.org>, donde además se puede acceder a las herramientas de AEPS y otros servicios de información.

Se presenta también en este informe un análisis de los resultados del seguimiento de la adopción de tecnología agrícola en ocho ingenios donde se entrevistó a los productores encargados de fincas con manejo directo de los ingenios y fincas de proveedores, que influyen en el 85% del área cultivada con caña de azúcar en el valle del río Cauca.



En razón de los beneficios demostrados por el uso de las tecnologías disponibles para el manejo de las aguas de riego y con la evidencia de los efectos del cambio climático, entre los retos más importantes para la sostenibilidad de la agroindustria están la protección de los ecosistemas que son fuente de recurso hídrico y la promoción de acciones colectivas para garantizar el uso racional del agua.

Cenicaña apoya de distintas maneras estos propósitos y ofrece a los cultivadores de caña la cooperación técnica requerida en el proceso de cambio tecnológico.

Seguimiento de la adopción de tecnología agrícola

Cenicaña realiza análisis periódicos de los cambios en la adopción de tecnología en las unidades productivas de caña de azúcar ubicadas en el valle del río Cauca, con el fin de orientar los planes de transferencia de conocimiento y cooperación técnica en los procesos de validación, documentación y divulgación de los nuevos desarrollos, de acuerdo con la estrategia de comunicación grupal e investigación participativa promovida por el Centro.

Durante 2009, en el Ingenio La Cabaña se dio inicio al proceso de seguimiento mediante entrevistas personales con los productores de caña, mientras que en Carmelita y Sancarlos culminaron las actividades de recolección de información. Con respecto a los cambios en la adopción de tecnología, tanto en Carmelita (2006-2009) como en Sancarlos (2004-2009) se han registrado incrementos en el nivel de adopción del riego por surcos alternos, la tubería con ventanas y la infraestructura de drenaje superficial. De igual forma aumentó el número de muestras enviadas al Laboratorio de Química de Cenicaña para el análisis de suelo, así como el uso de los niveles críticos de NPK (nitrógeno, fósforo y potasio) definidos en la investigación. La adopción de la práctica de fertilización con nitrógeno en una sola aplicación tuvo un pequeño incremento en el Ingenio Sancarlos y una gran disminución en el Ingenio Carmelita, donde los productores que fraccionan la dosis manifiestan hacerlo por la alta precipitación de la zona.

Con base en el análisis de la información colectada entre 2006 y 2008 con los productores de caña vinculados con los ingenios Incauca, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas) y Risaralda se elaboró un informe de avance, del cual se presentan a continuación los resultados acerca de la adopción de tecnologías de manejo de aguas de riego, nutrición y fertilización y agricultura específica por sitio. Los datos sobre el uso del sistema de balance hídrico (BH.v.3.0) están actualizados al 31 de diciembre de 2009.



Uso de tubería rígida para riego.

El área de influencia de los ocho ingenios incluidos en el análisis equivale aproximadamente al 85% del área total sembrada por la agroindustria. Los informes por ingenio y el consolidado se encuentran registrados en el catálogo de la biblioteca de Cenicaña y los textos completos pueden ser consultados en formato de documento portátil (PDF) en <www.cenicana.org>

Tecnologías de manejo de aguas

En relación con las tecnologías de manejo de aguas de riego y en proporción con el área total de los ocho ingenios analizados, en general se observa que en las áreas con manejo directo de los ingenios la adopción es entre media y alta, mientras que en las áreas con manejo de proveedores de caña la adopción es entre baja y media (Cuadro 7).

Cuadro 7. Adopción de tecnología en manejo de aguas en el valle del río Cauca.

Tecnología	Porcentaje de productores adoptadores			Porcentaje de área manejada por productores adoptadores		
	Proveedores	Ingenio	Promedio	Proveedores	Ingenio	Promedio
Programación de riego con sistema de balance hídrico (BH v.3.0) ¹	19.0	84.6	51.7	34.1	92.1	63.1
Conducción de agua con tubería enterrada	38.6	66.7	52.7	39.8	62.1	50.9
Riego con politubulares	8.3	16.7	12.5	4.9	18.4	11.6
Riego con tubería con compuertas	34.8	60.0	47.4	44.5	61.2	52.8
Riego por gravedad surco alterno	46.6	56.7	51.7	43.7	56.7	50.2
Riego por gravedad surco continuo	63.3	73.3	68.3	67.5	78.5	73.0
Tubería PVC con ventanas y surco alterno	11.4	36.7	24.1	11.1	33.6	22.3
Tubería PVC con ventanas y surco continuo	19.7	43.3	31.5	24.1	43.9	34.0
Control administrativo del riego: medición del volumen aplicado por hectárea	21.2	46.7	34.0	28.2	47.6	37.9
Control administrativo del riego: medición del caudal aplicado por surco	4.2	60.0	32.1	14.5	60.7	37.6

1. Datos actualizados al 31 de diciembre de 2009 para toda la industria. Para las demás tecnologías los datos corresponden al periodo 2006-2008 para los ocho ingenios analizados.



Mediciones de control administrativo del riego.

Las percepciones más frecuentes expresadas por los productores adoptadores acerca de las tecnologías de manejo de aguas se resumen así:

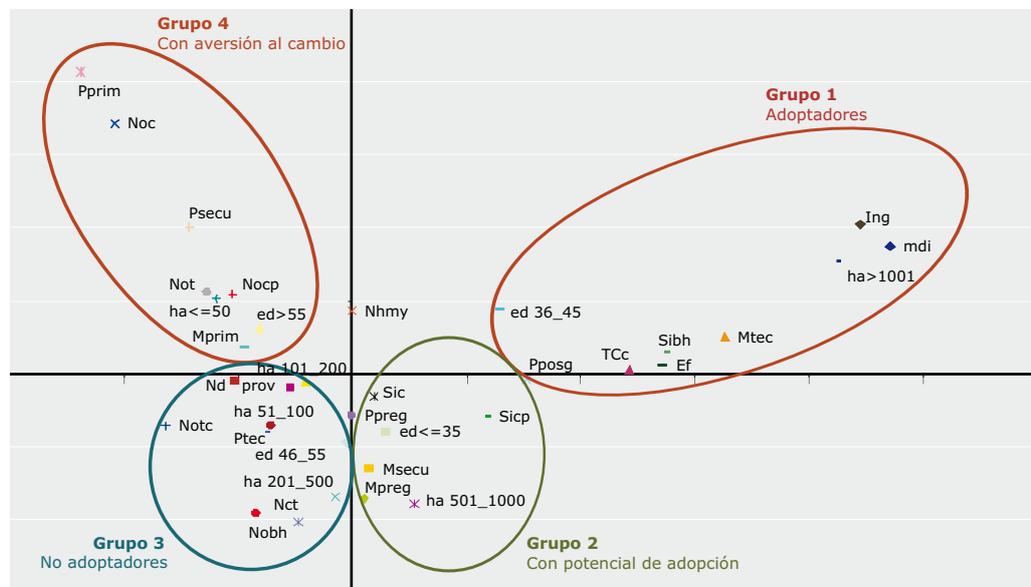
- La tubería rígida para conducción de agua y la tubería con compuertas para la operación del riego presentan ventajas en economía de agua debido a que las pérdidas por conducción son mínimas.
- Con el método de riego por surco alterno se disminuye el volumen de agua aplicado por hectárea sin detrimento de la producción.
- El uso del sistema de balance hídrico hace más eficiente el manejo administrativo del recurso hídrico disponible, con ahorros en el número de riegos por ciclo de cultivo aplicados en el momento oportuno y de acuerdo con los requerimientos de la caña de azúcar.
- Mediante el control administrativo del riego, particularmente a través de la medición sistemática del volumen de agua aplicado por hectárea y el caudal aplicado por surco, es posible establecer indicadores para el mejoramiento de la operación de riego en las unidades productivas.

La programación de los riegos con la metodología de balance hídrico tiene un potencial de adopción en el 100% del área sembrada y según las declaraciones de los productores adoptadores (52%, datos de 2009 en toda la industria) el sistema automatizado BH v.3.0. sólo se utiliza en el 63% del área. En los cultivos con manejo directo de los ingenios este sistema ha sido adoptado por el 85% de los administradores de zona (92% del área con manejo directo), mientras que en el caso de los proveedores sólo el 19% de ellos la está utilizando (34% del área de proveeduría). De acuerdo con lo anterior, la brecha de adopción asciende al 66% del área actual con manejo de proveedores.

Análisis multivariado del comportamiento de adopción. Caso: balance hídrico automatizado (BH v.3.0)

Con el fin de caracterizar los aspectos principales asociados con el comportamiento de adopción de los productores de caña de azúcar respecto de la adopción del sistema de balance hídrico automatizado (BH v.3.0), se hizo un análisis de correspondencia múltiple y un análisis de conglomerados con base en información del periodo 2006-2008 (Figura 21). Se identificaron cuatro grupos de productores con características y comportamientos similares.

Productores adoptadores. Con edades entre los 36 y los 45 años, educación formal al nivel de posgrado y el apoyo de mayordomos con estudios formales de tecnología, los productores adoptadores son administradores de unidades



Área administrada (ha)

- + ha <=50
- ha 51_100
- ▲ ha 101_200
- × ha 201_500
- ✱ ha 501_1000

Tenencia del cultivo

- ◆ mdi: manejo directo de ingenio
- prov: manejo proveedor de caña

Escolaridad del mayordomo

- Mprim: primaria
- Msecu: secundaria
- ▲ Mtec: tecnología
- ◆ Mpreg: pregrado
- × Nhmy: No hay mayordomo

Edad del productor (años)

- ed <=35
- ed 36_45
- ◆ ed 46_55
- ▲ ed >55

Escolaridad del productor

- ✱ Pprim: primaria
- + Psecu: secundaria
- Ptec: tecnología
- ◆ Ppreg: pregrado
- × Pposg: posgrado

Uso de computador

- ✱ Sic: sí tiene
- × Noc: no tiene

Capacitación en BH

- Sicp: sí recibió
- + Nocp: no recibió
- Nct: Sin respuesta

Uso del balance hídrico (BH v.3.0)

- Sibh: sí usa BH
- × Nobh: no usa BH
- Not: no ha adquirido el programa de BH
- + Notc: no aplica riego

Fuente de dato de LARA

- Lámina de agua rápidamente aprovechable
- Ef: determinación de constantes de humedad en suelos de la finca
- ▲ TCc: tabla de referencia (Cenicaña)
- Ing: información suministrada por el ingenio
- Nd: no conoce la LARA

Figura 21. Análisis multivariado según adopción del sistema de balance hídrico para la programación de los riegos en el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (2006-2008).

productivas de manejo directo de los ingenios, con más de mil hectáreas a cargo, quienes utilizan el programa de balance hídrico automatizado y para el cálculo de la LARA se basan en estudios específicos hechos en cada finca, en la tabla de referencia publicada por Cenicaña y en información disponible en el ingenio respectivo.

Productores no adoptadores. Proveedores de caña que no utilizan el programa de balance hídrico y tampoco conocen el valor de la LARA de los sitios de cultivo a su cargo, áreas que oscilan entre las 51 y las 500 hectáreas. Son productores con edades entre los 46 y los 55 años, con estudios formales al nivel de tecnología.

Productores con potencial de adopción. Menores de 35 años, nivel académico de pregrado, administran entre 500 y 1000 hectáreas, han asistido a los talleres de capacitación en el uso del BH v.3.0, utilizan computador y cuentan con el apoyo de mayordomos con educación formal al nivel de secundaria o pregrado.

Productores con aversión al cambio tecnológico. Administradores de menos de 50 hectáreas, mayores de 55 años, con educación formal al nivel de primaria y secundaria, quienes cuentan con el apoyo de mayordomos con estudios de primaria. Ninguno ha asistido a talleres de capacitación sobre el uso del BH v.3.0. No tienen computador.

De acuerdo con las características de cada grupo se dirige la estrategia de transferencia de la tecnología. La meta es que se adopte la metodología del balance hídrico para la programación de los riegos en toda el área regada. El propósito es promover la innovación tecnológica en la gestión del manejo de las aguas de riego a fin de conseguir que en cada unidad productiva del valle del río Cauca se utilice el método de cálculo del balance hídrico que mejor se adapte a las condiciones administrativas de cada finca y, en lo posible, que se comience a usar el sistema BH v.3.0. De acuerdo con la opinión de los productores adoptadores, el BH automatizado trae beneficios en cuanto a mayor organización de la finca, precisión del momento del riego y disminución del número de riegos, el volumen de agua aplicado y el costo de la labor.

Nutrición del cultivo y fertilización

En los ocho ingenios analizados, la adopción de prácticas relacionadas con la nutrición del cultivo y su fertilización presenta, en su conjunto, un nivel entre bajo y medio (Cuadro 8). Los productores adoptadores observan que:

- El análisis de suelo es una práctica útil porque proporciona información para orientar la fertilización del cultivo y precisar las dosis y los nutrientes requeridos en los suelos de cada suerte.
- Los niveles críticos encontrados por Cenicaña para la fertilización con NPK, con base en los cuales se definen las dosis de fertilizantes que se deben aplicar en cada suelo analizado, tienen ventajas relacionadas con la economía de los fertilizantes y el mantenimiento de la productividad del cultivo.
- La práctica conocida como no fraccionamiento en la aplicación de las dosis de los fertilizantes nitrogenados tiene ventajas económicas debido a que se realiza una sola aplicación y no se presentan cambios en la productividad.

Cuadro 8. Adopción de tecnología en nutrición y fertilización (2006-2008).

Tecnología	Porcentaje de productores adoptadores			Porcentaje de área manejada por productores adoptadores		
	Proveedores	Ingenio	Promedio	Proveedores	Ingenio	Promedio
Uso de análisis de suelos	83.7	86.7	85.2	84.5	81.7	83.1
Niveles críticos de fertilización con NPK	16.7	10.0	13.3	18.1	10.2	14.2
No fraccionamiento de las aplicaciones de nitrógeno	57.0	60.0	58.5	47.3	57.0	52.2

Adopción del enfoque AEPS

El conocimiento acerca de las zonas agroecológicas presentes en las unidades productivas y su aplicación en las decisiones de siembra, preparación de suelos y prácticas de cultivo contribuyen para que la adopción del enfoque de la agricultura específica por sitio (AEPS) en el manejo de las unidades productivas se encuentre en un nivel entre medio y alto (Cuadro 9).



Según lo manifestaron los productores que han adoptado el enfoque AEPS, ha sido de utilidad conocer e identificar las zonas agroecológicas presentes en las suertes de la unidad productiva para orientar las decisiones sobre las tecnologías por utilizar; la AEPS ha generado mejoramientos en la productividad relacionados con disminución de costos y aumento de la producción.

Cuadro 9. Adopción de tecnología con enfoque de agricultura específica por sitio, AEPS (2006-2008).

Tecnología	Porcentaje de productores adoptadores			Porcentaje de área manejada por productores adoptadores		
	Proveedores	Ingenio	Promedio	Proveedores	Ingenio	Promedio
Identificación de zonas agroecológicas en la unidad productiva	64.1	96.7	80.4	74.1	97.7	85.9
Adopción de variedades con el concepto de zona agroecológica	41.3	86.7	64.0	57.2	84.4	70.8
Preparación de suelos de acuerdo con zona agroecológica	27.7	53.3	40.5	39.2	53.8	46.5
Decisión de prácticas de cultivo de acuerdo con zona agroecológica	45.5	76.7	61.1	60.1	72.8	66.5

Programas de transferencia y capacitación

Red de grupos de transferencia de tecnología (GTT)

El objetivo de la Red GTT es promover la innovación tecnológica en los sistemas de producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca, de acuerdo con el enfoque de la agricultura específica por sitio. La iniciativa reúne actualmente a los proveedores de caña y a los directivos y personas de campo, cosecha y fábrica de once ingenios, quienes cuentan en todos los eventos con la coordinación y el apoyo de Cenicaña.



Visita de productores de la red GTT a la fábrica del Ingenio La Cabaña.

Como parte de las actividades de la Red GTT, durante 2009 se celebraron 39 eventos de transferencia de tecnología, entre conferencias, días de campo y visitas a fábrica. La asistencia por evento fue del 48% en promedio y participaron en el programa el 80% de los proveedores de caña de la red. Diez cañicultores innovadores presentaron sus experiencias en el uso de distintas tecnologías. Las memorias de los eventos se encuentran disponibles en <www.cenicana.org>. Desde que comenzó a funcionar la Red GTT en 2001 se han realizado 494 eventos, todos ellos documentados y con memorias publicadas en el sitio web: 314 días de campo, 122 conferencias, 53 capacitaciones y 5 giras técnicas.

De otra parte, en una acción coordinada en el marco del proyecto AEPS (ver página 19) y como un complemento de la estrategia de trabajo cooperativo y participativo con los productores de la Red GTT, en 2009 se comenzaron a sembrar los experimentos planeados para cumplir el objetivo de validar paquetes tecnológicos por zona agroecológica mediante investigación participativa con los productores.

Para el efecto, junto con los administradores de campo de los ingenios Manuelita, Pichichí, Risaralda y Sancarlos se escogieron los sitios experimentales, suertes donde prevalecen las zonas agroecológicas 6H1, 11H1, 11H3, 5H3 y 10H4, las zonas más representativas en términos de área en la agroindustria. Con la asesoría de un experto reconocedor de suelos se verificaron en el campo las características agroecológicas de las suertes seleccionadas y posteriormente, de acuerdo con cada zona agroecológica y con la participación activa de los productores encargados por cada ingenio, se identificaron las prácticas utilizadas convencionalmente. De igual forma, con los investigadores de los programas de Variedades y Agronomía de Cenicaña se definieron los paquetes tecnológicos por validar en cada zona agroecológica. Las pruebas de validación incluyen evaluaciones de los indicadores de productividad y rentabilidad, de forma que se espera verificar el impacto económico de las prácticas agronómicas basadas en el enfoque AEPS y las ventajas para el productor con respecto a las prácticas convencionales.

Los días de campo en las áreas demostrativas de validación están programados en el cronograma de eventos de la Red GTT de 2010 que se encuentra publicado en el sitio web de Cenicaña.

Validación de tecnología

Prácticas reducidas en el cultivo de la caña de azúcar

Se cosechó la primera soca del segundo experimento cooperativo de validación comercial de prácticas reducidas sembrado en febrero de 2007 en la hacienda Santanita del Ingenio Manuelita, suelo de la consociación Manuelita, zona agroecológica 11H0, con el objetivo de evaluar un paquete tecnológico de prácticas reducidas que genere mayor rentabilidad por tonelada de caña cosechada con menores costos de producción.

Se evaluaron siete tratamientos donde se compararon labores de manejo convencional y labores reducidas en preparación de suelos, densidad de siembra, fertilización, riego y control de malezas.

Los resultados señalan que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en cuanto a las toneladas de caña por hectárea (TCH) y el rendimiento en azúcar (%) y validan la información obtenida en el primer experimento realizado en la hacienda La Esmeralda del Ingenio Providencia, suelo Nima de la zona agroecológica 31H0.

Con el uso de las prácticas reducidas, tanto en la plantilla como en la soca, se observan oportunidades para reducir los costos e incrementar la rentabilidad del cultivo sin disminuir la producción. En este experimento, en comparación con las prácticas de manejo convencional realizadas por el ingenio, se estima una disminución del 18% en los costos de producción cuando se realiza la fertilización reducida (125 kg/ha de N y 7.5 kg/ha de Fe) recomendada con base en el análisis de suelos; una disminución del 7% al usar la fórmula reducida para el control de malezas y reducciones entre 27% y 33% en los costos de riego (Cuadro 10).

Cuadro 10. Costos relativos de las labores reducidas con respecto a los costos de las labores convencionales. Primera soca del experimento de validación en el Ingenio Manuelita, zona agroecológica 11H0. Variedad CC 93-3895, edad de cosecha: 15.7 meses (marzo 2008-junio 2009).

Número de tratamiento y su descripción ¹	Producción		Costos relativos de labores reducidas versus labores convencionales (%)		
	TCH	Rto. (%)	Fertilización	Control malezas	Riegos
T1: Todas las prácticas convencionales	168	13.2	100	100	100
T2: Fertilización convencional y lo demás reducido	158	12.2	100	-7	-33
T3: Control de malezas convencional y lo demás reducido	173	13.2	-18	100	-35
T4: Riego convencional y lo demás reducido	171	12.7	-18	-7	100
T5: Distancia de siembra convencional y lo demás reducido	160	12.9	-18	-7	-35
T6: Labranza convencional y lo demás reducido	167	13.2	-18	-7	-27
T7: Todas las prácticas reducidas	172	13.2	-18	-7	-30

1. Prácticas convencionales: Escarificación, control de malezas químico con fórmula del ingenio, programación de riego con balance hídrico K:0.3 y K:0.7, fertilización con dosis 2000 L/ha de vinaza y 140 kg/ha de N en una aplicación.

Prácticas reducidas: Escarificación, control de malezas químico con fórmula reducida, programación de riego reducida (menor frecuencia), fertilización con 125 kg/ha de N y 7.5 kg/ha de Fe en una aplicación.

Prácticas de cultivo con el enfoque de agricultura específica por sitio

Se cosechó la plantilla del experimento de validación comercial de prácticas agronómicas con enfoque AEPS sembrado en el Ingenio Risaralda, zona agroecológica 1H3, donde se compararon las prácticas de AEPS con el manejo convencional del ingenio y se determinó el impacto económico en términos de costos y rentabilidad. En total fueron ocho tratamientos ordenados en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones (parcelas de 2000 m² cada una). Se evaluaron los factores variedad de caña, preparación de suelo, densidad de siembra, riego y fertilización. El suelo en el sitio experimental es un Vertisol, Typic Haplusters, de familia textural muy fina y con más del 60% de arcilla en la sección control del perfil (zona agroecológica 1H3).

De acuerdo con los resultados de la plantilla se puede afirmar que las prácticas de AEPS tienen un impacto positivo en el desarrollo del cultivo y en la obtención del rendimiento potencial de la caña de azúcar; en las condiciones del experimento el incremento en producción se vio reflejado en mayor rentabilidad del cultivo, lo cual se observó tanto en el análisis desde el punto de vista del ingenio como en el análisis desde la perspectiva del proveedor de caña. El ingreso neto por tonelada de caña para el proveedor fue superior con las prácticas de AEPS en comparación con las prácticas convencionales. El ingreso neto más alto por tonelada de azúcar para las unidades productivas de manejo directo del ingenio se obtuvo con el uso de la densidad de siembra convencional y las demás prácticas de AEPS.

La experiencia aprendida en esta primera actividad de validación del enfoque AEPS en áreas comerciales confirma la importancia del análisis de rentabilidad para la toma de decisiones administrativas y de manejo agronómico en las unidades productivas. De acuerdo con los objetivos del Proyecto AEPS (cuarta fase, ver página 20) y en congruencia con la estrategia de comunicación participativa y grupal en

los procesos de validación y transferencia de tecnología, en 2009 se comenzaron a establecer sitios de validación en las principales zonas agroecológicas (ver Red GTT, página 81).



Validación de prácticas de agricultura específica por sitio y su comparación con las prácticas del ingenio. Suerte Hacienda Real 6, Ingenio Manuelita.

Producción de material divulgativo

Durante 2009 se editaron cerca de doscientas cincuenta páginas de contenido técnico que fueron publicadas en las series impresas Carta Trimestral e Informe Anual. Se actualizó el folleto institucional y se imprimieron copias en inglés y español. También se publicó la Guía práctica para evaluar el desempeño de los sistemas de caña de azúcar en el valle del río Cauca.



También se elaboraron las ayudas visuales (pósteres) para complementar el stand de Cenicaña en la exposición campestre realizada en el marco de la Feria Agro del Pacífico, el stand institucional del sector azucarero en los días del VIII Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña) y las exposiciones presentadas en la Estación Experimental durante el precongreso.



Los contenidos del sitio web <www.cenicana.org> fueron actualizados con la frecuencia requerida y se publicaron nuevos servicios como el Glosario y Tesoro de la Agroindustria de la Caña de Azúcar de Colombia, el Sistema Experto de Fertilización (SEF), datos de la estación base de GPS, consultas complementarias en el Servidor de Mapas (rediseño de interfaces y funciones), consultas complementarias en el servicio de mapas meteorológicos y un nuevo boletín meteorológico para el seguimiento diario a la precipitación (ver página 22).



Las actualizaciones más frecuentes correspondieron a las memorias de eventos de la Red GTT, publicaciones de Cenicaña, adquisiciones de biblioteca, memorias de los comités de investigación, banco de preguntas y consultorio tecnológico. El número de usuarios registrados en el sitio web asciende a 835 personas, de las cuales 493 son personas naturales o representantes de las empresas proveedoras de caña y 342 son representantes de los ingenios y las instituciones del sector.

Atención de visitantes en la Estación Experimental de Cenicaña.

Servicio de Información y Documentación

Misión: Mantener actualizado al sector agroindustrial de la caña de azúcar de Colombia en las metodologías y avances tecnológicos referentes al cultivo y procesamiento de la caña de azúcar, mediante el acceso a la información bibliográfica.

Acceso a bases de datos

La información científica producida por las universidades y los centros de investigación de mayor prestigio en el mundo se encuentra disponible para los usuarios del sector azucarero a través de Cenicaña, mediante el envío de documentos electrónicos, gracias al consorcio conformado por la editorial holandesa Elsevier y 56 entidades colombianas, entre ellas Colciencias, líder de la iniciativa en el marco de la política de Estado "Colombia construye y siembra futuro", 17 universidades y 37 centros de investigación además de Cenicaña.

A través de las entidades que participan en el consorcio, los investigadores del país pueden acceder y utilizar toda la información contenida en las bases de datos ScienceDirect®, Freedom Collection®, Clinics Collection®, Compendex® y Scopus™. Solamente la base de datos Science Direct® contiene más de 2500 títulos de revistas revisadas por pares y se puede tener acceso a la información publicada desde 1999 hasta la fecha de forma electrónica y en texto completo.

Esta nueva oferta de información se suma a los servicios de acceso a las bases de datos en texto completo que había disponibles en Cenicaña, entre los que se cuentan el acceso a la investigación mundial en línea, Agora; la base de datos jurídica identificada como Noticiero Oficial y la suscripción electrónica a las revistas *Science*, *Agronomy Journal* y *Crop Science*.

Además, Cenicaña continúa la adquisición permanente de información digital y en papel. Los usuarios pueden solicitar los documentos de interés por correo electrónico, en la dirección <biblioteca@cenicana.org>

Otra actividad destacada durante 2009 se refiere al apoyo prestado al Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña mediante la distribución de documentos científicos clasificados por áreas de interés que son compartidos por los investigadores del programa con los profesionales de las fábricas.



El apoyo en los procesos de adquisición de información, análisis y registro ha sido fundamental para el desarrollo de los proyectos de investigación de Cenicaña.

El reto es ampliar la divulgación de la información disponible y contribuir efectivamente en la estructuración de un sistema de vigilancia tecnológica que suministre información confiable para el análisis prospectivo del sector de acuerdo con las oportunidades y el interés de las empresas azucareras.

Redes de información

Como parte de su compromiso con la sociedad colombiana en relación con la divulgación de la ciencia y la tecnología, Cenicaña participa en la mesa de trabajo de la Red de Información en Ciencia y Tecnología Agrícola y afines de Colombia, iniciativa que cuenta con el aval del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a través de la Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario (AGRONET Colombia). El objetivo de mayor prioridad de la red en este momento es conformar una colección digital del sector agropecuario colombiano. Con este fin se ordenaron las actividades para 2010 y se definieron los compromisos de las entidades participantes.

Estadísticas del servicio

Al finalizar 2009 en el catálogo de la biblioteca se contaban 34,918 registros de documentos, de los cuales el 88% corresponde a documentos especializados en caña de azúcar, industria azucarera y biocombustibles y el 12% restante aborda temas asociados de interés científico en las áreas de medio ambiente, biotecnología, agua, suelo, química, biología, energía y estadística, entre otros. La colección incluye 706 documentos de trabajo elaborados por los investigadores de Cenicaña, entre ellos informes de proyectos, avances de investigación y memorias de giras. El catálogo cuenta con 715 títulos de revistas y 526 documentos electrónicos en texto completo.

Durante el año fueron atendidos 2980 usuarios en la sala de lectura de la biblioteca. Además se hicieron 3736 préstamos de documentos y se enviaron 134 documentos en forma digital. El número de consultas recibidas por correo electrónico presentó un leve aumento con respecto al año anterior.

Estadísticas del Servicio de Información y Documentación en 2009.

Adquisiciones	
Documentos recibidos	
Colección caña	170
Colección general	240
Revistas	715
Otras colecciones	31
Total en 2009	1156
Registro y Análisis	
Colección caña	
Base de datos caña	631
Total general	31284
Colección general	
Base de datos libros	116
Total general	4510
Hemeroteca	
Publicaciones periódicas	13
Total general	698
Análisis	403
Revistas registradas	613
Analíticas de revistas	405
Fichas elaboradas	17
Total registros en catálogo de biblioteca	34918
Servicios a los usuarios	
Usuarios atendidos en sala	2980
Consultas atendidas por correo electrónico	492
Préstamos	
En sala de lectura	1981
A domicilio	1755
Total en 2009	3736
Distribuidos así:	
Revistas	1482
Documentos	1620
Equipos	634
Divulgación de información	
Páginas de contenido internas	22
Solicitud de fotocopias	46
Documentos electrónicos	134
Páginas fotocopiadas	1425
Publicaciones donadas	286
Distribución de publicaciones seriadas	
Carta Trimestral	2
Informe Anual	1

Servicio de Tecnología Informática

Misión: Definir y mantener operativa la infraestructura informática de Cenicaña mediante servicios técnicos y soluciones de hardware, software y bases de datos para apoyar los procesos de investigación y transferencia de conocimiento en el sector azucarero colombiano.

Desde su creación, el Servicio de Tecnología Informática tiene como propósito central de gestión la definición, mantenimiento y soporte de la infraestructura institucional de informática en alineación con los objetivos estratégicos de programas y servicios de Cenicaña.

Durante el año 2009 se realizaron actividades de soporte técnico a usuarios, administración de la base de datos institucional, mantenimiento de software aplicativo y se crearon nuevas herramientas con orientación web para los programas de investigación de Agronomía y Variedades. En este período se prestó especial atención a las amenazas de seguridad por ataques de *Malware*, *Spam*, *Pishing* y otros en los sistemas operativos, que pudiesen afectar la estabilidad de la plataforma de informática.

Desarrollo de software

Sistema Experto de Fertilización 2009 (SEF)

En el primer semestre concluyeron las pruebas de funcionamiento y ajustes al Sistema Experto de Fertilización versión 2009, con el fin de ofrecerlo a nuestros clientes a través del módulo de Agricultura Específica por Sitio en la página web de Cenicaña. Este aplicativo reúne en un motor de inferencia el conocimiento experto sobre los requerimientos nutricionales de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, establecidos en el proceso de investigación adelantado por Cenicaña.

Una condición esencial para utilizar herramientas servidas vía web es que el tiempo de respuesta al usuario para la entrega de resultados sea el menor. El SEF es altamente eficiente en este aspecto y ofrece de forma inmediata recomendaciones de fertilización y enmiendas para el cultivo de la caña de azúcar, con especificaciones sobre dosis, épocas, fuentes y métodos de aplicación. Es una herramienta muy versátil de configurar para el administrador del sistema y también muy sencilla de utilizar para el usuario



Facilitar la infraestructura de tecnología informática para la conformación y el fortalecimiento de bases de datos, el apoyo en procesos de comunicación interna y externa y la participación activa en el desarrollo de sistemas que amplíen las oportunidades para la gestión de conocimiento, son retos fundamentales para el logro de los objetivos estratégicos de Cenicaña.

final. La información de los análisis de suelos que se ingresan al sistema, así como las recomendaciones, se almacenan en una base de datos histórica de fertilización que puede ser consultada por el usuario y por Cenicaña para el análisis de la información y la toma de decisiones.

Sistema de Información del Programa de Agronomía

El Sistema de Información del Programa de Agronomía continúa en la fase de construcción. Finalizamos el módulo de evaluación, el cual consiste en el registro de la información experimental tomada en el campo a través de muestreos. Este módulo es la base para la construcción de los demás módulos: experimentos, muestreo, laboratorio, tratamientos y aplicación de tratamientos.

Sistema de Información del Programa de Variedades

La base de datos del Sistema de Información de Variedades (SIVAR) fue actualizada con los registros históricos de la experimentación adelantada para la obtención de variedades Cenicaña Colombia (CC), a fin de evaluar el funcionamiento de los módulos del sistema. Con este propósito se diseñaron consultas específicas con base en una herramienta desarrollada para el manejo de información en maíz, que cumple con algunos de los requerimientos del proceso en caña de azúcar en cuanto a la integración de toda la información relacionada con el cultivo, desde el diseño de experimentos, la obtención de información y el análisis estadístico hasta la creación de informes. Se decidió utilizar esta herramienta como complemento de SIVAR y como un sistema a la medida de las necesidades del Programa de Variedades.

Canal de comunicaciones

En el segundo semestre del año se interconectó la sede de la Estación Experimental en San Antonio de los Caballeros con la oficina de enlace de Cenicaña en Cali, con excelentes resultados. Para el efecto se instaló un canal de datos inalámbrico conectado a la infraestructura de informática de la Estación Experimental, gracias a lo cual se cuenta con un nodo de acceso remoto desde Cali a todos los recursos de la red de área local (LAN, por su sigla en inglés).

En la actualidad el canal se utiliza también como servicio de almacenamiento remoto en línea de la información de computadoras de escritorio y portátiles. Es una solución eficaz de respaldo y restauración, que supera las limitaciones de las copias de seguridad tradicionales de cintas, discos compactos y discos digitales.

Los beneficios potenciales del canal inalámbrico en el corto plazo son la disponibilidad del servicio de acceso a internet desde la ciudad de Cali, el servicio de videoconferencia Asocaña-Cenicaña y el servicio de voz sobre protocolo de internet en la oficina de enlace, además de las facilidades para los usuarios de la red LAN en un momento dado.

Seguridad informática

En el año 2009 hubo un aumento significativo de incidentes relacionados con la seguridad informática. Los *hackers* han sido muy prolíficos en la creación de nuevo *malware*, aparecieron numerosos *troyanos* bancarios y los virus han causado importantes daños en computadores empresariales y del hogar.

La protección de los sistemas de información es cada vez más compleja, y no sólo se trata de adquirir y mantener herramientas antivirus para proteger la integridad de los archivos. Es necesario establecer una política corporativa de seguridad informática y comunicarla oportunamente a los usuarios, además de implementar sistemas para la autenticación de usuarios y para la detección de intrusos, aplicar parches para remover vulnerabilidades, garantizar la seguridad en enlaces inalámbricos y la red privada virtual (VPN, por su sigla en inglés) y en eventos de desastre, ente otros aspectos. Las acciones anteriores se refuerzan con la capacitación y la educación de los usuarios en relación con la seguridad informática.



*Experimento de riego con caudal reducido
en la hacienda Los Ranchos-Italia.*

Laboratorios de Análisis

Cenicaña cuenta con cinco laboratorios: química, análisis de caña, fitopatología, entomología, biotecnología y microbiología. El Centro presta servicios para el diagnóstico de enfermedades y el análisis de elementos mayores y menores en suelos y tejido foliar.

Laboratorio de Fitopatología

De acuerdo con las estadísticas del servicio de diagnóstico de enfermedades, durante el 2009 se evaluaron 1344 muestras de tejido, remitidas por ingenios azucareros y proveedores de caña de azúcar. El promedio de incidencia de raquitismo de la soca (RSD) fue de 0% en muestras de semilleros y de 0.4% en lotes comerciales. La incidencia de escaldadura de la hoja (LSD) fue de 0.5% en semilleros y de 0.8% en lotes comerciales; la variedad CC 85-92 presentó una incidencia promedio de 0.8% en semilleros y de 1.2% en lotes comerciales y semilleros. Durante este año se evaluaron algunas muestras de variedades susceptibles al virus de la hoja amarilla (SCYL), como CC 84-75, mediante RT-PCR.

Laboratorios de Química y Análisis de Caña

En total se efectuaron 29,648 análisis de muestras remitidas por los programas y servicios de Cenicaña y por ingenios y cultivadores, distribuidas así: 22,937 muestras de caña, 2854 muestras de suelo para análisis químico y físico, 2136 muestras de tejido foliar y 1721 muestras de distintos materiales para análisis especiales de azúcares reductores, polisacáridos, fenoles, dextranas, almidones, amino-nitrogenados, fosfatos, HPLC y materia extraña.

Superintendencia de la Estación Experimental

Misión: Prestar el apoyo logístico para el normal desarrollo de los experimentos de investigación de Cenicaña mediante la provisión de espacios adecuados, trabajadores de campo competentes, equipos funcionales y sistemas de información confiables.



página

Anexo

- 92** I. Resumen comparativo del clima en el valle del río Cauca. Red Meteorológica Automatizada (1994-2009)
- 94** II. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica
- 99** III. Actividades de la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT)
- 101** IV. Convenios interinstitucionales vigentes
- 102** V. Capital humano
- 103** VI. Personal profesional

Riego con caudal reducido para zonas de piedemonte.

I. Resumen comparativo del clima en el valle del río Cauca. Red Meteorológica Automatizada (1994-2009)

Temperatura mínima absoluta (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores temperaturas mínimas absolutas			
1998	14.5	14.8	14.5
2008	14.4	14.2	14.2
2005	15.5	14.0	14.0
Años intermedios			
2000	15.6	13.8	13.8
1994	15.2	13.8	13.8
1996	15.3	13.7	13.7
2006	15.0	13.6	13.6
1995	13.6	14.9	13.6
1999	14.7	13.5	13.5
2007	13.4	13.6	13.4
1997	15.4	13.2	13.2
2009	15.1	13.1	13.1
2002	14.1	13.1	13.1
Años de menores temperaturas mínimas absolutas			
2004	12.8	13.7	12.8
2001	13.6	12.7	12.7
2003	14.6	12.6	12.6
Clima	12.8	12.6	12.6

Temperatura mínima media (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores temperaturas mínimas medias			
1998	19.9	18.9	19.4
2005	19.5	18.8	19.1
2006	19.2	18.8	19.0
Años intermedios			
1997	19.0	18.8	18.9
2009	18.9	18.9	18.9
2002	18.9	18.8	18.9
2003	19.1	18.7	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
1995	18.8	18.5	18.7
2008	18.7	18.6	18.7
Años de menores temperaturas mínimas medias			
2000	18.8	18.5	18.7
1999	18.8	18.4	18.6
1996	18.7	18.4	18.6
Clima	19.0	18.7	18.8

Temperatura media del aire (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años más cálidos			
1998	24.3	23.0	23.6
2009	23.1	23.9	23.5
1997	23.1	23.8	23.5
Años intermedios			
2002	23.3	23.5	23.4
2005	23.5	23.1	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
2007	23.4	22.8	23.1
1994	22.8	23.1	23.0
1995	23.3	22.7	23.0
2008	22.7	22.7	22.7
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	23.1	23.1	23.1

Temperatura máxima media (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores temperaturas máximas medias			
2009	29.7	31.1	30.4
1998	30.8	29.3	30.1
1997	30.8	30.8	30.0
Años intermedios			
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
1994	29.2	29.7	29.4
1995	29.9	29.0	29.4
2008	29.3	29.2	29.3
Años de menores temperaturas máximas medias			
1996	28.8	29.2	29.0
2000	28.6	29.2	28.9
1999	28.7	28.7	28.7
Clima	29.6	29.7	29.6

Temperatura máxima absoluta (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores temperaturas máximas absolutas			
1997	34.8	39.2	39.2
2009	37.8	38.9	38.9
2008	35.2	38.5	38.5
Años intermedios			
1998	37.6	38.3	38.3
2007	36.8	37.9	37.9
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
1996	33.3	36.3	36.3
1995	36.1	34.8	36.1
Años de menores temperaturas máximas absolutas			
2000	32.9	36.0	36.0
1994	33.0	34.4	34.4
1999	33.4	33.6	33.6
Clima	37.7	39.2	39.2

Oscilación de temperatura (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores oscilaciones			
2009	10.8	12.2	11.5
2002	10.9	11.4	11.2
1997	10.2	12.1	11.1
Años intermedios			
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
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
Años de menores oscilaciones			
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

Continúa

Humedad relativa del aire (%)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
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
2003	80	81	81
2004	80	80	80
1994	82	78	80
2007	79	80	79
Años más secos			
2005	81	78	79
2009	81	76	78
2006	80	76	78
Clima	82	80	81

Precipitación (mm)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años más lluviosos			
2008	960	704	1664
1999	820	633	1453
1996	906	530	1436
Años intermedios			
2007	697	731	1428
1994	821	565	1386
2000	841	538	1380
2006	744	531	1276
1998	655	576	1231
1997	774	421	1196
2003	550	604	1153
2002	602	535	1137
2009	693	422	1115
1995	521	582	1103
Años menos lluviosos			
2005	543	544	1086
2004	461	559	1020
2001	527	458	985
Clima	695	558	1253

Evaporación (mm)			
Periodo	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
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
Años de menor evaporación			
2005	693	842	1535
1999	728	760	1488
2000	715	754	1469
Clima	792	836	1628

Radiación solar (cal/(cm ² xdía))			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores radiaciones			
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
Años de menores radiaciones			
2008	412	394	403
1999	404	402	403
2000	389	397	393
Clima	412	416	414



Estación Experimental de Cenicaña.

II. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica

Las referencias que se listan a continuación corresponden a los documentos elaborados por el personal de Cenicafña como parte de sus actividades en la institución y que fueron registrados en la base de datos bibliográfica durante 2009. Los documentos en texto completo pueden ser consultados en <www.cenicana.org> por los usuarios registrados, en la sala de lectura de la Biblioteca Guillermo Ramos Núñez ubicada en la Estación Experimental de Cenicafña o mediante la solicitud de envío de fotocopias o archivos electrónicos.

Agronomía

- Caicedo, M. 2009. **Riegos, drenajes y manejo de suelos.** Informe final Contrato Estudiante en Práctica. Sena; Cenicafña. Buga, Colombia. 20 p.
- Campos Rivera, A.; Cruz B., D.M. y Torres., J.S. 2009. **Riego con caudal reducido.** Cenicafña, Cali, Colombia. 14 p. Documento de Trabajo, no.694. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 280-288.
- Cruz Valderrama, R.; Torres, J.S.; Besosa T., R.; Gómez, J. y Pantoja, J.E. 2009. **Función de K para mejorar la precisión en la programación de los riegos.** Cenicafña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no.690. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 289-297.
- Cruz Valderrama, R.; Torres, J.S.; Besosa Tirado, R. y Rojas L., R. 2009. **Función de respuesta de la caña al agua.** Cenicafña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.691. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 256-263.
- Cruz Valderrama, R.; Torres, J.S.; Fragoso, I.C.; Mesa, J.H. y Delvasto, D. 2009. **Adaptación del riego por goteo al trópico.** Cenicafña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.689.
- Cruz Valderrama, R. 2009. **Exigencia de la CVC a partir de 2010. Medición de agua de riego con registro continuo.** En: Carta Trimestral. Cenicafña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 4.
- Isaacs Echeverry, C.H.; Castillo Beltrán, S.V.; Gómez Peña, J.F.; Moreno Gil, C.A. y Posada Contreras, C. 2009. **Aplicación de prácticas reducidas al cultivo de la caña de azúcar y su impacto en la productividad y rentabilidad en el valle geográfico del río Cauca.** Cenicafña, Cali, Colombia. 17 p. Documento de Trabajo, no.702. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 730-740.
- Millán Moreno, A. 2009. **Riego, drenajes y manejo de suelos agrícolas.** Informe de pasantía. SENA, Cenicafña. Buga Colombia. 30 p.
- Torres, J.S.; Rodríguez, L.A. y Urbano, J.A. 2009. **Secuencia de labores y reducción de costos de preparación y levantamiento en el cultivo de la caña de azúcar.** Cenicafña, Cali, Colombia. 14 p. Documento de Trabajo, no.686. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 303-310.
- Villarreal Garzón, D.M. 2009. **Obtención de imágenes digitales para la determinación de la longitud y diámetro de las raíces de caña de azúcar.** Informe de Pasantía. Cenicafña, Cali, Colombia. 23 p.

Agricultura Específica por Sitio

- Carbonell González, J. 2009. **Análisis de la producción comercial en la zona agroecológica de mayor influencia (6H1) con información del sistema interactivo de información en web de Cenicafña.** Cenicafña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.663. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 322-329.
- Carbonell González, J. y Osorio Murillo, C.A. 2009. **Caracterización de zonas con diferente potencial máximo de productividad, sembradas con caña de azúcar en el valle del río Cauca.** Cenicafña, Cali, Colombia. 15 p. Documento de Trabajo, 664. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 311-321.
- Isaacs Echeverry, C.H.; Zamorano Álvarez, D.; Villegas Gutiérrez, A.; Posada Contreras, C. y Moreno Gil, C.A. 2009. **Impacto del uso de prácticas agronómicas con enfoque de Agricultura Específica por Sitio (AEPS) en la rentabilidad de la caña de azúcar.** Cenicafña, Cali, Colombia. 18 p. Documento de Trabajo, no.703. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 330-339.
- López Zuñiga, L.O.; Arce, C.A.; Victoria Kafure, J.I.; Isaacs Echeverry, C.H.; Moreno Gil, C. A. y Salazar Villareal, F. 2009. **Validación de la zonificación agroecológica en función de la respuesta de las variedades de caña de azúcar.** Cenicafña, Cali, Colombia. 9 p. Documento de Trabajo, no.651. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 349-355.
- Torres, J.S.; Cruz Valderrama, R.; Gómez, A.; Londoño, J.D.; Campos Rivera, A. y Caicedo Ángel, J.H. 2009. **Afinamiento y validación de los grupos de humedad usados en la zonificación agroecológica.** Cenicafña, Cali, Colombia, 13 p. Documento de Trabajo, no. 696.

Biotechnología

- Campillo Pedroza, N. 2009. **Una aproximación al mapa genético de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para las variedades colombianas usando marcadores moleculares microsatélites.** Tesis Bióloga. Universidad del Quindío, Facultad de Ciencias Básicas y Tecnológicas, Programa de Biología. Armenia, Colombia. 82 p.
- Jaimes Quiñones, H.A.; Rangel Lema, M.P.; Avellaneda Barbosa, M.C.; Bonilla Betancourt, M.L.; Ángel Sánchez, F.; López Gerena, J.; Mirkov, E. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Transformación genética de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).** Cenicafña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.657. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 74-82.

- López Gerena, J.; Bonilla, M. del P.; Campillo Pedroza, N. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Análisis de QTL asociados con producción de sacarosa y biomasa.** Cenicafña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no.659. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 65-73.
- López Gerena, J.; Macea Choperena, E.; Victoria Kafure, J.I. 2009. **Diversidad genética y perfil molecular de las variedades registradas en el banco de germoplasma de Cenicafña.** En: Carta Trimestral. Cenicafña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 19-22.
- Macea Choperena, E.; Espinosa Piedrahíta, K.; López Gerena, J. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Análisis molecular de la diversidad genética de caña de azúcar del banco de germoplasma de Cenicafña usando microsatélites.** Cenicafña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.658. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 83-90.
- Macea Choperena, E. del P. 2009. **Análisis molecular de la diversidad genética de caña de azúcar del banco de germoplasma de Cenicafña usando microsatélites.** Cenicafña, Cali, Colombia. 17 p. Documento de Trabajo, no.704
- ### Clima
- Cortés Betancourt, E. 2009. **Características principales del comportamiento del clima en el valle del río Cauca durante 2008.** En: Carta Trimestral. Cenicafña. (Colombia). 31, 1-2 (Ene.-Jun.): 38-43.
- Cortés Betancourt, E. 2009. **Comprometidos con el medio ambiente. Quince años de la red meteorológica automatizada en la agroindustria de la caña de azúcar de Colombia.** En: Carta Trimestral. Cenicafña. (Colombia). 31, 1-2 (Ene.-Jun.): p.7.
- ### Coproducidos y derivados
- Aguirre Ortiz, C.A.; Cobo Barrera, D.F.; Castillo Monroy, E.F. y Gómez Perlaza, A.L. 2009. **Perspectivas de cogeneración para los ingenios colombianos.** Cenicafña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.681. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 621-631.
- Aguirre Ortiz, C.A.; Moreno Lemus, J.; Rodríguez Sarasty, J.G.; Gil Zapata, N. y Gómez Perlaza, A.L. 2009. **Proyecciones energéticas para la diversificación de productos en un ingenio colombiano.** Cenicafña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.682. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 632-641.
- Mantilla Dediego, C.A. 2009. **Pirólisis de residuo agrícola de cosecha.** Informe estudiante en práctica. Cenicafña, Cali, Colombia. 37 p.
- ### Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica
- Castro Fori, P.W.; Cobo Barrera, D.F. y Gómez Perlaza, A.L. 2009. **Evaluación estructural de un vagón para el transporte de caña de azúcar en Colombia.** Cali, Cenicafña. 11 p. Documento de Trabajo, no.677. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 440-448.
- Castro Fori, P.W.; Cobo Barrera, D.F.; Gómez Perlaza, A.L. 2009. **Evaluación del comportamiento estructural de conexiones soldadas en vagones utilizados para el transporte de caña.** En: Carta Trimestral. Cenicafña. (Colombia). 31, 1-2, (Ene.-Jul.): 34-37.
- Cobo Barrera, D.F.; Bejarano, L.; Castro Fori, P.W.; Gómez Perlaza, A.L. y Rebolledo, A. 2009. **Diseño, construcción y evaluación de un vagón prototipo de concepto HD-12000 con descarga lateral.** Cenicafña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.675. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 449-457.
- Cobo Barrera, D.F.; Castro Fori, P.W.; Gómez Perlaza, A.L. y Osorio Murillo, C.A. 2009. **Formulación de un modelo teórico para la predicción del consumo de combustible en el transporte de caña.** Cenicafña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.679. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 412-419.
- Isaacs Echeverry, C.H.; Estrada Bedón, A.; Gaviria, F. y Calvo, W de J. 2009. **Evaluación técnica y económica del sistema de autovolteo vs. cadeneo con vagones HD 20000.** Cenicafña, Cali, Colombia. 18 p. Documento de Trabajo, no.699. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 404-409.
- Larrahondo Aguilar, J.E.; Castillo Beltrán, S.V.; Isaacs Echeverry, C.H.; Castillo Monroy, E.F.; Galvis M., D. y Peralta, Y. 2009. **Calidad de la caña y las pérdidas de sacarosa después del corte bajo los sistemas de cosecha manual y mecánica.** Cenicafña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.684. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 484-489.
- Rodríguez, L.A.; Urbano, J.A.; Montoya, W.; Bernal, N.; Chaparro, O. y Escobar, D.F. 2009. **Desempeño de las llantas como indicadores de la compactación causada durante la cosecha de caña.** Cenicafña, Cali, Colombia. 14 P. Documento de Trabajo, no.687. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 420-429.
- Rodríguez, L.A.; Urbano, J.A. y Torres, J.S. 2009. **Evaluación preliminar de los esfuerzos inducidos en el suelo por los equipos de cosecha y transporte de caña de azúcar.** En: Carta Trimestral. Cenicafña. (Colombia). 31, 1-2 (Ene.-Jul.): 28-33.
- Rodríguez, L.A.; Urbano, J.A. y Torres, J.S. 2009. **Predicción y evaluación preliminar de los esfuerzos inducidos en el suelo por los equipos de cosecha y transporte de caña.** Cenicafña, Cali, Colombia. 14 p. Documento de Trabajo, no.688. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 430-439.
- Torres, J.S.; Villegas T., F.; Durán Sandclemente, A. y Cruz Valderrama, R. 2009. **Guía práctica para evaluar el desempeño de los sistemas de cosecha de caña de azúcar en el valle del río Cauca.** Cenicafña, Cali, Colombia. 48 p.

Estadísticas de producción

- Gil Zapata, N.; Moreno Gil, C.A.; Calero Salazar, L.M. y Posada Contreras, C. 2009. **Análisis del desempeño del proceso fabril azucarero de la agroindustria colombiana, período 1998-2008**. Cenicaña, Cali, Colombia. 16 p. Documento de Trabajo, no.669. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 701-712.
- Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L.M. y Cortes Betancourt, E. 2009. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca, durante 2008**. Cenicaña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.667
- Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L.M. y Cortés Betancourt, E. 2009. **Producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Tercer trimestre de 2008**. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.646

Geomática

- Carbonell González, J.; Osorio Murillo, C.A. y Ramírez Franco, J.M. 2009. **Cosecha de caña de azúcar y mapas de rendimiento en tiempo real**. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.666
- Herrera R., F.A.; Carbonell González, J. 2009. **Servicio permanente en la región azucarera. Estación base de referencia para el registro de datos con sistemas de posicionamiento global (GPS)**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 5.
- Murillo Sandoval, P.J.; Osorio Murillo, C.A. y Carbonell González, J.A. 2009. **Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar por medio de la percepción remota**. Segundo informe de avance técnico. Proyecto 2214-20288. Contrato Colciencias-Cenicaña. Cenicaña, Cali, Colombia. 55 p.
- Murillo Sandoval, P.J.; Osorio Murillo, C.A.; Carbonell González, J. y Palma Zamora, A.E. 2009. **Estimación temprana de producción de caña de azúcar a partir de imágenes satelitales MODIS**. Cenicaña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no.665. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 356-364.
- Murillo Sandoval, P.J.; Osorio Murillo, C.A.; Carbonell González, J. y Palma Zamora, A.E. 2009. **Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar por medio de la percepción remota**. Tercer informe de avance técnico. Proyecto 2214-405-20288. Contrato Colciencias-Cenicaña. Cenicaña, Cali, Colombia. 37 p.

Informes de gestión

- Amaya Estévez, A. 2009. **Informe de Gestión del Director General a la Sala General. A diciembre 31 de 2008**. Cenicaña, Cali, Colombia. 10 p. Documento de trabajo, no.647.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia Cenicaña. 2009. **Informe anual 2008**. CENICAÑA, Cali, Colombia. 110 p.
- Centro de Investigación de la Caña de azúcar de Colombia. CENICAÑA. 2009. **Reunión de Programas 2009. Proyectos, hechos destacados y proyecciones**. Cenicaña, Cali, Colombia, 182 p. Documento de Trabajo, no.645.

Microbiología industrial

- Calero Salazar, L.M.; Moreno Gil, C.A.; Castaño, J.N.; Correa, L.M.; Botero, G.; Mejía, L.S.; Otero, A.; Izquierdo, O.P. y Aguirre, M. del C. 2009. **Determinación de la confiabilidad del**

análisis de la acidez volátil total en la materia prima para la producción de alcohol carburante. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.671. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 577-584.

- Daza Merchán, Z.T.; Martínez F., J.A.; Calero Salazar, L.M.; Larrahondo Aguilar, J.E.; Guzmán, Romero, M.L. y Castillo Monroy, E.F. 2009. **Participación de la acción microbiológica en las pérdidas indeterminadas de sacarosa**. CENICAÑA, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.680. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 655-663.
- Daza Merchán, Z.T.; Vásquez, J.A.; Socarrás, J.I.; Mora, O.; Martínez, L.; Barrientos, D.; Legarda, F.; Chávez, L.M.; Castillo, E.F. 2009. **Avances en el estudio del comportamiento de una levadura alcohólica comercial en ingenios duales**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 31-35.
- Daza Merchán, Z.T.; Socarrás Díaz, J.I.; Erazo Mesa, V.; Vargas Ceballos, O.; Daza Figueredo, J. y Castillo Monroy, E.F. 2009. **Formación de biopelículas en los equipos de proceso planta de azúcar**. Cenicaña, Cali, Colombia. 8 p. Documento de Trabajo, no.678. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 524-529.
- Hernández Pérez, A.F. 2009. **Obtención, selección y clasificación de aislamientos con capacidad potencial de producción de etanol a partir de pentosas (xilosa y arabinosa)**. Informe de Pasantía. Cenicaña, Cali, Colombia. 73 p.
- Mora Muñoz, O.Y. 2009. **Aislamiento y caracterización de bacterias ácido lácticas y levaduras nativas presentes en la planta de etanol del Ingenio Mayagüez S.A. y evaluación de sustancias biocidas para su control**. Tesis microbiólogo industrial. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Carrera de Microbiología Industrial. Bogotá, Colombia. 152 p.
- Mora Muñoz, O.Y.; Buzón Ramos, K.D; Avellaneda Barbosa, M.C. y Parrado S., D.; Legarda, J., F.; Guzmán Romero, M.L.; López Gerena, J. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Aislamiento, selección y caracterización preliminar de levaduras nativas en plantas de producción de etanol**. Cenicaña, Cali, Colombia. 14 p. Documento de Trabajo, no. 668. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 557-563.
- Mora Muñoz, O.Y.; Rincón Prieto, L.M.; Avellaneda Barbosa, C.M. y Guzmán Romero, M.L. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Evaluación de biocidas para el control de contaminantes en las plantas de azúcar y etanol de los ingenios Providencia S.A. y Mayagüez S.A.** Cenicaña, Cali, Colombia. 15 p. Documento de Trabajo, no.685. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali, Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 585-596.
- Martínez Lozano, L.F. 2009. **Determinación de la concentración óptima de sustrato para la levadura GR-X durante el proceso fermentativo en la destilaría de Incauca S.A.** Tesis microbióloga Industrial. Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Programa de Microbiología Industrial. Bogotá D.C. Colombia, 97 p.
- Osorio Ramírez, D. 2009. **Hidrólisis de residuos de la caña de azúcar para la obtención de azúcares simples como materia prima para la producción de etanol**. Informe final Pasantía. Cenicaña, Cali, Colombia. 71 p.

Rosales Ch., M. Del S. 2009. **Aislamiento y caracterización de microorganismos celulolíticos**. Informe final pasantía. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Salud, Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico; Cenicaña. 65 p.

Socarrás Díaz, J.I.; Daza Merchán, T.; Jaime, L.Z.; Legarda, F. y Castillo Monroy, E.F. 2009. **Determinación de metabolitos y parámetros indicadores de eficiencia en el proceso de fermentación**. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.673. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 597-606.

Vásquez, J. A.; Daza Merchán, Z.T.; Socarrás Díaz, J.I.; Victoria Kafure, J.I. y Castillo Monroy, E.F. 2009. **Evaluación a escala laboratorio de la producción de etanol por levaduras nativas**. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.676. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 538-547.

Nutrición y fertilización

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2009. **Sistema experto de fertilización SEF, versión 2009**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 1-2. (Ene.-Jun.): 3.

Muñoz Arboleda, F. y Quintero Durán, R. 2009. **Especificidad de las fuentes de nitrógeno para dos zonas agroecológicas y su efecto sobre la productividad de la caña de azúcar**. Cenicaña, Cali, Colombia. 10 p. Documento de Trabajo, no.693. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 193-199.

Muñoz Arboleda, F. y Quintero Durán, R. 2009. **Importancia de la fuente de nitrógeno sobre la producción y nutrición de la caña de azúcar en suelos con excesos de humedad**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 1-2. (Ene.-Jul.): 23-27.

Muñoz Arboleda, F. y Quintero Durán, R. 2009. **Manejo de residuos de la cosecha en verde y su efecto sobre la productividad de la caña de azúcar a largo plazo**. Cenicaña, Cali, Colombia. 14 p. Documento de Trabajo, no.692. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 200-208.

Muñoz Arboleda, F. 2009. **Importancia del agua en la nutrición de los cultivos**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 16-18.

Villegas T., F.; Torres, J.S. y Durán Sanclemente, A. 2009. **Evaluación de bioestimulantes en caña de azúcar**. Cenicaña, Cali, Colombia. 15 p. Documento de Trabajo, no.695. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 209-219.

Procesos fabriles

Aguirre Ortiz, C.A.; Montoya, A.; Cobo Barrera, D.F.; Castillo Monroy, E.F. y Gómez Perlaza, A.L. 2009. **Determinación de la eficiencia térmica para calderas en diferentes ingenios de Colombia**. Cenicaña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.672. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 612-620.

Calero Salazar, L.M.; Gil Zapata, N.; Daza Merchán, Z.T.; Socarrás Díaz, J.I.; Perredo Vidal, S.; Barrientos Avendaño, D. y Erazo Mesa, V. 2009. **Factores que inciden en las pérdidas indeterminadas del proceso de elaboración de azúcar**. Cenicaña, Cali, Colombia. 20 p. Documento de Trabajo, no.700. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 664-675.

Cobo Barrera, D.F.; Socarrás Díaz, J.I.; Aguirre, C.A.; Gómez Perlaza, A.L.; Castillo Monroy, E.F.; Cañón Saa, C.F. y Erazo Mesa, V. 2009. **Diseño de un sistema de bombeo para agua de inyección a la estación de elaboración**. Cenicaña, Cali, Colombia. 10 p. Documento de Trabajo, no.674. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 647-654.

Gil Zapata, N.; Cobo Barrera, D.F.; Moreno Lemos, J. y Barbetti, O.L. 2009. **Variables que afectan el aterronamiento del azúcar refinado en un ingenio colombiano**. Cali: Cenicaña. 13 p. Documento de Trabajo, no.683. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 691-700.

Moreno Lemos, J.; Aguirre, C.A.; Castillo Monroy, E.F.; Socarrás, J.I.; Peredo, S. 2009. **Índice operacional para cuantificar el desempeño energético de una estación de evaporación en un ingenio azucarero**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 27-30.

Química analítica

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cali-2009). **Servicio de análisis del suelo en el laboratorio de química de Cenicaña**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 1-2. (Ene.-Jun.): 4-5.

Rodríguez Sarasty, J.G.; Gil Zapata, N.; Castillo Monroy, E.F. y Erazo Mesa, V. 2009. **Caracterización y evaluación de algunos floculantes industriales utilizados para la clarificación en jugos de caña de azúcar en Colombia**. Cenicaña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.670. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 530-537.

Sanidad Vegetal

Ángel Sánchez, J.C.; Gutiérrez V., A.F.; López Gerena, J.; Gúzman Romero, M.L.; Cardona Giraldo, L.M. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Monitoring the severity and variability of brown rust (*Puccinia melanocephala*) in sugarcane varieties in the Cauca Valley, Colombia**. Cenicaña, Cali, Colombia. 14 p. Documento de Trabajo, no.698.

Ángel Sánchez, J.C.; Guzmán Romero, M.L.; Victoria Kafure, J.I.; Moreno Gil, C.A.; Guengue, A. y Hernández, J. 2009. **Evaluación de la resistencia al raquitismo de la soca *Leifsonia xyl* subsp. *xyl* por colonización de haces vasculares**. Cenicaña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no. 655. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 102-109.

Ángel Sánchez, J.C.; Victoria Kafure, J.I. 2009. **Evaluación de la roya café (*Puccinia melanocephala* H. y *P. Sydow*) en variedades Cenicaña Colombia (CC) en el Valle del Cauca**. Cenicaña, Cali, Colombia. 9 p. Documento de Trabajo, 654. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 110-117.

- Bustillo Pardey, A.E. 2009. **Infestaciones en la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Acciones para reducir las poblaciones de *Diatraea***. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 10-15.
- Castro Valderrama, U.; Gómez L., L.A.; Gutiérrez, Y.; Andrade Santacoloma, L.P.; Villegas, A. y Bernal, N. 2009. **Distribución y especies de salvazo (Hemiptera: Cercopidae) asociados con la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en el Valle del Cauca y Colombia**. Cenicaña, Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.662. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 144-151.
- García Díaz, A. 2009. **Manejo del salvazo *Aeneolamia varia* (Hemiptera: cercopidae) de la caña de azúcar a través de métodos biológicos**. Informe de pasantía. Cenicaña, Cali, Colombia. 48 p.
- Gómez L., L.A. y Lastra Borja, L.A. 2009. **Supervivencia de los huevos del salvazo y características que la mosca depredadora *Salpingogaster nigra*: dos aspectos que pueden contribuir al manejo de *Aeneolamia varia***. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.661. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 152-159.
- Gómez Laverde, L.A.; Gutiérrez H., Y. 2009. ***Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae) y la caña de azúcar: Estado actual, un año después de su detección**. Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. Documento de Trabajo, no.697.
- Gómez Laverde, L.A. y Lastra Borja, L.A. 2009. **Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca**. Cenicaña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no.660. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 136-146.
- Gutiérrez V., A.F.; Cardona Giraldo, L.M.; Ángel Sánchez, J.C.; López Gerena, J. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Búsqueda de variabilidad genética en la roya café (*Puccinia melanocephala*) presente en los cultivos de caña de azúcar por medio de técnicas moleculares**. Cenicaña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no.656. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 91-97.
- Muñoz Rengifo, G. A. 2009. **Avances en la purificación del virus de la hoja amarilla**. Informe de pasantía. Cenicaña, Cali, Colombia. 10 p.
- Salazar Villareal, F.; Viveros Valens, C.; López Zúñiga, L.O.; Ángel Sánchez, J.C. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Estabilidad de las variedades de la serie 97-01 (plantilla), evaluadas a través de seis localidades usando dos métodos de análisis**. Cenicaña, Cali, Colombia. 12 p. Documento de Trabajo, no.652. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 15-25.
- Victoria Kafure, J.I. 2009. **Obtención de variedades de caña de azúcar para el sector azucarero colombiano con el enfoque en agricultura específica por sitio (AEPS)**. Segunda parte. En: Procaña. 86. (Junio): 27-30.
- Victoria Kafure, J.I.; Ángel Sánchez, J.C.; Guzmán, M.L. y Oicatá, M. 2009. **Management of sugarcane cultivars imported into Colombia**. En: Sugar Cane International. 27, 3. (May.-Jun.): 95-98
- Victoria Kafure, J.I.; Viveros Valens, C.A.; Ángel Sánchez, J.C.; Ranjel Jiménez, H.; Osorio, C.A.; Besosa T., R.; Cuervo, L.E. y Barona Murillo, G. 2009. **Desarrollo de variedades de caña de azúcar para el sector azucarero colombiano con el enfoque en agricultura específica por sitio -AEPS**. Cenicaña, Cali, Colombia. 8 p. Documento de Trabajo, no.650. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 340-348.
- Viveros Valens, C.A.; López, L.O.; Salazar Villareal, F.A.; Ángel Sánchez, J.C.; Gómez L., L.A. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Prueba regional de variedades en zonas semisecas: Resultados de las series 97 a 01 en plantilla**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 1-2. (Ene.-Jun.): 8-19.
- Viveros Valens, C.A.; Victoria Kafure, J.I.; Ángel Sánchez, J.C.; López Zúñiga, L.O.; Ranjel Jiménez, H. y Gómez L., L.A. 2009. **Variedades de caña de azúcar con más sacarosa (%caña) y más toneladas de caña por hectárea para la zona semiseca**. Cenicaña, Cali, Colombia. 8 p. Documento de Trabajo, no.653. También en: Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16-18 de sep. 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p. 26-31.
- Viveros Valens, C.A.; Baena G., D.; Palma Zamora, A.; Salazar Villareal, F.A.; Victoria Kafure, J.I.; Flores R., C.; Ranjel J., H. 2009. **Contribución de los cruzamientos hechos en México en el proceso de obtención de variedades Cenicaña Colombia**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 3-4 (Ago.-Sep.): 23-26.
- Unigarro Muñoz, C.A. 2009. **Evaluación del área de aerénquima radical en caña de azúcar (*Saccharum spp*) como característica de tolerancia a la hipoxia en el valle del río Cauca**. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 69 p.

Transferencia de tecnología

- Castillo Beltrán, S.V. 2009. **Actividades durante 2009. Grupos de transferencia de tecnología**. En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 1-2. (Ene.-Jun.): 5.

Variedades de caña de azúcar

- Palma Zamora, A.E.; Viveros Valens, C.A. y Victoria Kafure, J.I. 2009. **Correspondencia entre el tonelaje de las nuevas variedades en las pruebas regionales y las suertes comerciales**. Cenicaña. Cali, Colombia. 11 p. Documento de Trabajo, no.701. También En: Carta Trimestral. Cenicaña. (Colombia). 31, 1-2. (Ene.-Jul.): 200-22.

III. Actividades de la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT)

Ingenio/Evento	Asistentes y expositores
INGENIO LA CABAÑA	
Costos y administración Conferencia: Mar. 19	42 cañicultores asistentes. <i>Exp: C. Lucumí (Ingenio), C. Posada (Cenicaña)</i>
Proceso de elaboración de azúcar Día de campo: May. 28	31 cañicultores asistentes. <i>Exp: F. Díaz y D. Caicedo (Ingenio)</i>
Prácticas exitosas en el cultivo de la caña de azúcar. Conferencia: Nov. 26	43 cañicultores asistentes. <i>Exp: C. Lucumí (Ingenio) R. Cruz y S. Castillo (Cenicaña)</i>
RIOPAILA CASTILLA (PLANTA CASTILLA)	
Cosecha mecanizada. Conferencia: Ene. 29	59 cañicultores asistentes. <i>Exp: F. Arbeláez (cañicultor), C. García y J. Caicedo, (Ingenio), C. Isaacs, R. Cruz y A. Franco (Cenicaña)</i>
Maduradores. Conferencia: Abr. 1	38 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Rojas (Ingenio), J. Villegas (Técnico invitado), F. Villegas (Cenicaña)</i>
Paquete tecnológico por zona agroecológica. Conferencia: Jul. 15	31 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Caicedo (Ingenio)</i>
Control de calidad de labores. Conferencia: Nov. 25	57 cañicultores asistentes <i>Exp: F. Cabal y A. Agudelo (Ingenio)</i>
INGENIO PROVIDENCIA	
Cosecha mecanizada. Día de campo: Mar. 2 y 3	83 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Rivas (Cañicultor), P. Cabal y P. Uribe (Ingenio), C. Isaacs y S. Castillo (Cenicaña)</i>
Renovación de proveedores. Conferencia: Jun. 4	70 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Vidal (Ingenio), C. Posada y A. Rodríguez (Cenicaña)</i>
Variedades y semilleros Día de campo: Jul. 30	50 cañicultores asistentes. <i>Exp: R. Valdés (Ingenio), J. Victoria (Cenicaña)</i>
Prácticas innovadoras en la caña de azúcar. Día de campo: Dic. 10	80 cañicultores asistentes. <i>Exp: L. Molinares (Cañicultor), P. Valencia, O. Delgado y J. Rojas (Ingenio), A. Campos, F. Muñoz y F. Villegas (Cenicaña)</i>
INGENIO INCAUCA	
Cosecha mecanizada. Conferencia: Mar. 4	82 cañicultores asistentes. <i>Exp: F. Rivera (Cañicultor), V. Machado, E. Escobar y L. Torres (Ingenio), C. Isaacs (Cenicaña)</i>
Control de calidad de labores. Día de campo: May. 13 y 20	72 cañicultores asistentes. <i>Exp: L. Cuervo (Ingenio), S. Castillo (Cenicaña)</i>
Renovación de plantaciones Día de campo: Ago. 5 y 12	87 cañicultores asistentes. <i>Exp: L. Cuervo y J. Castillo (Ingenio), C. Posada (Cenicaña)</i>
Aspectos técnicos y administrativos para mejorar la rentabilidad de una finca productora de caña. Conferencia: Dic. 2	98 cañicultores asistentes. <i>Exp: A. Molinares, J. Castillo y J. Nova (Ingenio), G. Reyes (Técnico invitado)</i>
INGENIO CARMELITA	
Variedades y semilleros. Día de campo: Mar. 12	18 cañicultores asistentes. <i>Exp: A. Vasco (Ingenio), J. Victoria (Cenicaña)</i>
Manejo de residuos y labores de cultivo. Día de campo: Jul. 29	15 cañicultores asistentes. <i>Exp: A. Sandoval (Cañicultor), H. Giraldo (Ingenio), F. Villegas y L. Rodríguez (Cenicaña)</i>

Ingenio/Evento	Asistentes y expositores
INGENIO SANCARLOS	
Prácticas exitosas en el cultivo de la caña de azúcar. Día de campo: Nov. 24	12 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Vivas, C. Rincón y R. Valdés (Ingenio) F. Muñoz (Cenicaña)</i>
INGENIO RISARALDA	
Logística de actividades de mejoramiento en el proceso de cosecha de caña de azúcar. Día de campo: May. 27	40 cañicultores asistentes. <i>Exp: G. García y M. Restrepo (Ingenio), C. Isaacs (Cenicaña)</i>
Riegos y drenajes en la caña de azúcar. Día de campo: Ago. 20	35 cañicultores asistentes. <i>Exp: A. Villegas y F. Vásquez (Ingenio), R. Cruz (Cenicaña)</i>
Agricultura específica por sitio en la caña de azúcar. Conferencia: Nov. 19	35 cañicultores asistentes. <i>Exp: F. Salazar,, R. Cruz, C. Isaacs (Cenicaña)</i>
INGENIO MAYAGÜEZ	
Cosecha mecanizada. Conferencia: Mar. 26 y May 1	49 cañicultores asistentes. <i>Exp:, L. Abadía, R. Franco, R. Buenaventura y A. Morales (Ingenio), J. Jaramillo y C. Calero (Técnicos invitados), R. Cruz y A. Franco (Cenicaña)</i>
Prácticas exitosas en el cultivo de la caña Conferencia: May. 20	41 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Pantoja y J. Bohórquez (Ingenio), A. Campo (Cenicaña)</i>
Alternativas de fertilización en caña de azúcar. Día de campo: Oct. 22	63 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Bohórquez, (Ingenio), F. Muñoz (Cenicaña).</i>
Paquete tecnológico por Zona Agroecológica. Día de campo: Dic. 2	20 cañicultores asistentes <i>Exp: J. Pantoja (Ingenio), C. Isaacs (Cenicaña)</i>
RIOPAILA CASTILLA (PLANTA RIOPAILA)	
Cosecha mecanizada Conferencia: Feb. 26	16 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Rivera y J. Molina (Ingenio) R. Cruz (Cenicaña)</i>
Maduradores Conferencia: Abr. 23	32 cañicultores asistentes. <i>Exp: R. Palomino y J. Rojas (Ingenio), F. Villegas (Cenicaña), J. Villegas (Técnico invitado)</i>
Control de calidad de labores. Día de campo: Jul. 22	33 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Soto (Ingenio)</i>
INGENIO MANUELITA	
Prácticas innovadoras en la caña de azúcar. Conferencia: Feb. 12	45 cañicultores asistentes. <i>Exp: C. Giraldo y F. Carvajal (Cañicultor), A. Rodríguez y S. Castillo (Cenicaña)</i>
Alternativas de fertilización. Día de campo: May. 21	52 cañicultores asistentes. <i>Exp: J. Vallejo (Cañicultor) Y. Peralta (Ingenio), F. Muñoz y F. Villegas (Cenicaña)</i>
Actualidad y perspectivas de la cosecha y labores post-cosecha mecanizada Día de campo: Sep. 3	48 cañicultores asistentes. <i>Exp: O. Cruz y G. Cadena (Cañicultores), C. Osorio y J. Tafur (Ingenio)</i>
Avances en el manejo del recurso hídrico. Día de campo: Nov. 5	37 cañicultores asistentes. <i>Exp: M. Prada (Ingenio), R. Cruz y A. Campos (Cenicaña)</i>
Efecto del clima en la producción. Conferencia: Dic. 3	53 cañicultores asistentes <i>Exp: A. Palma y E. Cortéz (Cenicaña)</i>
INGENIO PICHICHÍ	
Diseño de campo y drenaje. Conferencia: Jun. 25	25 cañicultores asistentes. <i>Exp: A. Gomez (Ingenio) R. Cruz (Cenicaña)</i>
Validación comercial de paquetes tecnológicos en Zona Agroecológica 6H1 Día de campo: Nov. 24	27 cañicultores asistentes. <i>Exp: S. Castillo y C. Isaacs (Cenicaña)</i>

IV. Convenios interinstitucionales vigentes

Centro Internacional de Agricultura Tropical (Ciat), Colombia, junio de 1994: acuerdo de uso de lotes del Ciat para siembra de ensayos y experimentos de Cenicaña.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Colombia, noviembre 4 de 1999: con el fin de continuar recibiendo apoyo del ICA para introducción, cuarentena y exportación de variedades de caña de azúcar. Cenicaña prestará los servicios de diagnóstico de enfermedades y plagas en muestras remitidas por el Instituto, provenientes de zonas paneleras del país.

Universidad del Valle, Colombia, febrero 2 de 2001: Convenio marco de cooperación entre la Universidad del Valle, Cenicaña y Asocaña, con el fin de brindar cooperación en los campos de la docencia y la investigación.

Universidad de Caldas, Colombia, marzo 17 de 2004: Para que los estudiantes de la Universidad puedan desarrollar su práctica en Cenicaña.

Universidad Católica de Manizales, Colombia, mayo 13 de 2004: Para que los estudiantes de la Universidad puedan desarrollar su práctica en Cenicaña.

Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres" (EEAOC), Argentina, junio 30 de 2004: Para desarrollar actividades de investigación conjuntas y facilitar el intercambio tecnológico en el área de caña de azúcar.

Universidad Industrial de Santander (UIS), Colombia, octubre 4 de 2004: Con el objeto de aunar esfuerzos técnicos para el fortalecimiento de la capacidad investigativa, de desarrollo tecnológico y la realización de servicios técnicos especializados.

Universidad del Valle, Colombia, junio 17 de 2005: Suscrito además por el Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (Cideim), la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Ciat y Cenicaña, para fortalecer los desarrollos académicos e investigativos de las entidades participantes y propiciar el intercambio de investigadores.

Agroindustrial Laredo S.A.A., Perú, septiembre de 2006: Contrato de licencia y pago de regalías por uso de las variedades CC 85-92 y CC 87-434.

Sociedad Agrícola e Industrial San Carlos S.A., Ecuador, septiembre de 2006: Contrato de licencia y pago de regalías por uso de la variedad CC 85-92

Universidad ICESI, Colombia, octubre de 2006: Convenio interinstitucional de cooperación técnica, académica e investigativa.

Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA), México, octubre de 2003: Convenio específico de cooperación técnica y financiera para el desarrollo de cruzamientos de variedades de caña de azúcar.

Compañía Azucarera La Estrella, S.A., Panamá, mayo 10 de 2007: Contrato de licencia y pago de regalías por uso de variedades.

Universidad de Pamplona, Colombia, julio 25 de 2007: Para que los estudiantes de la Universidad puedan desarrollar su práctica en Cenicaña.

Organización Pajonales S.A., Colombia, agosto 6 de 2007: Convenio de investigación y siembra de variedades.

Universidad de Córdoba, Colombia, septiembre de 2007: Contrato de prestación de servicios.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Colombia, octubre de 2007: Convenio marco de cooperación técnica y científica.

Compañía Azucarera Valdez S.A., Ecuador, marzo 12 de 2008: Contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.

Universidad Autónoma de Occidente, Colombia, abril 7 de 2008: Convenio para la realización de pasantías empresariales.

Agrícola del Chirá S.A., Perú, noviembre 20 de 2008: Contrato de licencia por variedades vegetales.

Agrifuels de Colombia S.A., Colombia, diciembre 19 de 2008: Contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.

Ingenio Presidente Benito Juárez, México, enero de 2009: Contrato de licencia para sembrar variedades de caña de azúcar como prueba de cultivo de variedades.

Bioenergy S.A., Colombia, marzo 12 de 2009: Contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (Cengicaña), Guatemala, septiembre de 2009: Contrato de intercambio de material vegetal.

Ingenio San Antonio, Nicaragua, septiembre de 2009: Contrato de pruebas de cultivo.

Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela), Colombia, diciembre 22 de 2009: Contrato de suministro de material vegetal para propagación de variedades en la zona de Cundinamarca.

V. Capital humano

Para el desarrollo de los proyectos de investigación en 2009 Cenicaña contó con 67 personas de nivel profesional –tres de ellas adelantan sus estudios de doctorado, siete están vinculadas mediante contratos de prestación de servicios y quince, vinculadas como investigadores temporales en proyectos que cuentan con recursos externos de cofinanciación–, 42 personas de apoyo en investigación y servicios, 67 trabajadores de campo y siete aprendices del Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena). En desarrollo de trabajo de grado y pasantía estuvieron 14 estudiantes de distintas disciplinas.

Durante el año se retiraron de la institución, por jubilación, el doctor Jorge Stember Torres Aguas, Ingeniero Agrónomo Ph.D., quien se despeñó como Director del Programa de Agronomía; Luis Antonio Gómez Laverde, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Entomólogo del Programa de Variedades; María Luisa Guzmán Romero, Microbióloga que estuvo vinculada al Programa de Variedades y al Programa de Procesos de Fábrica; y Liliana María Calero Salazar, Química M.Sc., del Programa de Procesos de Fábrica.

VI. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2009)

Dirección General

Álvaro Amaya Estévez. Director General. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Nohra Pérez Castillo. Secretaria Junta Directiva. Economista.

Dirección Administrativa

Nohra Pérez Castillo. Directora Administrativa. Economista.

Ligia Genith Medranda Rosasco. Contadora. Contadora Pública.

Víctor Hugo Mejía Falla. Jefe Administrativo. Ingeniero Industrial.²

Luis Ferney Bonilla Betancourth. Coordinador Gestión de Calidad. Ingeniero Industrial.²

Programa de Variedades

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

Carlos Arturo Viveros Valens. Fitomejorador. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Paola Tatiana Pérez. Fitomejoradora. Ingeniera Agrónoma, M.Sc.³

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

Luis Orlando López Zúñiga. Investigador Temporal en Fitomejoramiento. Ingeniero Agrónomo.²

Alex Enrique Bustillo Pardey. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.²

Germán Andrés Vargas Orozco. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo.³

Ulises Castro Valderrama. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.²

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

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

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

John Jaime Riascos Arcos. Investigador Temporal. Biólogo, Ph.D.²

Hugo Arley Jaimes Quiñónez. Biólogo. Biólogo.²

María del Pilar Bonilla Arbeláez. Investigadora Temporal. Bióloga.²

Gershon Darío Ramírez Sánchez. Ingeniero Agrónomo. Ingeniero Agrónomo.^{2,4}

Programa de Agronomía

Javier Alí Carbonell González. Director. Ingeniero agrícola, M.Sc.

Fernando Villegas Trujillo. Ingeniero de Mecanización Agrícola. Ingeniero Agrícola, M.Sc.³

Luis Arnoby Rodríguez Hurtado. Asesor en Mecanización Agrícola. Ingeniero Mecánico, Ph.D.¹

John Jairo Valencia Montenegro. Investigador Temporal en Mecanización Agrícola. Ingeniero Agrícola.

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

Armando Campos Rivera. Asesor en Manejo de Aguas. Ingeniero Agrícola, M.Sc.¹

Doris Micaela Cruz Bermúdez. Investigadora Temporal en Manejo de Aguas. Ingeniera Agrícola.²

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

Programa de Procesos de Fábrica

Edgar Fernando Castillo Monroy. Director. Ingeniero Químico, Ph.D.

Jesús Eliécer Larrahondo Aguilar. Químico Jefe. Químico, Ph.D.

Liliana María Calero Salazar. Química. Química, M.Sc.¹

Sara del Carmen Pereddo Vidal. Química. Química.²

Nicolás Javier Gil Zapata. Ingeniero de Procesos Químicos. Ingeniero Químico, Ph.D.

Jorge Iván Socarrás Díaz. Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.²

Jairo Moreno Lemos. Investigador Temporal. Ingeniero Químico.²

Juan Gabriel Rodríguez. Investigador Temporal. Ingeniero Químico.²

Zunzy Tatiana Daza Merchán. Microbióloga. Microbióloga Industrial.¹

Jorge Alberto Vásquez Castillo. Microbiólogo. Bacteriólogo, M.Sc.¹

Adolfo León Gómez Perlaza. Asesor en Procesos Mecánicos. Ingeniero Mecánico, M.Sc.¹

Oscar Yesid Mora Muñoz. Investigador en Microbiología. Microbiólogo Industrial.

Diego Fernando Cobo Barrera. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.²

Carlos Andrés Aguirre Ortiz. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Alexánder Montoya Guerrero. Ingeniero Electrónico. Ingeniero Electrónico.²

Pedro Castro Fori. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

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

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

Claudia Posada Contreras. Economista. Economista.

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.

Hernán Felipe Silva Cerón. Administrador Web. Comunicador Social.²

Sandra Viviana Castillo Beltrán. Grupos Transferencia de Tecnología. Ingeniera Agrónoma.²

Diego Zamorano Álvarez. Validación de Tecnología. Ingeniero Agrónomo.²

Alejandro Estrada Bedón. Ingeniero de Logística. Ingeniero Agroindustrial.²

Luz Ángela Mosquera Daza. Estadística. Estadística.²

Servicio de Tecnología Informática

Einar Anderson Acuña. Jefe. Ingeniero Industrial.

Jaime Hernán Caicedo Ángel. Desarrollo de Software. Ingeniero de Sistemas.²

Servicio Información y Documentación

Adriana Arenas Calderón. Jefe. Bibliotecóloga.

Superintendencia de la Estación Experimental

Javier Alí Carbonell González. Superintendente. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

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

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

Paulo José Murillo Sandoval. Analista Percepción Remota. Ingeniero Topográfico.²

1. Contrato de prestación de servicios.

2. Contrato a término fijo.

3. Comisión de estudios de posgrado.

Referencias bibliográficas

- Ascúntar Benavides, D.A. 2008. Conceptos y criterios técnicos del diseño dinámico de un vagón para el transporte de caña de azúcar. Tesis Ingeniero Mecánico. Universidad del Valle (Sede Meléndez), Facultad de Ingeniería. Cali, Colombia. 157 p.
- Doorembos, J.; Kassam, A.H. 1986. Yield response to water. FAO. Irrigation and Drainage. Paper 33. Roma. 194 p.
- Gómez, L.A.; Quintero, E.M.; Jurado, J.A.; Obando, V.; Larrahondo, J.E.; González, A. 2009. Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. En: Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar, 8. Memorias. Cali. Colombia. 16 al 18, septiembre 2009. Tecnicaña, Cali, Colombia. p.136-143.
- Viveros Valens, C.A.; Palma, A.; López, L.O.; Victoria Kafure, J.I. 2008. Características agronómicas de la caña de azúcar asociadas con las toneladas de caña por hectárea (TCH) y la sacarosa (% caña). Carta Trimestral (Colombia). 31, 1 y 2 (ene.-jun.): 10-14.

Siglas, símbolos y abreviaturas

De instituciones y grupos

ACCE	Asociación Colombiana de Comercializadores de Energía
Acodal	Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
AGRONET	Red de Información y Comunicación Estratégica del Sector Agropecuario
Andi	Asociación Nacional de Industriales
Ascolfi	Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines
Asocaña	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
Asocodis	Asociación Colombiana de Distribuidores de Energía Eléctrica
CAPRADE	Comité Andino para la Prevención y Atención de Desastres
Cengicaña	Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar
Cenicaña	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
Cenicafé	Centro Nacional de Investigaciones de Café
Ciat	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIJUF	Centro Interamericano Jurídico y Financiero
CIDCA	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar
Cideim	Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas
Cirad	Centro de Investigación Agrícola para el Desarrollo (por su sigla en francés)
CNIAA	Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica
Colciencias	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
CTC	Centro de Tecnología Canaveira
EEOAC	Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes"
EESA	Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros
Fedepanela	Federación Nacional de Productores de Panela
GTT	Grupo de Transferencia de Tecnología
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
Icontec	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
ICP	Instituto Colombiano del Petróleo
ICSB	Consortio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar (por su sigla en inglés)
Igac	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Procaña	Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar
Socolen	Sociedad Colombiana de Entomología
Tecnicaña	Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar
UIS	Universidad Industrial de Santander

Otras

ADN	Ácido desoxirribonucleico
AEPS	Agricultura específica por sitio
ARE	Azúcar recuperable estimado
BH	Balance hídrico
CATE	Corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica
CC	Cenicaña Colombia (variedad de caña de azúcar)
DAC	Análisis directo
DMC	<i>Disaster Monitoring Costellation</i>
GPS	Sistema de posicionamiento global (por su sigla en inglés)
H	Condición de humedad de un suelo (símbolo definido por Cenicaña para el ordenamiento de los Grupos de Humedad (H0-H5) en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica para el cultivo de la caña en el valle del río Cauca)
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficiencia (por su sigla en inglés)
IAF	Índice de área foliar
ISPE	Índice de selección ponderado estimado
LAN	Red de área local (por su sigla en inglés)
LARA	Lámina de agua rápidamente aprovechable
LDCM	Landsat data continuity <i>Mission</i>
LN	Lámina neta (de agua)
LSD	Escaldadura de la hoja, <i>Xanthomonas albilineans</i> (Ashby)
NDVI	<i>Normalized difference vegetation index</i>
NIR	Espectroscopia de infrarrojo cercano
NPK	Nitrógeno, fósforo y potasio
PCR	Reacción en cadena de la polimerasa
PDA	Papa-dextrosa-agar (medio de cultivo)
PDF	Formato de documento portátil (por su sigla en inglés)
PIC	Contenido de información polimórfica (por su sigla en inglés).
ppm	Partes por millón
REE	Rendimiento eléctrico equivalente
RMA	Red meteorológica automatizada
RSD	Raquitismo de la soca, <i>Leifsonia xyli</i> subsp. <i>Xyli</i>
RTO	Rendimiento (de la caña en azúcar)
RT-PCR	PCR en tiempo real
SCMV	Mosaico común de la caña de azúcar
SCYL	Virus de la hoja amarilla (SCYLV)
SEF	Sistema experto de fertilización
Sivar	Sistema de Información de Variedades
TAH	Toneladas de azúcar por hectárea
TAHM	Toneladas de azúcar por hectárea y mes
TCH	Toneladas de caña por hectárea
TCHM	Toneladas de caña por hectárea y mes
TSH	Toneladas de sacarosa por hectárea
VIC	Variedades importadas por Cenicaña
VPN	Red privada virtual (por su sigla en inglés)

Publicación Cenicaña

Comité editorial

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

Producción editorial

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación editorial y edición de textos

Victoria Eugenia Carrillo Camacho

Diagramación

Alcira Arias Villegas

Fotografías

Angie Franco Mejía (pág. 32, 54, 69)
Archivo Programa de Agronomía (57, 58)
Archivo Programa de Procesos de Fábrica (59, 61)
Armando Campos Rivera (87, 89, 91)
Diego Miguel Garcés (19)
Diego Zamorano Álvarez (20, 23, 74, 77, 80, 83)
Fernando Muñoz Arboleda (6, 53, 72)
Hernán Felipe Silva Cerón (25, 27, 40, 84)
Ingenio Providencia (7, 60)
Jershon López Gerena (42)
Jorge Ignacio Victoria Kafure (33)
Juan Carlos Ángel Sánchez (41)
Libélula Modelos & Jr Composites (vi, 18, 66)
Luis Eduardo González (49, 76)
Luis Orlando López Zúñiga (37, 38, 70, 90)
Sandra Viviana Castillo Beltrán (67, 75, 81)
Victoria Eugenia Carrillo Camacho (iv, 46, 64, 85, 93)

Preprensa e impresión

Feriva S.A. Cali, Colombia

Se terminó de imprimir el 16 de marzo de 2010