

cenicaña

Informe Anual 2008

La caña de azúcar: una fuente de energía renovable

Carátula.

La caña de azúcar: una fuente de energía renovable. Por su capacidad fotosintética, la caña de azúcar acumula suficiente energía para crecer, extender sus raíces y absorber agua y nutrientes. Convertida en biomasa revierte su energía en alimentos ricos en calorías para las personas y los animales, sirve como combustible y es materia prima para la producción de etanol carburante. Los residuos de cosecha dejados en el campo aumentan la materia orgánica del suelo, la cual aporta nitrógeno y ayuda a disminuir progresivamente el uso de fertilizantes derivados del petróleo; esta biomasa es también un sustrato adecuado para el crecimiento de hongos comestibles de alto contenido proteico. Con el bagazo, la cachaza y la vinaza, subproductos de los procesos industriales de molienda y elaboración de azúcar y etanol, se preparan abonos compostados que aplicados en los campos de cultivo contribuyen al mejoramiento de los suelos y como fuente de nutrimentos para la planta.

Fotografías: Plántula de caña de azúcar; levadura de uso comercial en los procesos fermentativos de producción de etanol; residuos de la cosecha mecanizada; conductor de bagazo; abono en proceso de compostaje; hongos comestibles cultivados en residuos de cosecha.

Publicación Cenicaña

ISSN 0120-5854

Cita bibliográfica

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2009.
Informe Anual 2008. Cali, Cenicaña. 122 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

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

pág.

Contenido

iv	Junta Directiva, 2008-2010 Personal Directivo, 2008
v	Cenicaña: Una institución estratégica para la industria azucarera colombiana
vi	Informe del Director General de Cenicaña
1	Comportamiento del clima en el valle del río Cauca
5	Producción de caña y azúcar
15	Agricultura específica por sitio
23	Proyectos CATE
33	Programa de Variedades
45	Programa de Agronomía
55	Programa de Procesos de Fábrica
65	Servicio de Análisis Económico y Estadístico
71	Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología
79	Servicio de Tecnología Informática
81	Servicio de Información y Documentación
85	Superintendencia de la Estación Experimental
87	Laboratorios de análisis
89	Anexo
109	Siglas, símbolos y abreviaturas
110	Referencias bibliográficas

Junta Directiva 2008–2010

Juan José Lülle Suárez
Presidente

Nohra Pérez Castillo
Secretaria

Principales

Juan José Lülle Suárez
Presidente
Incauca S.A.

Alberto Potes Potes
Vicepresidente de Operaciones
Industriales
Riopaila Castilla S.A.

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

Silvio Freddy Quintero Muñoz*
Delegado
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 Chaves
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
Ricardo Franco Arango
Gerente de Campo
Ingenio Mayagüez S.A.

Personal Directivo 2008

Álvaro Amaya Estévez
Director General

Nohra Pérez Castillo
Directora Administrativa

Jorge Ignacio Victoria Kafure
Director
Programa de Variedades

Jorge Stember Torres Aguas
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
Superintendencia de la Estación
Experimental

Comités de Investigación

Campo

Presidente
Jaime Fernando Gómez Peña
Jefe de Tecnología Agrícola
Ingenio Manuelita S.A.

Cosecha

Presidente
Yonny Armando Escobar Muñoz**
Jefe de Cosecha
Ingenio Mayagüez S.A.

Fábrica

Presidente
Pedro Nel López López
Gerente de Fábrica
Incauca S.A.

* Ocupó el cargo de Gerente General del Ingenio Pichichí S.A. hasta el mes de abril de 2008.

** Estuvo vinculado al Ingenio Mayagüez S.A. hasta el 23 de noviembre de 2008.

Cenicaña: Una institución estratégica para la industria azucarera colombiana



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

La investigación y los nuevos desarrollos, junto con una estrategia comercial efectiva, son los dos vectores más importantes cuando se trata de actuar en mercados de *commodities*, donde la competitividad es fundamental para permanecer en el negocio.

En treinta y un años de existencia Cenicaña ha demostrado con creces que utilizando eficientemente las fortalezas edafoclimáticas de las tierras enmarcadas en el entorno de los ríos Cauca y Risaralda es posible administrar las debilidades, aprovechar las oportunidades y atenuar con éxito las amenazas, y bien valdría la pena evaluar objetivamente el valor estratégico del centro de investigación para la industria azucarera colombiana.

Cenicaña es, a mi juicio, una gran oportunidad para alinear en los temas de la productividad y la competitividad los intereses de todos los actores, ingenios y cultivadores de caña, de tal manera que se pueda garantizar la productividad del negocio, habida cuenta de que los resultados del campo son definitivos para poder competir en un mercado globalizado.

Un ejemplo es el éxito que se ha obtenido en los Grupos de Transferencia de Tecnología asimilando el concepto de la agricultura específica por sitio en los delimitamientos del desarrollo sostenible. Esto es un logro extraordinario y vemos con optimismo que la productividad en el campo viene en ascenso.

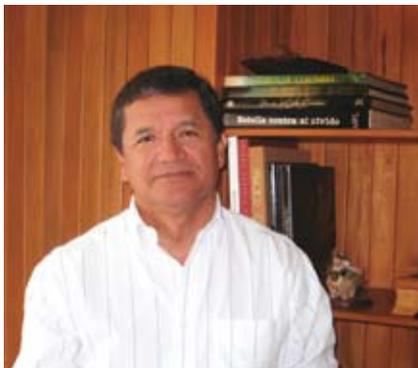
La participación directa de los agricultores en la ejecución de los programas que estructuran la agricultura específica por sitio, incluyendo la selección de variedades promisorias, será definitiva para el éxito del proceso. Como un ejemplo podríamos citar la propuesta que tenemos en el Ingenio Risaralda para motivar a los agricultores a coadyuvar en la selección de variedades, de crear un fondo de compensación que equilibre el ingreso económico para el agricultor cuando la productividad de las parcelas en ensayo sea menor a la productividad de su predio en el mismo corte, sin riesgo económico para él. Iniciativas como ésta en otros procesos permitirían ejecutar una estrategia de equipo y alinear los intereses comunes.

El reto es grande hacia el futuro para garantizar ya no la supervivencia, sino para perdurar en el tiempo con la rentabilidad adecuada.



Informe del Director General

Ciencia, tecnología e innovación: Apoyo para la sostenibilidad de la agroindustria



Álvaro Amaya Estévez, Ph.D.

Entorno

El año 2008 fue sui géneris en el contexto de la agroindustria azucarera colombiana si consideramos los efectos económicos provocados por el desplome del sistema financiero mundial, el alto costo de los fertilizantes nitrogenados, las inundaciones en el valle del río Cauca por el exceso de lluvias y el cese de actividades al que se vieron sometidos ocho ingenios ante el bloqueo del acceso a las instalaciones fabriles realizado hacia mediados del segundo semestre por corteros de caña afiliados a distintas cooperativas de trabajo asociado.

La situación del sistema financiero mundial ha cambiado la forma de pensar la economía moderna y ha vuelto a centrar la mirada en los valores de la confianza, la honestidad y la responsabilidad social. Así mismo, ha llamado la atención sobre la importancia de los sistemas de información y su utilidad efectiva para la observación real de los riesgos y la toma de decisiones en las empresas, los negocios y las familias.

Con la revaluación del peso en 2008 disminuyeron los ingresos percibidos por el sector productivo por concepto de exportaciones de azúcar, y dadas las grandes fluctuaciones del precio del petróleo se incrementaron los costos de producción, en particular en el rubro de insumos como fertilizantes, combustibles y energía.

Las lluvias en exceso causaron inundaciones en un área de amplia cobertura en el valle del río Cauca. De acuerdo con los datos suministrados por las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada del sector azucarero, 2008 ha sido el año más lluvioso desde que comenzó a operar la red en 1994; un año bastante frío, de baja radiación solar e intermedio entre seco y húmedo. Con una anomalía de 32% más de precipitación media anual, en muchos sitios se vieron afectadas las labores de siembra, cultivo y cosecha. Además de esta situación, la interrupción obligada de los planes de manejo agronómico y cosecha en los ingenios donde se presentó el bloqueo por casi sesenta días hizo que en 2008 se incrementara la edad de la caña para molienda en aproximadamente medio mes y conllevó cambios en las operaciones corrientes de los ingenios durante los periodos de actividad productiva.

A pesar de las condiciones adversas para la producción en 2008, la agroindustria tuvo una productividad mejor que en 2007: en toneladas por hectárea se consiguieron 6.1% más caña y 5.3% más azúcar. El rendimiento real (99.7° Pol) decreció levemente (-0.8%) y se registraron disminuciones importantes en las pérdidas de sacarosa indeterminadas y en bagazo, cachaza y miel final. En 2009, con dos meses acumulados en la edad de las plantaciones se puede aumentar la productividad del campo, aunque no necesariamente el incremento se refleje en la misma proporción en términos de azúcar.

Buena parte de las mejoras en productividad se asocian con la edad de cosecha y se explican, también, por el enfoque de agricultura específica por sitio que se ha venido adoptando progresivamente en el manejo de las variedades de caña de azúcar en los campos comerciales. De igual forma, las mejoras se relacionan con la eficiencia en la recuperación de sacarosa y en las operaciones fabriles, el control de los procesos y la gestión de la calidad en la producción de azúcar y etanol.

La posibilidad de contar con recursos de información y con sistemas de análisis económico y estadístico, junto con la oferta permanente de actividades de transferencia de tecnología y capacitación, ha contribuido a que se incorporen mejores criterios de decisión en las actividades diarias y en las iniciativas de innovación. Mediante la investigación y el desarrollo tecnológico, la validación de las mejores prácticas y la cooperación técnica en los procesos de adopción y adaptación de tecnología, Cenicaña apoya el desarrollo productivo y la sostenibilidad de las empresas y personas dedicadas a la producción de caña, azúcar y etanol.

En este contexto, el Centro propende al fortalecimiento de la agroindustria azucarera colombiana mediante la integración de los procesos productivos con una visión sistémica que le permite hacer intervenciones tecnológicas en una realidad que es dinámica y holística, en aspectos que van desde la selección de las variedades para el establecimiento de semilleros, la adecuación de los campos para el cultivo y la cosecha y la logística del suministro de la materia prima a las fábricas, hasta aquellos que comprometen la molienda de caña y la elaboración de los productos requeridos por los mercados de interés.

Beneficios de la inversión en ciencia, tecnología e innovación

Los indicadores de la productividad en la última década son un recurso para mostrar las ganancias que se pueden derivar de las inversiones en ciencia e innovación tecnológica. Al comparar los resultados productivos en los quinquenios 1999-2003 y 2004-2008 y considerando dos grupos de zonas agroecológicas contrastantes que representan las condiciones más frecuentes en el área sembrada, se encontró que en las zonas 10H3, 10H4 y 10H5, donde la precipitación es mayor y prevalecen los suelos con retención de humedad alta, la producción de caña se ha incrementado entre 7% y 10% y la de azúcar entre 9% y 13%, con mejoras en el rendimiento que oscilan entre 2% y 3%. En las zonas agroecológicas 6H1, 11H1 y 11H0, donde la precipitación es menor y los suelos son mejores desde el punto de vista de sus propiedades físicas y químicas, la productividad creció entre 8% y 10% en caña y entre 8% y 11% en azúcar, con diferencias muy leves en el rendimiento entre un quinquenio y otro.

Además de la productividad, los beneficios de la inversión en ciencia e innovación se reflejan en la integración de los productores de la materia prima y los procesadores de la misma, quienes ahora están más informados, dispuestos a la capacitación y son más proactivos en su relación con Cenicaña, de manera que aprovechan mejor los nuevos desarrollos tecnológicos y aplican criterios más precisos y confiables en la administración de las unidades productivas. Lo anterior redundó en la formación del espíritu innovador que le ha dado liderazgo a la agroindustria en el contexto internacional azucarero y de energías renovables, así como en la búsqueda de nuevos negocios. En Cenicaña confluye información estratégica para la sostenibilidad de los sistemas productivos basados en la caña de azúcar, la cual se utiliza como referencia en las proyecciones de los desarrollos futuros.

Como parte de los productos de la investigación que mayores beneficios han entregado a los productores donantes se destacan los avances en la obtención de variedades de caña de azúcar más productivas, el progreso tecnológico en el manejo del cultivo con el uso responsable de los recursos

naturales y menores costos, la capacidad de respuesta ante la amenaza de plagas y enfermedades, el conocimiento creciente acerca de las operaciones de cosecha y el mejoramiento progresivo de la eficiencia técnica en las plantas de azúcar y etanol con base en principios de integración energética y protección ambiental.

Avances en 2008

En el presente informe de labores se incluyen los avances destacados de la investigación y los servicios de apoyo de Cenicaña, así como el recuento de la producción intelectual de su personal y la participación en actividades de intercambio de información, transferencia de tecnología y capacitación. A continuación menciono los aspectos más relevantes al respecto.

- **Obtención de variedades de caña de azúcar.** La información más reciente se refiere a la cosecha de la plantilla de las variedades de las series 1997 a 2001 en seis ingenios y cuatro zonas agroecológicas, experimentos de pruebas regionales que concluirán luego del tercer corte. Los sitios de estas pruebas son representativos del 35% del área sembrada con caña. De acuerdo con los resultados de la plantilla, se caracterizaron siete variedades con producciones de caña superiores hasta en 9% con respecto al testigo comercial de CC 85-92 y ocho variedades con producciones de azúcar (potencial estimado con base en el contenido de sacarosa) superiores hasta en 18%.

En relación con las variedades promisorias cosechadas por los ingenios en áreas semicomerciales (menos de 2000 hectáreas), los resultados muestran que en siete de las ocho zonas agroecológicas más importantes en área existen variedades nuevas con más de un corte que superan en productividad a la CC 85-92. Al finalizar el año, esta variedad participaba en el 69.6% de las 205,664 h sembradas con caña de azúcar en el valle río Cauca. No obstante las buenas producciones registradas con la CC 85-92 en la mayoría de los sitios donde se encuentra sembrada, depender de una variedad única en tal proporción de área es siempre un riesgo ante la posible aparición de enfermedades o plagas potenciales que pueden causar así efectos de importancia económica.

- **Reducción de costos en las labores de preparación de suelos.** Los resultados de experimentos en los que se están probando alternativas para la preparación de suelos y el levantamiento del cultivo muestran de manera consistente que es posible reducir los costos de la preparación entre 40% y 60% sin disminución de la producción, mediante cambios en el orden de la secuencia de las labores y en el número de pases de los diferentes accesorios. Los experimentos se encuentran ubicados en las zonas agroecológicas 11H1 y 6H1. Además, en algunos sitios se están probando las mejores secuencias de preparación en campos comerciales.
- **Validación de prácticas de cultivo reducidas.** Se confirmaron resultados anteriores que señalan la oportunidad de disminuir los costos de producción mediante el uso de prácticas reducidas. En la experimentación se ha observado que la tecnología que promueve mayor producción de caña no necesariamente resulta en mayor rentabilidad.
- **Quince años de la Red Meteorológica Automatizada.** La información climatológica es utilizada por los ingenios y los cultivadores en las labores agrícolas y en el diseño de la infraestructura predial, y es fundamental en asuntos de gestión ambiental, zonificación agroecológica y desarrollo agrícola e industrial en el entorno regional. Es una herramienta fundamental de apoyo en la planeación y el desarrollo de la investigación. La red está integrada por 34 estaciones y ofrece información en tiempo real. Distintos boletines se publican en <www.cenicana.org>.

- **Programación de labores y seguimiento del cultivo.** El uso y la adaptación de la tecnología informática en el desarrollo de bases de datos confiables y sistemas de consulta funcionales nos han permitido mejorar continuamente los servicios de información a través de nuestro sitio web. Nuevas aplicaciones de sistemas de información geográfica para la programación y el seguimiento de las labores agrícolas se encuentran en proceso de implementación, al tiempo que hemos comenzado a publicar información satelital que puede ser utilizada para la toma de decisiones en edades tempranas del cultivo. También es importante destacar el desarrollo de innovaciones para la adquisición de datos directamente en las operaciones agrícolas, que facilitan la generación de mapas temáticos en tiempo real y su visualización a través de internet.
- **Manejo integral de plagas y enfermedades.** Las poblaciones del salivazo se han mantenido bajas y un insecto nativo se perfila como una opción de control biológico. De otra parte, ante la aparición de la roya naranja en las industrias azucareras de Norteamérica y Centroamérica se realizaron evaluaciones de diagnóstico en laboratorios de México y Estados Unidos en más de 120 variedades utilizadas en la investigación y a escala comercial en Colombia. Ninguna de las variedades mostró infección por roya naranja, enfermedad que no ha sido detectada en nuestro país.
- **Apoyo en microbiología industrial.** Como parte del apoyo en aspectos relacionados con la microbiología industrial en los procesos de fábrica, en la planta de etanol de un ingenio se puso en operación un fermentador piloto para el estudio de los procesos fermentativos y el rendimiento de las levaduras comerciales. También se avanzó en la conformación del banco de levaduras y en la identificación y caracterización de levaduras nativas con potencial alcoholero.
- **Proyectos en el sistema CATE.** Se han precisado mejor los criterios técnicos para el diseño estructural de un prototipo de vagón de transporte de caña de menor peso que los actuales. Así mismo, a partir de la caracterización de la logística del transporte en varios ingenios se han introducido ajustes en las operaciones correspondientes.

Hacia dónde vamos

El eje de los desarrollos de Cenicaña en el 2009 seguirá centrado en la misión y los objetivos del Centro con el fin de obtener variedades de caña de azúcar más productivas y rentables, tecnología de campo con el enfoque de agricultura específica por sitio y menores costos y tecnología de fábrica orientada a la integración energética en los procesos industriales.

Dos aspectos de especial atención en Cenicaña y que se incluirán con mayor énfasis en los proyectos de apoyo al desarrollo agroindustrial en los próximos años son: el cambio climático y la sostenibilidad.

El conocimiento acerca del cambio climático global, la previsión de sus efectos en el valle del río Cauca y el desarrollo de tecnología que contribuya a mitigar las causas de las anomalías son retos que abordaremos con más profundidad en los proyectos de investigación de Cenicaña. De igual manera, seguiremos apoyando los propósitos de sostenibilidad de la agroindustria a través de la promoción de prácticas y tecnologías que contribuyan con la productividad, el uso eficiente de los recursos naturales y los demás insumos requeridos para la producción, la preservación del medio ambiente y la reducción de las amenazas de contaminación.

La caña de azúcar ofrece oportunidades para mitigar el efecto de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, una de las principales causas del cambio climático. Por su eficiencia fotosintética y de captura de CO₂, la planta de caña presenta mayor adaptación que otros cultivos para afrontar los incrementos

de CO₂ en la atmósfera. La tecnología de campo y fábrica que requiera menos insumos derivados de combustibles fósiles, la evaluación de microorganismos y de especies vegetales compatibles con el cultivo de la caña de azúcar que contribuyan a fijar nitrógeno y otros nutrientes en el suelo, la incursión en proyectos de captura de carbono y la utilización de microorganismos que promuevan el uso de menos energía en los procesos industriales son, entre otros, aspectos considerados en la investigación del 2009 y los años siguientes.

El incremento de la temperatura en la Tierra es una evidencia del cambio climático global y se refleja en anomalías del clima en el valle del río Cauca. Para afrontarlas, una de las ayudas inmediatas es el uso de la tecnología de agricultura específica por sitio, con la cual no sólo es posible coadyuvar en la eficiencia técnica y ambiental de las labores agrícolas sino que además se pueden abrir nuevas ventanas de oportunidad para perfeccionar el engranaje de la agroindustria utilizando la información del campo en la planeación y el control de los procesos industriales de cosecha, molienda, elaboración de azúcar y destilación de etanol.

El reto en los próximos años es mantener y mejorar los logros obtenidos con la adopción de las tecnologías disponibles, el mejoramiento de los procesos productivos, la investigación para generar nuevas tecnologías, y la capacitación y la innovación tanto en Cenicaña como en los ingenios y las fincas de cultivadores y proveedores de caña. Esta es la forma de mantener la agroindustria competitiva, hacer sostenible el negocio y generar desarrollo en la región y el país.

La visión de conjunto alrededor del desarrollo tecnológico, el valor a los resultados obtenidos, la proyección de la investigación y la concepción que representa la inversión en ciencia, tecnología e innovación como pilares de la proyección del sector, fueron los fundamentos por los cuales los ingenios y los cultivadores, a pesar de la crisis económica que afecta las industrias y la economía global, aprobaron el incremento de las donaciones a Cenicaña al 0.65% a partir de agosto de 2008.

Como Director General del Centro y en nombre de nuestro personal, agradezco el apoyo y la confianza en Cenicaña, donde somos conscientes del compromiso con el desarrollo de tecnologías y las acciones que mantengan la competitividad, generen rentabilidad y promuevan el liderazgo de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar en el contexto mundial.

Comportamiento del clima en el valle del río Cauca durante 2008

A comienzos de 2008 se presentó la fase de mayor intensidad de "La Niña", fenómeno climático de escala planetaria que tiene lugar en la cuenca del océano Pacífico tropical, con anomalías negativas de la temperatura superficial del mar de hasta 1.5 °C por debajo de su valor medio anual multianual. Este evento, que se había iniciado en agosto de 2007 y se prolongó hasta mayo de 2008, se caracterizó por ser de intensidad moderada. Entre los meses de junio y octubre de 2008 predominaron condiciones normales (no-Niño y no-Niña) y en noviembre se inició un nuevo evento frío "La Niña", el cual se intensificó fuerte y rápidamente durante el mes de diciembre.

De acuerdo con las condiciones externas mencionadas y los datos suministrados por las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la industria azucarera colombiana, en el valle del río Cauca el año 2008 se constituyó en el más lluvioso de los últimos quince años. La precipitación atmosférica fue de 1664 milímetros, cantidad que superó en 32% el valor medio anual multianual para el valle del río Cauca (1262 milímetros). Por cuarto año consecutivo, año tras año desde 2005, ha venido aumentando significativamente la cantidad de precipitación anual en el valle del río Cauca (Figura 1).

A pesar de que las temporadas secas y lluviosas estuvieron bien marcadas durante 2008, en el valle del río Cauca se presentó gran variabilidad intra-anual de la precipitación (Cuadro 1, Figura 2). En agosto, julio, febrero y mayo se registraron en promedio para la región lluvias excesivas, entre 148% y 70% por encima de la respectiva media mensual multianual, mientras que en abril, diciembre, enero y junio las lluvias estuvieron entre 26% y 47% por encima del respectivo valor multianual. En marzo y noviembre se presentaron valores mensuales de precipitación normales, tan sólo un poco por encima de los valores acostumbrados para cada uno de estos meses (109%). Tan sólo septiembre y octubre de 2008 fueron en general meses deficitarios en lluvias (82% y 84%), sobre todo en las zonas centro y centro-sur del valle del río Cauca. Noviembre también resultó escaso en lluvias en la zona centro.

En el año 2008, con una radiación media diaria anual de 403 cal/cm², se presentó, igual que en el año 1999, el segundo valor más bajo de esta variable climatológica de los últimos quince años, superior sólo al registro del año 2000 que fue igual a 396 cal/cm². En 2008 la radiación media diaria anual estuvo 3% por debajo del valor multianual (414 cal/m²) (Figura 3).

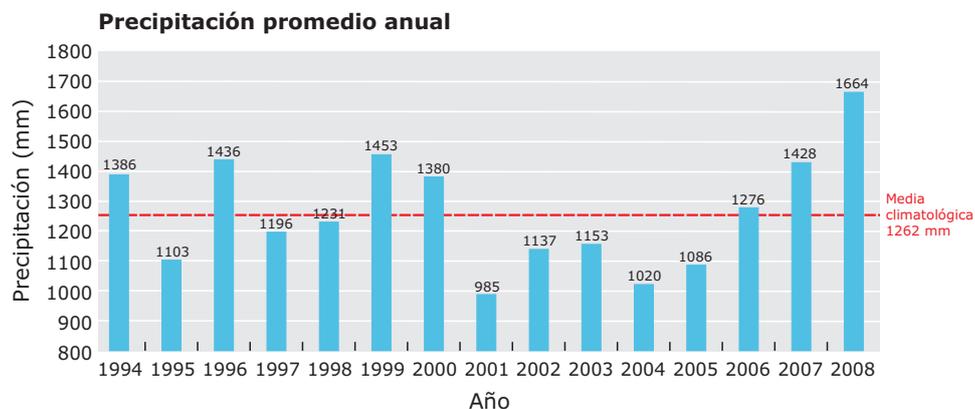


Figura 1. Promedio anual de la precipitación atmosférica en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2008. RMA.

Cuadro 1. Anomalías de la precipitación atmosférica en el valle del río Cauca durante 2008. Porcentaje de precipitación mensual en 2008 con respecto al correspondiente promedio climatológico 1994-2008.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Viterbo	134	169	83	92	193	103	205	179	65	117	149	150	134
Risaralda	129	77	114	91	149	105	155	251	74	93	136	111	121
Cartago	29	103	134	147	117	165	193	246	97	61	151	188	133
Zarzal	107	180	75	132	89	141	236	164	128	73	115	113	123
La Paila	91	155	107	85	147	151	180	183	61	68	118	107	117
Bugalagrande	143	245	152	114	205	119	223	256	98	83	190	127	158
Riofrío	122	150	117	122	152	147	153	255	151	67	135	113	132
Tuluá	88	100	87	150	126	128	277	214	45	86	144	110	120
Yotoco	214	92	92	98	169	178	190	254	52	69	98	75	116
Guacarí	133	87	115	84	166	177	129	262	69	34	67	146	109
Ginebra	100	138	103	110	213	213	220	243	81	113	80	142	136
Amalme	130	127	99	120	223	219	277	295	66	88	41	132	131
San Marcos	335	200	61	83	169	163	146	232	89	84	60	128	127
Palmira-La Rita	93	230	122	107	194	197	210	338	80	59	77	209	141
Arroyohondo	233	277	56	94	151	160	171	278	67	52	64	142	128
Aeropuerto	181	339	101	135	188	332	240	251	50	93	88	219	169
Palmira-San José	* f/s	215	151	120	296	175	131	206	58	46	63	91	* f/s
PTAR-Cali	107	203	77	108	164	90	275	263	85	64	60	160	125
Candelaria	127	298	112	176	202	185	255	202	52	73	61	124	146
Pradera	77	238	107	170	252	98	133	320	58	104	116	144	142
Meléndez	73	230	106	123	101	151	255	214	40	118	151	156	132
Cenicaña	108	250	166	205	174	132	100	313	131	120	141	167	164
Jamundí	150	200	144	116	167	92	252	299	37	122	147	81	137
Boca del Palo	129	199	121	126	220	182	295	239	61	81	119	73	142
Ortival	121	170	106	209	141	156	144	276	190	125	137	115	151
Miranda	117	207	113	165	92	132	223	316	97	107	97	135	133
Naranjo	97	177	136	131	175	54	126	186	87	97	99	121	121
Corinto	151	220	118	126	111	54	123	307	93	61	116	112	122
Santander de Quilichao	172	173	94	125	171	73	237	164	107	86	128	71	124
Promedio	132	188	109	126	170	147	198	248	82	84	109	130	133

* f/s: fuera de servicio

Clave de lectura:

Rango	Interpretación
Rel. < 50%	Muy por debajo
50% < Rel. < 80%	Por debajo
80% < Rel. < 120%	Normal
120% < Rel. < 150%	Por encima
Rel. > 150%	Muy por encima

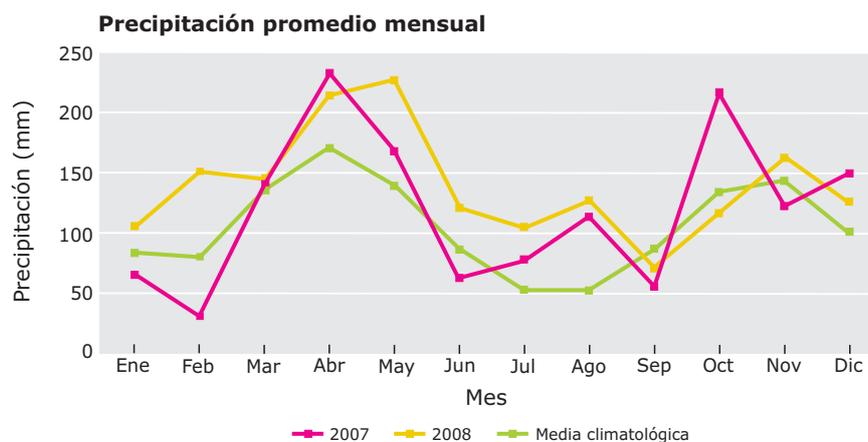


Figura 2. Promedio mensual de la precipitación atmosférica en el valle del río Cauca. Años 2007, 2008 y periodo 1994-2008. RMA.

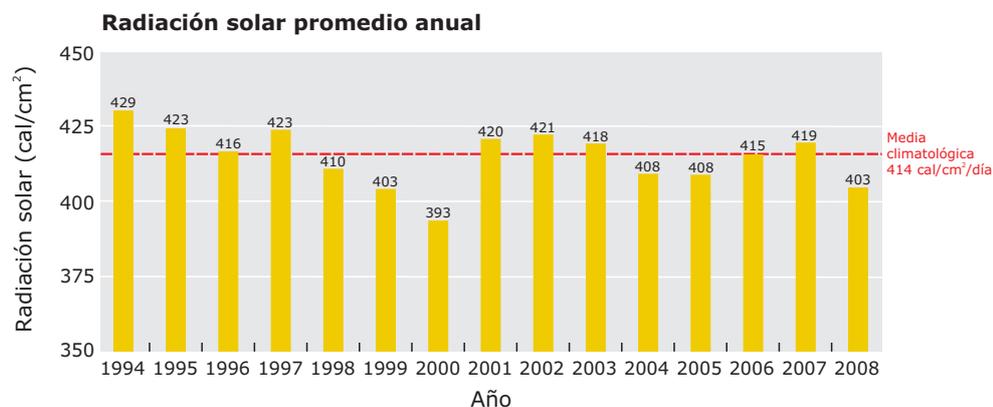


Figura 3. Promedio anual de la radiación solar media diaria en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2008. RMA.

Las temperaturas medias (mínima, media y máxima), así como la oscilación media diaria de temperatura mostraron durante 2008 valores por debajo de los acostumbrados para la región, de tal forma que este año se puede catalogar, en su conjunto, como un año sensiblemente frío (Figura 4). La oscilación media diaria anual de la temperatura fue menor en 0.2 °C que su respectivo valor medio multianual (Figura 5).

El promedio anual de la humedad relativa del aire mostró en 2008 un valor bastante cercano al medio multianual, apenas 1% por debajo de éste y un poco más alto que el registrado en los cuatro años anteriores.

El comportamiento anual en 2008 de las variables atmosféricas temperatura, precipitación y radiación solar en el valle del río Cauca se muestra muy acorde con la influencia que el fenómeno "La Niña" ejerce en las condiciones climáticas regionales; dos eventos del fenómeno se presentaron en el océano Pacífico tropical durante buena parte del año y de acuerdo con ellos en 2008 se observaron temperaturas y radiación solar bajas o muy bajas, así como volúmenes de precipitación altos o muy altos en el valle. Según los datos suministrados por las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada del sector azucarero, 2008 ha sido el año más lluvioso desde 1994, bastante frío, de baja radiación solar, intermedio entre seco y húmedo (ver Anexo, página 90).

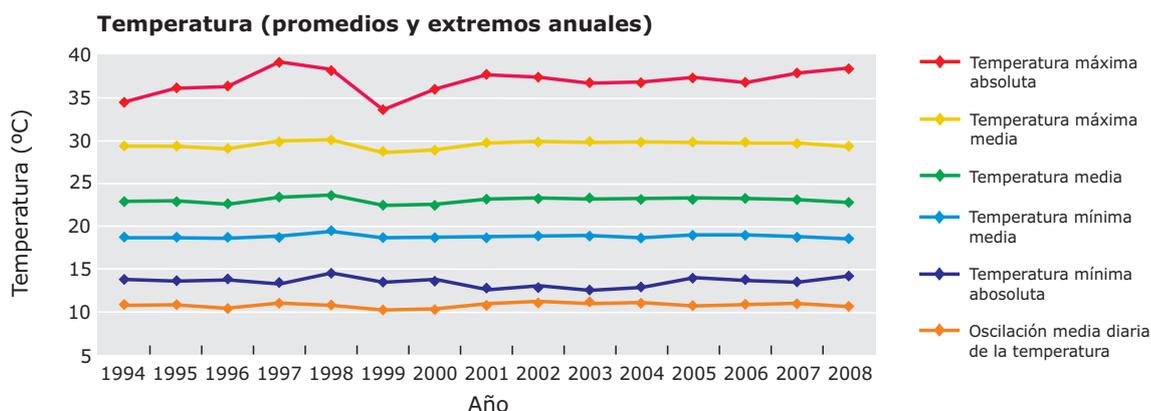


Figura 4. Promedios y extremos anuales de la temperatura del aire en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2008. RMA.

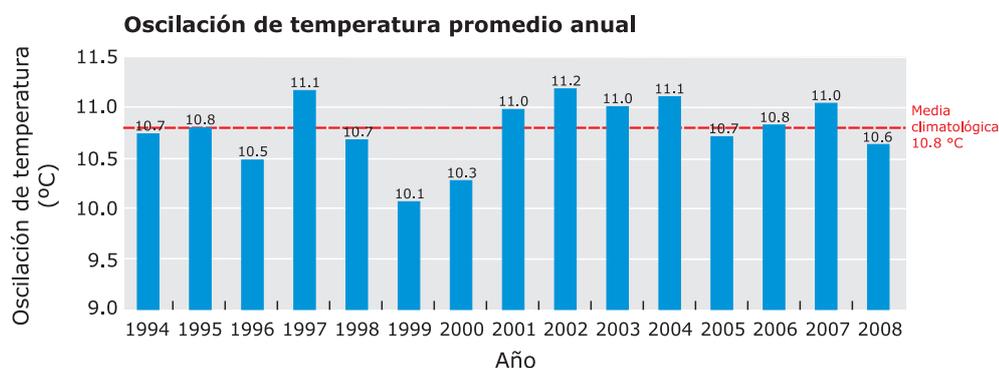


Figura 5. Promedio anual de la oscilación media diaria de la temperatura en el valle del río Cauca. Periodo 1994-2008. RMA.

En 2008 se presentaron, en general, condiciones térmicas y de humedad que se describen a continuación:

- La temperatura mínima media anual fue casi igual a la correspondiente media climatológica (18.7 °C *versus* 18.8 °C), la temperatura media del aire (temperatura “ambiente”) fue 0.4 °C más baja que la respectiva media multianual (22.7 °C *versus* 23.1 °C) y la temperatura máxima media anual estuvo 0.3 °C por debajo de la correspondiente media climatológica (29.3 °C *versus* 29.6 °C)
- La oscilación media diaria anual de la temperatura fue menor en 0.2 °C que su respectivo valor medio multianual (10.6 °C *versus* 10.8 °C) y la humedad relativa media anual fue prácticamente igual a su valor medio climatológico (81% *versus* 82%).
- En marzo y noviembre se presentaron valores mensuales de precipitación normales, un poco por encima de los valores acostumbrados para cada uno de estos meses (109%). Tan sólo septiembre y octubre de 2008 fueron en general meses deficitarios en lluvias (82% y 84%), sobre todo en las zonas centro y centro-sur del valle del río Cauca. Noviembre también resultó escaso en lluvias en la zona centro.

Atardecer en el Valle del Cauca.



Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2008

El análisis descriptivo que se presenta a continuación corresponde a los resultados de la producción comercial de la caña de azúcar cosechada por trece ingenios azucareros en tierras con manejo directo y tierras con manejo de proveedores.

Los indicadores de campo fueron estimados con base en los datos suministrados por los ingenios Carmelita, Riopaila Castilla (dos plantas), Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Risaralda y Sancarlos. En los indicadores de fábrica no se incluyen datos de los ingenios Carmelita, Central Tumaco ni María Luisa. Los ingenios Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia y Risaralda tienen plantas adjuntas para la producción dual de azúcar y etanol.

Resultados generales

El resumen de los indicadores de productividad se presenta en el Cuadro 2. Los resultados generales muestran que:

- La productividad de campo aumentó en 2008, cuando se obtuvieron 121 TCH y 13.9 TAH (toneladas de caña y azúcar por hectárea) con cultivos de cinco cortes y 13.1 meses de edad, promedios de 157,495 hectáreas cosechadas. En comparación con 2007, se registraron incrementos en las toneladas de caña y azúcar por hectárea y por mes (TCH, TCHM y TAH, TAHM) y disminución en el rendimiento comercial en azúcar; la edad de la caña cosechada fue mayor y el número de corte fue menor.
- Dadas las condiciones climáticas de lluvias en exceso y debido a un evento inusual que impidió las operaciones corrientes en ocho ingenios, como fue el bloqueo del acceso a las fábricas por parte de corteros de caña, en 2008 se cosecharon 27,371 hectáreas (2629 suertes) menos que el año precedente. La radiación solar, las temperaturas y la oscilación de la temperatura estuvieron por debajo de los valores habituales.
- La producción en las plantas de azúcar disminuyó. Se contabilizaron 1,854,527 toneladas totales menos de caña molida que en 2007 y 244,344 toneladas totales menos de azúcar producido. También se registraron descensos en la sacarosa aparente (% caña) y el rendimiento real (99.7° Pol, %), con tendencias mensuales muy similares a las del año anterior. La fibra (% caña) fue levemente más alta en 2008, al tiempo que las pérdidas de sacarosa indeterminadas y las pérdidas en bagazo, cachaza y miel final fueron más bajas.
- La producción conjunta de etanol fue de 900,000 litros/día, valor estimado, y se utilizaron como materias primas jugo claro, miel B y meladura.



Cuadro 2. Indicadores de productividad de la agroindustria azucarera colombiana en 2007 y 2008.

Indicador	Primer trimestre 2008	Segundo trimestre 2008	Tercer trimestre 2008	Cuarto trimestre 2008	Enero-diciembre		Diferencia 2008-2007 (%) (°C)	Desviac. estándar 2008
					2007	2008		
Campo¹								
Área neta sembrada en caña (ha)	-	-	-	-	202,296	205,664	1.7	
Área cosechada (ha)	45,181	37,403	43,457	31,454	184,866	157,495	-14.8	
Número de suertes cosechadas	5,413	4,955	5,080	3778	22,957	20,328	-11.5	
Edad de corte (meses)	12.7	12.7	13.2	14.1	12.5	13.1	4.8	1.6
Número de corte	4.8	5.1	4.7	5.2	5.1	5	-2	3.4
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	117.2	119.1	123.9	124.6	113.9	120.9	6.1	27.6
Toneladas de caña por hectárea mes (TCHM)	9.3	9.5	9.5	9.0	9.2	9.4	2.2	2
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	13.6	13.6	14.3	14.5	13.2	13.9	5.3	3.3
Toneladas de azúcar hectárea mes (TAHM)	1.08	1.08	1.1	1.00	1.06	1.08	1.9	0.24
Rendimiento comercial (%) ²	11.6	11.4	11.5	11.6	11.6	11.5	-0.9	1
Fábrica								
Toneladas totales de caña molida ^{1,4}	5,266,307	4,451,513	5,368,369	3,931,289	20,872,005	19,017,478	-8.9	
Toneladas totales de azúcar producido ^{1,5}	608,729	512,560	627,548	455,350	2,448,711	2,204,367	-10	
Rendimiento real en base a 99.7° Pol % ^{3,6}	11.75	11.52	11.69	11.65	11.75	11.66	-0.8	
Fibra % caña ³	14.86	15.41	14.55	14.89	14.84	14.91	0.5	
Sacarosa aparente % caña ³	13.25	13.06	13.16	13.2	13.36	13.17	-1.4	
Pérdidas de sacarosa en bagazo % caña ³	0.54	0.54	0.52	0.54	0.57	0.53	-5.9	
Pérdidas de sacarosa en cachaza % caña ³	0.09	0.09	0.09	0.1	0.1	0.09	-3.4	
Pérdidas de sacarosa en miel final % caña ³	0.76	0.75	0.78	0.77	0.78	0.77	-1.8	
Pérdidas de sacarosa indeterminadas % caña ³	0.14	0.16	0.11	0.17	0.19	0.14	-26.6	
Clima (datos de 29 estaciones RMA)⁷								
Precipitación (mm)	400	561	301	402	1428	1664	16.5	
Oscilación media diaria de temperatura (°C)	10.8	10.6	10.7	-	11	10.4	-0.6 °C	
Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	417	408	397	394	418	404	-3.4	
Condición climática externa	Niña	Niña	Normal	Normal enfriamiento	Normal Niña	Niña -Normal		

- Los indicadores de campo, las toneladas totales de caña molida y las toneladas totales de azúcar producido corresponden a datos de 13 ingenios: Carmelita, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos.
- Rendimiento comercial: porcentaje (%) de azúcar (en peso) recuperado por tonelada de caña molida. Resultado promedio ponderado por las toneladas totales de caña molida (ver numeral 4 en este pie de cuadro).
- Indicadores de fábrica: 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 en patios). Cifras de 13 ingenios.
- Toneladas totales de azúcar producido: suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido. Cifras de 13 ingenios.
- Rendimiento real: porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida, en donde el azúcar neto corresponde al azúcar elaborado y empacado más la diferencia de los inventarios anterior y actual del azúcar de los materiales en proceso en el período considerado (mieles, masas, magmas, meladuras y jugos). Este índice convierte todos los tipos de azúcares a una misma base de contenido de Pol 99.7°, el cual corresponde al tipo de azúcar de mayor producción en el sector, el azúcar blanco.
- RMA: Red Meteorológica Automatizada.

Valores medios multianuales 1994-2008	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria (cal/cm ² xdía)	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)
Primer trimestre (ene.-mar.)	293	425	11.0
Segundo trimestre (abr.-jun.)	392	399	10.2
Tercer trimestre (jul.-sep.)	183	426	11.8
Cuarto trimestre (oct.-dic.)	375	403	10.3

Campo

Pese al incremento de 6% en las TCH en el último año, las producciones totales de caña y azúcar bajaron en 14% y 15%, lo cual obedeció principalmente a que el área cosechada disminuyó en 17% con respecto al número de hectáreas cosechadas en 2007. Las causas se relacionan con las lluvias del primer trimestre de 2008 y con el paro de las fábricas al que se vieron obligados ocho ingenios entre el tercero y el cuarto trimestre del año.

Las TCH aumentaron como resultado de haber cosechado cañas de mayor edad y menor número de corte, con lo cual se registraron también diferencias positivas en las variables derivadas TCHM, TAH y TAHM. El rendimiento comercial se vio afectado por la disminución de la oscilación de la temperatura y la radiación solar, variables climáticas que afectan el contenido de sacarosa en la caña sembrada, y por las lluvias, que tienden a incrementar la materia extraña en la caña cosechada (Figura 6).

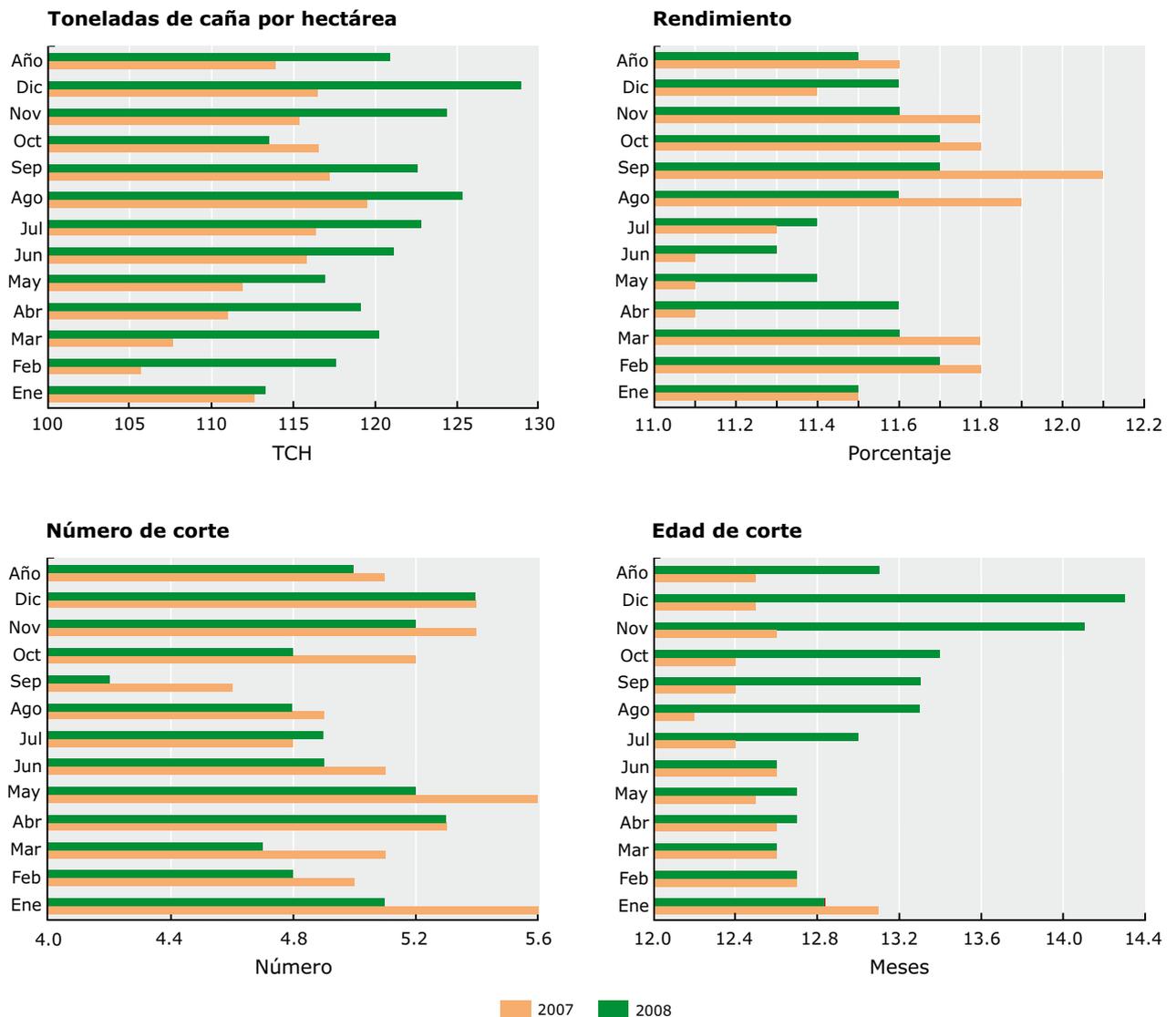


Figura 6. Indicadores de la productividad de campo de la agroindustria azucarera colombiana en 2007 y 2008. Datos de trece ingenios.

Variedades de caña de azúcar

Seis variedades de caña de azúcar participaron en el 92.8% del área total cosechada, con porcentajes individuales de participación que variaron entre 69.8% (CC 85-92) y 1.1% (CC 93-3895). Con respecto a 2007, se observaron aumentos en el porcentaje de participación de las variedades CC 85-92, CC 93-3895, CC 92-2198, CC 92-2804, CC 93-3826 y CC 93-4418 (Cuadro 3. El censo de las variedades sembradas al 31 de diciembre de 2008 indica incrementos del área sembrada en el último año con CC 85-92, CC 92-2198, CC 93-4418, CC 92-2804, CC 93-4181 y CC 93-3826 (Cuadro 4).

En el Cuadro 5 se presentan los resultados de productividad de las variedades más cosechadas en las ocho zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria. Se puede observar que en siete zonas hay variedades con más de un corte que superan en productividad a la CC 85-92.

Cuadro 3. Variedades comerciales y semicomerciales en el área cosechada con caña de azúcar en el valle del río Cauca. Datos de trece ingenios, 2007 y 2008.

Variedad	Participación en el área cosechada (%)	
	Ene.-dic. 2007	Ene.-dic. 2008
CC 85-92	64.7	69.8
CC 84-75	14.5	13.8
V 71-51	6.5	5.0
PR 61-632	2.5	1.8
Miscelánea	2.9	1.8
MZC 74-275	1.5	1.3
CC 93-3895	0.6	1.1
RD 75-11	1.3	0.7
CC 92-2198	0.5	0.6
CC 93-7510	0.8	0.5
CC 87-434	0.5	0.4
Co 421	0.6	0.4
CC 92-2804	0.1	0.3
CC 93-3826	0.1	0.3
CC 87-505	0.6	0.2
CC 93-4418	0.1	0.2
Otras	2.1	1.8

Cuadro 4. Variedades comerciales y semicomerciales en el área sembrada con caña de azúcar en el valle del río Cauca. Datos de trece ingenios, 2007 y 2008.

Variedad	Participación en el área sembrada (%)	
	Ene.-dic. 2007	Ene.-dic. 2008
CC 85-92	68.2	69.6
CC 84-75	13.0	13.0
V 71-51	4.9	4.1
PR 61-632	2.0	1.8
Miscelánea	1.8	1.3
CC 93-3895	1.0	1.0
MZC 74-275	1.2	0.9
RD 75-11	0.8	0.7
CC 92-2198	0.6	0.7
CC 93-4418	0.3	0.7
CC 93-7510	0.5	0.5
CC 92-2804	0.3	0.4
CC 87-434	0.4	0.4
CO 421	0.4	0.3
CC 93-4181	0.2	0.3
CC 93-3826	0.2	0.3
Otras variedades	1.6	1.8
Renovación y otros	2.5	2.3
TOTAL	100.0	100.0

Cuadro 5. Productividad de las variedades de caña de azúcar cosechadas en las zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana en 2008. Datos de trece ingenios.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
5H3 (3,755 ha cosechadas)	CC 85-92	194	1,758.9	12.1	114.6	13.9	9.0	1.08	13.0	4.5
	CC 84-75	108	1,168.6	11.4	118.4	13.6	9.7	1.10	12.3	3.4
	V 71-51	36	360.1	11.6	107.4	12.4	8.7	1.01	12.5	7.7
	PR 61-632	7	76.4	11.3	130.0	14.7	10.2	1.15	12.8	4.5
	CC 92-2198	8	62.0	11.8	108.2	12.7	8.3	0.97	13.3	4.0
	CC 93-3826	5	43.9	11.8	133.6	15.8	10.6	1.25	12.7	3.7
	CC 93-3895	3	26.5	11.1	109.5	12.2	9.2	1.02	12.0	2.5
	MZC 74-275	2	14.8	13.5	113.4	15.4	9.2	1.25	12.3	14.0
			3,511							
6H1 (19,697 ha cosechadas)	CC 85-92	1269	13,235.7	11.8	128.4	15.2	9.7	1.15	13.3	4.9
	CC 84-75	227	2,341.0	11.7	125.0	14.6	9.7	1.13	13.1	5.5
	V 71-51	131	1,224.7	11.6	125.1	14.5	9.7	1.12	13.1	8.3
	PR 61-632	48	524.1	11.4	132.9	15.2	9.5	1.08	14.1	6.2
	CC 93-3895	45	448.4	12.3	129.6	16.0	9.3	1.15	14.1	1.6
	CC 92-2198	27	246.6	12.3	128.3	15.8	9.2	1.13	14.1	2.0
	MZC 74-275	18	168.3	12.1	113.4	13.7	8.5	1.03	13.3	8.1
	CC 92-2804	22	160.5	11.7	134.7	15.7	10.1	1.19	13.5	2.0
	CC 93-4181	3	44.3	12.2	132.9	16.2	10.2	1.25	13.0	1.3
	CC 93-4418	3	34.6	12.4	129.4	16.0	9.8	1.21	13.2	1.5
	CC 93-3826	6	20.8	10.8	135.0	14.6	12.2	1.32	11.2	3.8
			18,449							
6H2 (3,835 ha cosechadas)	CC 85-92	256	2,386	11.4	108.5	12.4	8.5	0.97	13.1	4.8
	CC 84-75	74	707	11.2	103.3	11.6	8.1	0.91	12.9	3.8
	V 71-51	9	109	11.4	97.4	11.1	8.0	0.90	12.3	9.4
	CC 93-3895	10	66	11.3	118.7	13.5	9.2	1.04	13.0	1.9
	CC 92-2198	4	43	11.7	109.1	12.8	8.2	0.96	13.5	3.5
	MZC 74-275	4	35	11.1	114.7	12.8	8.5	0.95	13.5	7.9
	PR 61-632	3	35	10.7	101.5	10.8	7.4	0.79	13.9	6.2
	CC 93-3826	5	20	9.9	78.0	7.7	7.0	0.70	11.1	3.3
	CC 93-4418	1	6	10.7	171.8	18.3	11.5	1.23	14.9	1.0
	CC 92-2804	2	3	11.1	140.7	15.6	10.1	1.11	14.1	1.0
			3,411							

Continúa

Cuadro 5. Continuación.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
11H0 (10,780 ha cosechadas)	CC 85-92	706	8,048	11.6	135.5	15.8	10.3	1.20	13.3	4.8
	CC 84-75	73	747	11.3	131.1	14.7	10.1	1.13	13.2	6.3
	V 71-51	56	592	11.1	127.3	14.1	9.3	1.03	13.9	8.8
	PR 61-632	33	516	11.3	136.4	15.5	10.1	1.15	13.5	7.5
	CC 93-3895	10	110	11.7	140.3	16.4	10.3	1.20	13.7	1.2
	MZC 74-275	12	100	11.5	130.9	15.0	9.9	1.14	13.3	14.4
	CC 92-2198	7	84	11.7	143.2	16.7	10.5	1.22	13.7	2.0
	CC 92-2804	4	42	11.3	122.1	13.8	10.7	1.21	11.4	3.1
	CC 93-4418	4	27	11.3	139.4	15.8	9.9	1.12	14.2	1.9
	CC 93-3826	2	20	11.7	136.4	15.9	10.2	1.19	13.4	1.0
			10,286							
11H1 (13,014 ha cosechadas)	CC 85-92	955	9,601	11.6	131.8	15.3	10.2	1.18	13.1	4.9
	CC 84-75	134	1,345	11.3	125.3	14.2	9.9	1.13	12.7	6.6
	V 71-51	56	582	11.4	125.3	14.3	9.7	1.11	13.0	10.4
	PR 61-632	23	140	11.7	127.7	14.9	9.7	1.12	13.3	9.7
	CC 93-3895	19	134	11.8	135.3	15.9	10.1	1.19	13.4	2.1
	CC 92-2198	9	103	12.1	120.7	14.6	9.0	1.08	13.6	2.1
	MZC 74-275	10	101	11.8	119.3	14.1	8.9	1.05	13.5	8.1
	CC 93-4418	11	64	12.0	130.6	15.7	9.5	1.14	13.8	2.0
	CC 92-2804	6	43	12.0	123.4	14.8	10.9	1.30	11.4	3.9
	CC 93-4181	4	42	11.8	140.7	16.5	9.6	1.12	14.9	1.0
	CC 93-3826	3	37	11.0	138.4	15.2	10.9	1.19	12.7	1.8
CC 98-72	1	14	10.7	185.3	19.8	12.4	1.33	14.9	1.0	
			12,204							
11H2 (4,884 ha cosechadas)	CC 85-92	419	3,613	11.6	121.6	14.1	9.6	1.12	12.8	4.7
	CC 84-75	55	538	11.3	114.7	13.0	9.4	1.06	12.3	5.7
	V 71-51	18	194	11.4	113.3	12.9	9.3	1.05	12.2	13.8
	MZC 74-275	15	80	11.8	109.1	12.9	8.9	1.05	12.3	11.0
	PR 61-632	9	64	11.2	106.2	11.8	8.1	0.90	13.3	7.6
	CC 93-3895	6	28	10.3	128.4	13.3	9.4	0.96	13.8	2.6
	CC 92-2804	4	26	11.9	117.6	14.0	9.4	1.13	12.6	1.0
	CC 93-3826	3	22	10.5	102.1	10.8	7.8	0.82	13.3	3.3
	CC 92-2198	2	21	11.1	119.8	13.3	9.8	1.09	12.3	4.2
	CC 93-4418	2	14	11.6	143.1	16.6	11.8	1.37	12.1	1.0
			4,600							

Continúa

Cuadro 5. Continuación.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Edad (meses)	Corte (no.)
11H3 (7,320 ha cosechadas)	CC 85-92	888	5,599	11.0	115.5	12.7	9.6	1.05	12.2	5.0
	CC 84-75	140	945	11.3	105.0	11.9	8.6	0.97	12.3	7.0
	CC 93-3895	35	165	10.6	105.1	11.1	8.7	0.92	12.2	2.6
	MZC 74-275	8	67	10.7	122.2	13.0	10.2	1.09	12.0	12.3
	CC 92-2804	8	55	11.3	130.4	14.7	10.4	1.18	12.6	1.2
	V 71-51	13	44	11.9	97.4	11.6	8.2	0.96	12.0	12.0
	PR 61-632	2	23	11.8	99.2	11.7	7.6	0.89	13.1	13.6
	CC 93-4418	2	13	10.6	164.2	17.5	13.8	1.47	11.9	1.7
	CC 93-3826	3	12	10.3	106.5	10.9	8.9	0.92	11.9	3.2
	CC 98-72	2	4	11.4	131.7	15.0	11.8	1.34	11.2	3.0
	CC 92-2198	1	3	11.3	110.9	12.6	9.2	1.05	12.0	6.0
			6,932							
15H1 (3,530 ha cosechadas)	CC 85-92	229	2,516	11.6	125.6	14.6	10.1	1.17	12.5	4.5
	CC 84-75	46	510	11.1	125.2	13.9	10.1	1.12	12.6	5.1
	V 71-51	13	138	10.9	118.1	12.9	10.2	1.11	11.6	9.0
	CC 93-3826	3	60	11.7	130.1	15.2	9.4	1.09	14.1	1.4
	MZC 74-275	3	46	11.4	100.7	11.4	8.1	0.93	12.4	14.0
	CC 92-2804	6	24	12.1	131.6	15.9	10.4	1.25	12.8	3.0
	CC 92-2198	2	24	9.4	109.1	10.2	9.6	0.90	11.4	4.0
	CC 93-3895	4	14	10.3	113.8	11.7	9.8	1.00	11.7	2.2
	PR 61-632	1	13	12.1	116.0	14.1	9.1	1.10	12.8	3.0
			3,346							
Desviación estándar				0.8	20.0	2.3	1.4	0.16	1.0	1.6

A través de las curvas de isomargen (Figura 7) se muestra el índice de margen operacional (IMO) de las ocho variedades más cosechadas en cada una de las ocho zonas agroecológicas. 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 a diciembre 31 de 2008, según tipo de azúcar y mercado, y el costo directo de producción por tonelada de azúcar (promedio del sector) a la misma fecha. Los costos de campo no incluyen el costo de la tierra; corresponden a los costos directos de adecuación, preparación, siembra y levantamiento del cultivo.

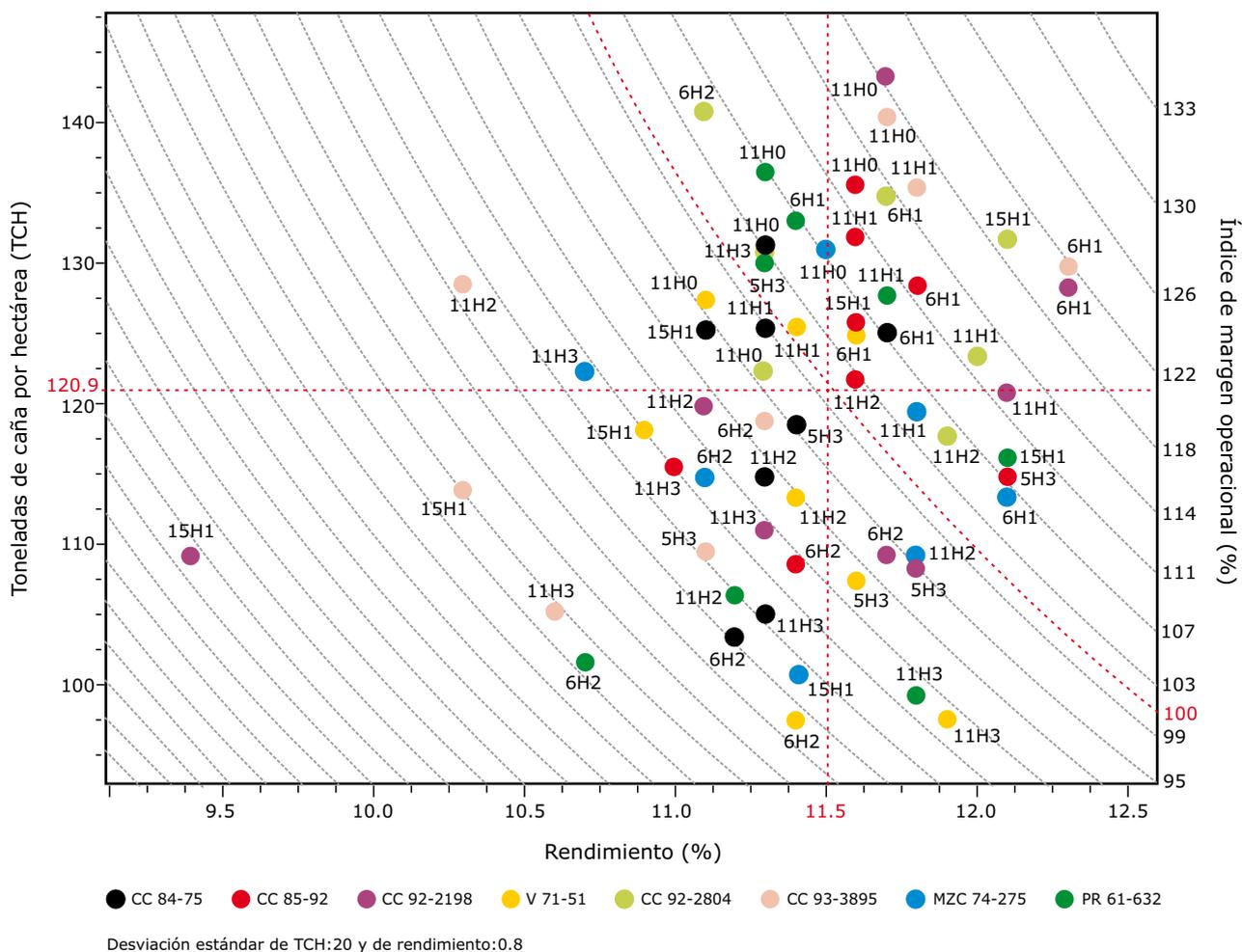


Figura 7. Curvas de isomargen de las variedades cosechadas en las principales zonas agroecológicas, 2008. Datos de trece ingenios.

Los valores más altos de IMO se consiguieron en las zonas 6H1, 11H0, 11H1 y 15H1 con las variedades CC 93-3895, CC 92-2804, CC 92-2198 y CC 85-92. Los valores más altos de IMO están asociados con zonas secas y suelos de alta fertilidad. Los valores más bajos de IMO tuvieron lugar en las zonas 11H2, 6H2, 11H3 y 15H1 con las variedades CC 92-2198, CC 93-3895 y PR 61-632. Se observa que estas zonas agroecológicas, independientemente de la variedad, se ubican en los lugares más bajos de la figura. En 2008, en el 77% del área se consiguió un IMO superior al promedio de la industria (69% en 2007) y en el 23%, un IMO inferior.

Fábrica

Las cifras totales de caña molida y azúcar producido corresponden a trece ingenios, mientras que los indicadores de la productividad se refieren a los promedios de diez ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada (Cuadro 2).

Como se mencionó antes, la molienda disminuyó con respecto a 2007 debido al cese de actividades en ocho plantas de producción de azúcar. En total se molieron 19,017,487 toneladas de caña, 8.9% menos que el año anterior. Los mayores descensos ocurrieron en septiembre y octubre en siete ingenios.

La misma tendencia se presentó en la producción de azúcar; en total se obtuvieron 2,204,367 toneladas de azúcar, 10% menos que en 2007 (Figura 8). Tanto la caña molida como el azúcar producido mostraron diferencias positivas en el segundo trimestre de 2008 con respecto a los mismos meses de 2007.

El valor promedio anual de sacarosa (% caña) se redujo en 0.19 unidades porcentuales (1.4%) en 2008, en comparación con 2007. Las diferencias fueron negativas en el primer trimestre, el tercero y el cuarto; en el segundo trimestre, el mayor valor de sacarosa (% caña) explica el aumento observado en la producción de azúcar en el mismo período. En relación con el rendimiento real (99.7° Pol, %), el valor promedio anual se redujo en 0.8% al pasar de 11.75% a 11.66% entre un año y otro; en los trimestres se observaron las mismas tendencias que mostró la sacarosa (% caña) (Figura 9).

La fibra industrial (% caña), valor promedio anual, aumentó en 0.07 unidades porcentuales (0.5%). Los valores de fibra % caña más altos se obtuvieron en abril y mayo y los más bajos, entre agosto y septiembre. El incremento de la fibra no se evidenció en un mayor valor de

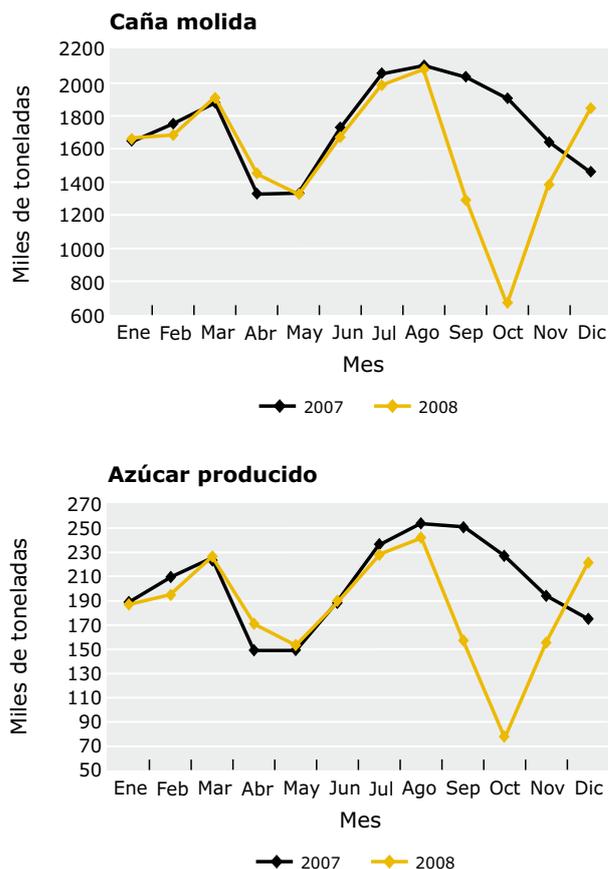


Figura 8. Toneladas de caña molida y de azúcar producido en la agroindustria azucarera colombiana en 2007 y 2008. Datos de trece ingenios.

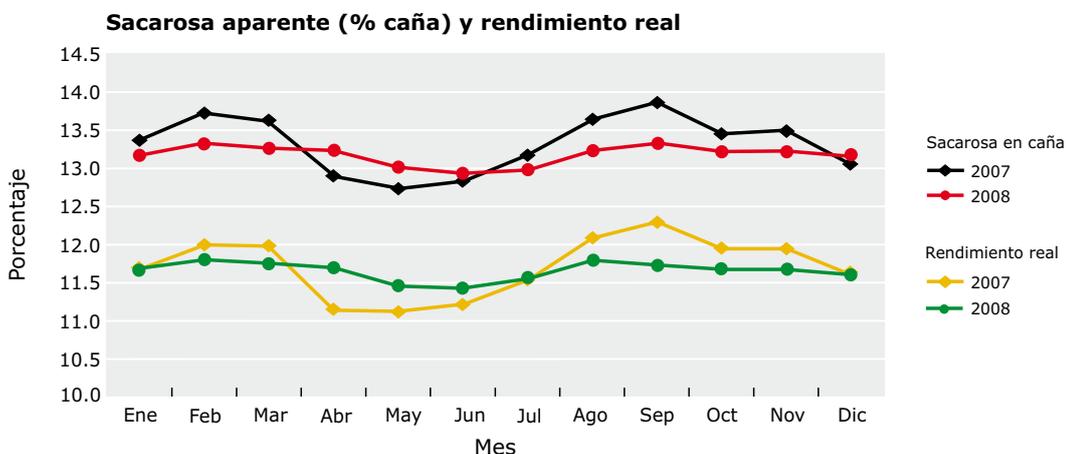


Figura 9. Sacarosa aparente (% caña) y rendimiento real en azúcar (99.7° Pol, %) en la agroindustria azucarera colombiana en 2007 y 2008. Datos de diez ingenios.

bagazo (% caña), de manera que las pérdidas de sacarosa en bagazo (% caña) disminuyeron de 0.57 a 0.53 (5.9%). La sacarosa en el bagazo (% caña) pasó de 2.02% en 2007 a 1.94% en 2008, como resultado de la mayor eficiencia de la extracción en molienda alcanzada el último año (Figura 10).

En la miel final se registraron pérdidas de sacarosa 1.8% más bajas en 2008 (0.77% versus 0.78% en 2007). Los incrementos mensuales observados entre septiembre y diciembre estuvieron asociados con la reducción de la pureza del jugo diluido (Figura 11).

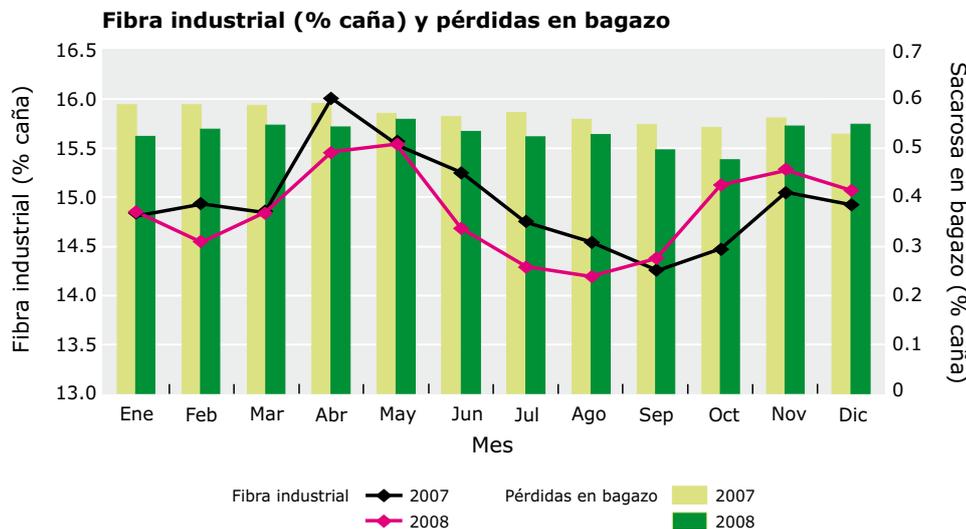


Figura 10. Fibra (% caña) y pérdidas de sacarosa en bagazo (% caña) en la agroindustria azucarera colombiana en 2007 y 2008. Datos de diez ingenios.

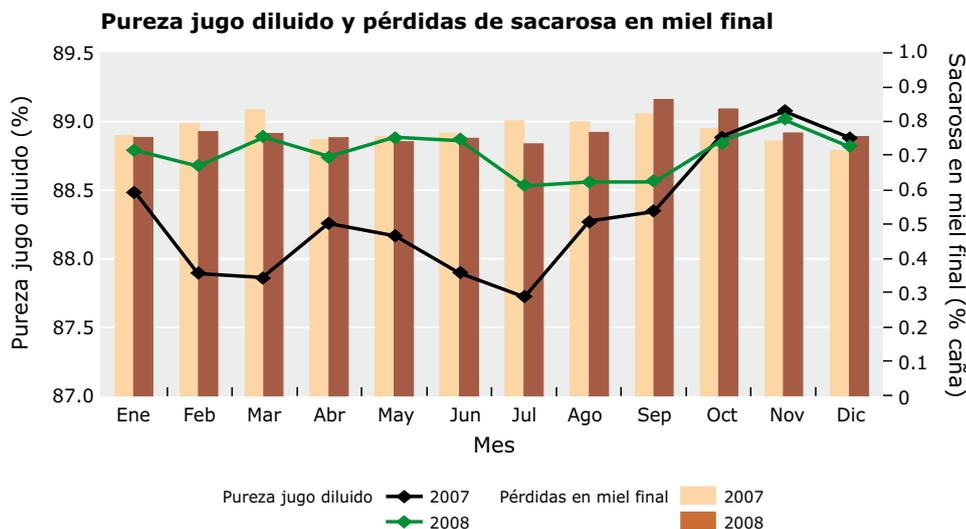


Figura 11. Pureza del jugo diluido (% caña) y pérdidas de sacarosa en miel final (% caña) en la agroindustria azucarera colombiana en 2007 y 2008. Datos de diez ingenios.

Agricultura específica por sitio

Con el propósito de asegurar la adopción del enfoque de agricultura específica por sitio en la administración y el manejo de las unidades productivas de caña de azúcar en el valle del río Cauca, Cenicaña caracteriza sistemáticamente las condiciones agroecológicas de las zonas de cultivo, desarrolla tecnologías limpias adaptadas a las situaciones de la producción y promueve la innovación tecnológica mediante servicios de información y transferencia de conocimientos de acuerdo con las necesidades de los productores.

Para la caracterización de las zonas de cultivo se han considerado los factores agrológicos y climatológicos asociados con la productividad de la caña de azúcar. En 2008, a través de los distintos medios de comunicación de Cenicaña se divulgaron los criterios tenidos en cuenta en la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica, elaborada con base en agrupaciones derivadas de los estudios detallados de suelos y el balance hidrológico regional.

La zonificación agroecológica se ha incorporado progresivamente en los proyectos de investigación y validación de tecnología, tanto en la definición de nuevos objetivos como en la selección de sitios experimentales y el análisis de resultados. Con el fin de facilitar la adopción de la agricultura específica por sitio y conseguir que los resultados reales en cada sitio se acerquen al potencial productivo, se han desarrollado sistemas de información comercial que involucran criterios de análisis para identificar las causas de las variaciones espaciales y temporales de la productividad en cada suerte de caña, en relación con los factores de la zonificación agroecológica y las variedades de caña de azúcar cosechadas.

De forma complementaria, se ha avanzado en la definición de las mejores prácticas culturales de manejo agronómico de acuerdo con las características agroecológicas de las principales zonas de cultivo, para lo cual se ha recopilado información de fuentes primarias y secundarias y se ha comenzado a diseñar una matriz de decisiones tecnológicas que se integrará al sistema de información 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.

Con la adquisición de datos en las operaciones agrícolas se están generando mapas temáticos en tiempo real.



El proyecto aeps

En el año 2000 Cenicaña formuló el proyecto "Agricultura específica por sitio" que compromete cuatro fases de desarrollo en las cuales se ha contado con la cofinanciación de Colciencias. Durante 2008 se concluyó la tercera fase y se precisaron los presupuestos para las actividades requeridas en la cuarta fase que comenzará en 2009.

Se presentan a continuación los avances en la construcción de la matriz de decisiones aeps; los detalles al respecto pueden ser consultados en el informe técnico final de la tercera fase del proyecto, documento disponible en texto completo para los usuarios registrados en <www.cenicana.org>

Los objetivos de la cuarta fase del proyecto aeps son:

- Validar paquetes tecnológicos por zona agroecológica mediante investigación participativa con los productores.
- Validar paquetes tecnológicos con enfoque aeps por suerte de caña, diferenciados de acuerdo con la heterogeneidad de los suelos en la suerte.
- Determinar la variabilidad de la producción intrasuerte, diagnosticar las causas –factores reductores y limitantes de la producción–, identificar las soluciones y aplicar las medidas correctivas que mejoren la productividad.
- Desarrollar una metodología de seguimiento acerca de la ubicación de las variedades de caña de azúcar en las nuevas zonas agroecológicas (cuarta aproximación) a partir del estudio detallado de suelos realizado en el área con caña de azúcar en la región.
- Actualizar y complementar las herramientas del sistema interactivo de información aeps en web.

Matriz de decisiones tecnológicas aeps

Uno de los objetivos específicos del proyecto aeps es desarrollar una matriz de decisiones tecnológicas que ofrezca a los productores de caña de azúcar una guía para la aplicación de prácticas agronómicas con criterios de agricultura específica por sitio.

Como un requisito para el efecto se busca la cooperación permanente con los ingenios y los proveedores de caña en función de mantener actualizada la cartografía básica de las suertes sembradas con caña de azúcar y procurar la documentación completa y precisa de la cartografía temática.

En relación con la oferta tecnológica se hacen revisiones bibliográficas y consultas a investigadores, especialistas y grupos focales con el objeto de precisar las recomendaciones de variedades de caña y prácticas agronómicas que mejor contribuyen a obtener el potencial productivo en zonas representativas de las condiciones agroecológicas en el valle del río Cauca.

Los avances en el desarrollo de la matriz aeps se resumen a continuación.

Varietades de caña de azúcar. La información acerca de la productividad esperada de las variedades de caña de azúcar en las zonas agroecológicas puede ser consultada por los productores mediante curvas de isoproductividad, isomes e isocronoproductividad. Para el efecto se cuenta con una aplicación de tecnología informática disponible en <www.cenicana.org> que utiliza la base de datos de la producción agroindustrial (datos actualizados cada mes por los ingenios azucareros, desde 1990) para hacer consultas específicas por zona agroecológica, ingenio, variedad de caña, edad de cosecha o número de corte, en periodos definidos por el usuario. En el análisis se incluyen las variedades comerciales (sembradas en más de 2000 hectáreas) y las variedades semicomerciales (menos de 2000 ha). Los datos concretos que dan origen a los promedios utilizados en la construcción de las isocurvas se muestran en una tabla detallada que puede ser ordenada o filtrada por el usuario.

Prácticas agronómicas. Con el fin de ordenar la información disponible acerca de las mejores prácticas de agricultura específica por sitio en la agroindustria azucarera colombiana, se avanzó en la revisión de la oferta tecnológica y en su clasificación con referencia a la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica.

El objetivo es construir una matriz de información tecnológica con el enfoque de aeps, que le sirva al productor de caña de azúcar para conocer las prácticas agronómicas que debe aplicar en cada condición agroecológica de su unidad productiva y que lo oriente sobre las formas de uso de las tecnologías recomendadas en cada labor.

De acuerdo con lo anterior, el primer paso ha sido revisar la producción bibliográfica donde se documentan los resultados de la investigación de Cenicaña, tarea que se llevará a cabo también con el resto de la producción intelectual relacionada con aeps que proporcione experiencias confiables y novedosas sobre el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.

A partir de las revisiones iniciales se programaron entrevistas con algunos investigadores de Cenicaña, de forma que se identificaron los componentes de la oferta tecnológica disponible en el centro de investigación en relación con el manejo de las aguas de riego, la nutrición y la fertilización del cultivo. En un proceso concatenado se realizó un foro-taller con un grupo focal de expertos en suelos y en las labores de adecuación y preparación. Algunos apartes de la información ordenada hasta el momento se presentan a continuación.

- **Adecuación y preparación de suelos:** Con la participación de 21 expertos se realizó un foro-taller en el que se analizaron nueve grandes grupos de preparación de suelos (GGPS) conformados por Cenicaña a partir de los 33 grupos homogéneos de suelos que sirven de base en la actual zonificación agroecológica. Una vez se estableció la pertinencia de los GGPS, los expertos con mejores conocimientos sobre las labores de cultivo en cada GGPS formularon recomendaciones acerca de las labores de preparación de suelos (plantilla y soca), su secuencia, la época de ejecución, la verificación del estado de humedad del suelo, los implementos por usar en cada caso, la profundidad

de la labor, el número de pases y su dirección, la potencia requerida para el efecto y la mención de excepciones y recomendaciones especiales. Antes de su inclusión en la matriz de decisiones aeps, la información será revisada internamente en Cenicaña.

- **Manejo de aguas de riego:** Incluye las recomendaciones acerca de los sistemas de programación de riegos (balance hídrico y pozos de observación del nivel freático), los métodos de riego (gravedad por surcos alternos o surcos continuos y aspersión, en plantilla y socas, según la forma de encalle de los residuos de cosecha, la probabilidad de lluvias y el tipo de suelo), el diseño de los campos y el control administrativo de la labor. Así, por ejemplo, se recomienda regar por surco alternativo en suelos que conforman los grupos homogéneos de suelos identificados con los números 1 a 17 y 24 a 30, mientras que no se debe regar con este método en los suelos de los grupos 18 a 22 y 31 a 33.
- **Nutrición y fertilización:** Como parte de las prácticas de fertilización se estableció la pertinencia de realizar los muestreos de suelo en cada consociación presente en una suerte, de manera que los análisis de elementos mayores y menores en el laboratorio arrojen resultados por consociación. Con respecto a las recomendaciones de enmiendas y fertilizantes se precisaron las dosis, fuentes, épocas y métodos de aplicación de cal agrícola, nitrógeno, fósforo y potasio mediante la definición de reglas de decisión basadas en los resultados del análisis de suelo y las características del cultivo. En relación con el uso de otras enmiendas con capacidad para neutralizar la acidez intercambiable se elaboró una tabla de equivalencias con los productos sustitutos de la cal agrícola. Acerca de las aplicaciones de nitrógeno se definieron las recomendaciones para plantilla y soca según el contenido de materia orgánica del suelo, el drenaje y la presencia de nivel freático superficial en determinadas épocas del año. Las recomendaciones de fósforo y potasio fueron establecidas según los contenidos de fósforo disponible y potasio intercambiable en el suelo. Estas reglas de decisión son las mismas que se utilizan en la última versión del Sistema Experto de Fertilización.

En la definición de los requerimientos de diseño de la matriz de decisiones aeps, la estructura del sistema se ha concebido como una red de información de naturaleza dinámica, que se actualiza permanentemente con el criterio de ofrecer información validada, producto de la investigación realizada por Cenicaña y del conocimiento experto de quienes se desempeñan a diario en cada área de especialidad, incluyendo otros investigadores, asesores, profesionales y técnicos de los ingenios y las fincas de proveedores de caña.

Se aprovecharán todos los recursos de información desarrollados por Cenicaña, de manera que se fortalecerá progresivamente el sistema de información aeps disponible en <www.cenicana.org> que hoy ofrece diversas herramientas de análisis y consulta a partir de las bases de datos geográficos, de clima y producción comercial.

Entre las nuevas herramientas de información que facilitarán la toma de decisiones operativas y de innovación tecnológica se cuentan las aplicaciones de geomática desarrolladas con las bases de datos integradas al sistema de información geográfica (SIG), el uso de imágenes de satélite y otros instrumentos de percepción remota. Es así como se ha avanzado en el desarrollo de una aplicación de SIG para la programación de las labores agrícolas (ver página 25) y continuamente se integra nueva documentación de respaldo que complementa la cartografía temática y las opciones de consulta a través del Servidor de Mapas.

A continuación se presentan los avances más destacados de las aplicaciones de geomática que contribuyen en la adopción de tecnología con el enfoque de agricultura específica por sitio.

Aplicaciones de geomática

Actualmente, a través del Servidor de Mapas dispuesto en <www.cenicana.org> se facilita la consulta de información geográfica e información complementaria acerca de la caracterización agroecológica de cada sitio de cultivo, los resultados productivos en cada suerte de caña y las variables meteorológicas que influyen en la productividad en cada ciclo de cultivo.

Un nuevo servicio de información acerca del uso del índice de desarrollo vegetativo del cultivo estimado mediante instrumentos de percepción remota se encuentra en proceso de desarrollo, con el fin de configurar una metodología alternativa para el monitoreo del cultivo y la toma de decisiones agronómicas. Igualmente se han desarrollado sistemas automatizados de medición de datos georreferenciados (pesos y fuerzas principalmente), almacenamiento y transmisión de los mismos, que facilitan la elaboración de mapas temáticos en tiempo real y su visualización en línea mediante interfaces basadas en web.

Con las utilidades de archivo que ofrecen los sistemas en proceso de implementación se busca conformar bases de datos que sirvan de respaldo documental en las recomendaciones de aeaps, con las ventajas de usar información con referencia geográfica y mediciones hechas *in situ*.

Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar mediante percepción remota

Para el desarrollo del proyecto "Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar por medio de la percepción remota" se cuenta con la cofinanciación de Colciencias. El objetivo es realizar el seguimiento temporal de la respuesta espectral del cultivo ante las diferentes prácticas de manejo y las condiciones ambientales, por medio de la percepción remota.

Con este fin se están utilizando datos capturados por el instrumento MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a bordo de los satélites Terra y Aqua. A través de MODIS se puede conocer la dinámica terrestre con una resolución temporal que varía entre uno y dos días y una resolución espacial de 250 m, 500 m y 1000 m y 36 bandas espectrales.

Las imágenes sobre el territorio colombiano son captadas cada 16 días y Cenicaña cuenta con las mismas desde febrero de 2000. A partir de las imágenes de MODIS se obtienen las correspondientes al valle del río Cauca. Mediante el uso de una metodología desarrollada por el Centro se realizan las tareas corrientes de descarga, corte y mejoras de interpolación y filtrado de las series de tiempo de los índices de vegetación (EVI, *Enhanced Vegetation Index*) que son suministrados por la NASA (*Nacional Aeronautics and Space Administration*) junto con las imágenes.

En función del objetivo propuesto en el proyecto, se ha avanzado en el diseño y el desarrollo de una aplicación basada en web para el seguimiento del cultivo mediante las imágenes del MODIS, servicio que se encuentra actualmente disponible en el Servidor de Mapas en <www.cenicana.org>.

Al mismo tiempo, se ha progresado en el desarrollo de una metodología para la adquisición de las firmas espectrales y la toma de datos en el campo, el análisis estadístico de las relaciones entre el índice de vegetación y la productividad de la caña de azúcar y la definición de un modelo matemático para estimar el potencial de productividad en edades tempranas del cultivo.

Servicio de información satelital en web. Mediante un enlace directo desde el Servidor de Mapas se puede consultar esta aplicación que muestra la funcionalidad de la información satelital para el seguimiento del desarrollo vegetativo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.

El sistema permite seleccionar una suerte de caña, ver los píxeles que la componen, seleccionar el de interés y observar el perfil temporal de cada ciclo de cultivo (Figura 12). Mediante un vínculo con la base de datos comercial se obtiene información sobre el área del píxel, la fecha de cosecha, la variedad de caña, el número de corte, la edad de corte y los resultados de productividad; también, a través de consultas a las bases de datos de la RMA y la Red de Pluviómetros, se muestran los datos de la precipitación acumulada.

Seguimiento del índice de vegetación (EVI)

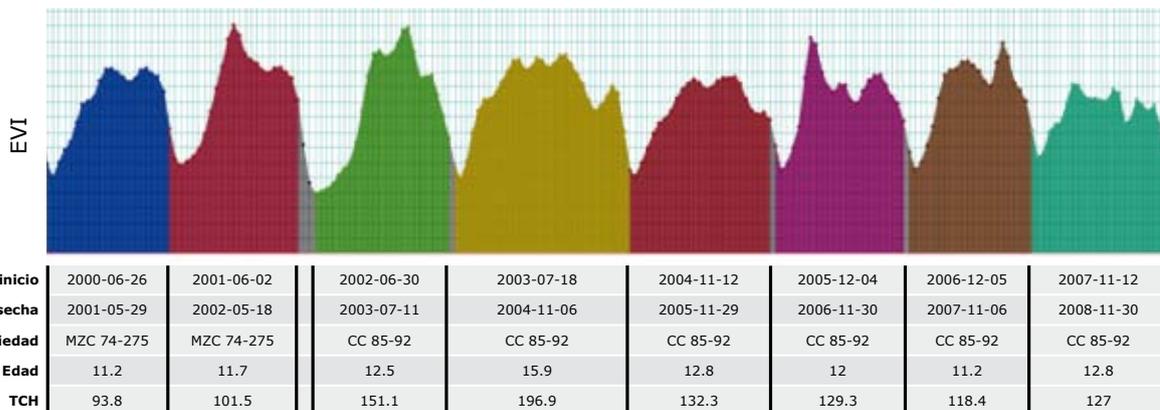


Figura 12. Ejemplo de consulta a través del servicio de información satelital disponible en <www.cenicana.org>

De acuerdo con el análisis descriptivo de los datos incorporados en este servicio de información satelital se ha corroborado que las fechas de renovación o el encalle de los residuos del material residual de la cosecha se corresponden con los valores más bajos del EVI y que este índice disminuye en las fechas previas a la cosecha.

Con lo anterior se confirma que la información satelital es consistente con el desarrollo vegetativo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, de manera que se continuará la recolección de información acerca de las labores realizadas en cada campo de cultivo con el fin de asociarlas con la respuesta del EVI. De esta forma se busca ofrecer información confiable para tomar decisiones de manejo agronómico oportunas, en función de la productividad.

Modelo para la estimación temprana de la productividad. Se realizaron análisis estadísticos de varianza y regresión para establecer la relación entre el índice de vegetación (EVI) y la productividad en toneladas de caña por hectárea (TCH).

Se determinaron 48 rangos de EVI acumulado y con los promedios de TCH existentes para cada rango se realizó un análisis de regresión. Con el modelo encontrado se logró explicar el 95% de la variación de las TCH y se identificaron en una primera aproximación los rangos de EVI acumulado que se deben contabilizar a una edad determinada para alcanzar los rangos de TCH estimados, como se muestra en el Cuadro 6. Los resultados evidencian una alta correlación entre los valores acumulados del EVI y la productividad.

Cuadro 6. Valores del índice de vegetación (EVI) acumulados por mes y su relación con la productividad en toneladas de caña por hectárea (TCH).

Variables	Edad del cultivo (meses)				
	3	4	5	6	7
Número de observaciones	2019	2196	2396	2380	2391
Productividad (TCH promedio)	125.2	121.6	124.2	125.4	126.7
Rango (límites inf-sup.)	124.1 - 126.3	120.5 - 122.7	123.2 - 125.2	124.4 - 126.4	125.7 - 127.6
Desviación estándar	25.4	26.3	25.1	24.6	23.9
Rango EVI Acumulado	27662 - 28460	37132 - 38161	50743 - 51958	63292 - 64678	76240 - 77773
Error (confianza de 95%)	1.10	1.00	1.00	0.99	0.96

Adquisición de datos en las operaciones agrícolas y generación de mapas en tiempo real

Continuaron las actividades tendientes a configurar sistemas automatizados para la generación de mapas temáticos en tiempo real mediante la instrumentación de los equipos agrícolas con dispositivos de medición directa y GPS (Sistema de Posicionamiento Global, sigla en inglés) complementados con *dataloggers* y sistemas de comunicación que permiten el almacenamiento de datos y su transmisión; los mapas se visualizan con herramientas de SIG.

Mapas de producción y productividad. A partir de la instrumentación de una alzadora de caña con una celda de carga, un equipo GPS y un sistema de comunicación por módem se mide el peso de la caña en distintos puntos de una suerte, identificados con sus coordenadas geográficas. Los datos respectivos se transmiten a un *datalogger*, donde son almacenados, y mediante el uso del SIG se generan mapas de producción y productividad.

Como una innovación de este sistema de adquisición de datos de cosecha, en 2008 se desarrolló una aplicación de SIG basada en web que, mediante la transmisión de los datos medidos directamente en la suerte, permite hacer el seguimiento de la operación de alce, conocer el peso de la caña en cada evento de trabajo efectivo de la máquina alzadora y la productividad en distintos puntos de la suerte, en tiempo real. A través de internet, los usuarios de la información pueden tener acceso a los mapas documentados con referencia geográfica que dan cuenta del desarrollo de la actividad de cosecha y los resultados productivos. La base de datos se mantiene intacta, de manera que siempre es posible utilizar los mapas por suerte para hacer análisis más detallados en distintos aspectos de interés, de acuerdo con los objetivos de la actividad productiva (Figura 13).

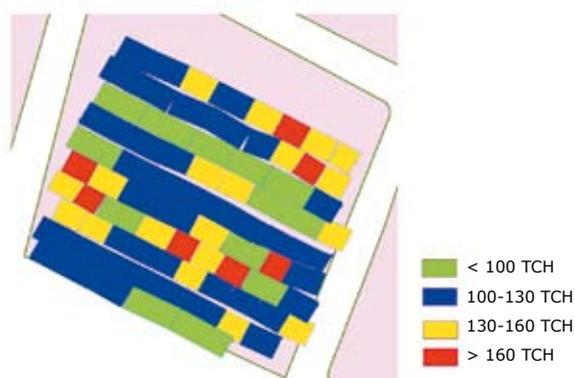


Figura 13. Mapa de la productividad de la caña de azúcar cosechada en una suerte.



Figura 14. Mapa de resistencia mecánica del suelo a la subsolación. Lote 8, Estación Experimental de Cenicaña.

Estos mapas muestran la variabilidad espacial de la producción en una suerte de caña. Para explicar las causas de las diferencias en la producción intrasuerte se busca facilitar el análisis de otras variables asociadas con el desarrollo del cultivo.

Estos mapas muestran la variabilidad espacial de la producción en una suerte de caña. Para explicar las causas de las diferencias en la producción intrasuerte se busca facilitar el análisis de otras variables asociadas con el desarrollo del cultivo.

Mapas de resistencia mecánica del suelo a la subsolación. En un brazo de un subsolador Cenitándem se instalaron una celda de carga, un GPS y un dispositivo de almacenamiento y transmisión de datos. Con la celda de carga se midieron los esfuerzos mecánicos de resistencia del suelo a la tracción del subsolador y los datos georreferenciados fueron transmitidos mediante un sistema GPRS (*General Packet Radio Service*) para la generación de los mapas respectivos mediante el SIG.

Este sistema de adquisición de datos acerca de la resistencia mecánica del suelo a la subsolación está en proceso de pruebas en la Estación Experimental de Cenicaña, con el fin de verificar su operatividad, estabilidad y precisión como una herramienta confiable para el muestreo intensivo de las condiciones físicas del suelo (Figura 14).

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

Los proyectos relacionados con el sistema CATE buscan, como objetivo general, mejorar los estándares tecnológicos y la logística del sistema para disminuir los costos de producción y obtener mejoras económicas en el sector. La mayoría fueron formulados en 2006, de acuerdo con las necesidades de investigación y desarrollo tecnológico identificadas en el foro-taller internacional realizado ese año con la coordinación de Cenicaña.

Para la administración de los proyectos se tienen grupos de trabajo conformados por representantes de los ingenios y el centro de investigación en las siguientes áreas: cosecha; campo y cosecha; transporte y recepción de caña; logística del sistema.

Como estrategia principal de la gestión de conocimiento para el mejoramiento de los estándares tecnológicos del sistema CATE se propende al establecimiento de una dinámica de cooperación con grupos focales orientados al intercambio sistemático y ordenado de datos, información y experiencias, de manera que se logre la efectividad de los productos esperados con la participación activa de los grupos de interés.

Cosecha

El objetivo del grupo de trabajo en cosecha consiste en estandarizar las metodologías utilizadas en el sector azucarero para medir la eficiencia de los sistemas de cosecha y su efecto en la calidad del corte, determinar el contenido de materia extraña en la caña cosechada y validar los resultados de las nuevas variedades de caña de azúcar en las siembras a escala comercial.

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.

Cosecha mecanizada de caña de azúcar.





Guía para evaluar el desempeño de los sistemas de cosecha

Al finalizar 2008 se tenía lista la primera edición de la "Guía práctica para evaluar el desempeño de los sistemas de cosecha de caña de azúcar en el valle del río Cauca", elaborada por Cenicaña con base en las experiencias locales y las del BSES (*Bureau of Sugar Experimental Stations*) de Australia. En el documento se describen los procedimientos recomendados para las evaluaciones de precosecha, cosecha y poscosecha en los sistemas semi-mecanizado y mecanizado, se anexan los formularios para el registro de datos y se explican los principales indicadores de eficiencia en cada caso.

Con la divulgación de la Guía en los ingenios se busca estandarizar las evaluaciones y caracterizar el desempeño de los sistemas de cosecha utilizados actualmente en la agroindustria, de manera que se pueda estimar el valor de las oportunidades de intervención tecnológica con respecto a los índices de eficiencia que cada empresa espera alcanzar. Para el análisis conjunto de los sistemas de cosecha en la agroindustria, Cenicaña mantendrá la dinámica de cooperación con grupos focales orientados al intercambio sistemático y ordenado de datos, información y experiencias.

Evaluaciones preliminares de la relación entre la materia extraña y la caña dejada en el campo en la operación de máquinas cosechadoras

Como parte de las actividades dirigidas a estandarizar las metodologías de determinación de la materia extraña se avanzó en la definición de la relación entre el contenido de materia extraña y la cantidad de caña abandonada en el campo (t/ha) en pruebas combinadas de velocidad de avance de una máquina cosechadora (2.4 km/h, 4.8 y 7.2) y del extractor primario (1000 RPM, 1500 y 1313).

El análisis de los datos mostró que a medida que se incrementó la velocidad del extractor, el contenido de materia extraña tendió a disminuir y la cantidad de caña y residuos en el campo tendió a aumentar. Los resultados son preliminares y las evaluaciones continuarán hasta tener el tamaño de muestra adecuado para elaborar una tabla de referencia con los valores esperados de la relación indicada según las combinaciones de velocidad utilizadas en las pruebas.

Campo y cosecha

El objetivo general de la gestión del grupo de trabajo en campo y cosecha consiste en mejorar las condiciones de campo y las operaciones de los sistemas de cosecha, de manera que se contribuya en la eficiencia del sistema CATE.

En 2008 se formuló el proyecto "Diseño y adecuación de los campos y las vías de transporte para la cosecha" con el objetivo de establecer los criterios de diseño y adecuación de acuerdo con la zonificación agroecológica (cuarta aproximación) y los equipos de cosecha.

De igual forma, continuaron las evaluaciones acerca de los equipos de cosecha y la compactación de los suelos, con el objetivo de formular propuestas alternativas

para reducir la compactación en condiciones de suelo seco y húmedo. De acuerdo con los objetivos específicos al respecto se espera caracterizar las llantas usadas para el transporte de caña, medir los esfuerzos y la compactación inducidos por los equipos de cosecha y transporte, simular la compactación creada y cuantificar el daño en la superficie del suelo.

Otras actividades en la gestión de campo y cosecha se presentan a continuación.

Estimación del área potencial para la cosecha mecanizada

En 2008 se hizo una estimación preliminar de las áreas potenciales para la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, con el criterio de caracterizar la aptitud de los suelos (pendiente del relieve, permeabilidad y profundidad efectiva) para conservar sus propiedades físicas ante las labores agrícolas de cosecha y transporte. Para el efecto se utilizó un modelo de simulación desarrollado por Cenicaña en hojas electrónicas, en combinación con herramientas de sistemas de información geográfica (SIG).

Con base en la información disponible sobre los sistemas de cosecha utilizados en la agroindustria, los indicadores de eficiencia del corte manual y mecanizado y las características de los equipos de transporte de cada ingenio, además de los datos que respaldan la cartografía temática de clima y suelos elaborada por Cenicaña, se estimaron las áreas potenciales para cada sistema de cosecha en tres escenarios de clima definidos por los valores medios anuales de las variables atmosféricas que caracterizan los años secos, años normales y años húmedos en las zonas azucareras.

Al finalizar 2008 se programaron actividades para hacer la simulación con información primaria actualizada y particular de cada ingenio, a fin de contar con una estimación más precisa y detallada sobre la dinámica de los sistemas de cosecha en las empresas del sector. De esta forma se contribuye progresivamente a documentar la cartografía temática de cada suerte de caña, información de gran utilidad para estimar los requerimientos de infraestructura y equipos de cosecha en la agroindustria.

Aplicación de SIG para la programación de labores agrícolas

Se continuaron los planes de desarrollo de esta aplicación mediante pruebas de operación del sistema de información geográfica con respecto a los cálculos por suerte de caña de la probabilidad de ocurrencia de lluvias, el número de días con lluvia y la edad del cultivo según las fechas programadas para una determinada labor. El sistema ofrece opciones de consulta para periodos de una década (10 días) y un mes (30-31 días).

Así mismo, se probó la operatividad del sistema en el reporte de las características de la permeabilidad del suelo en cada suerte y se avanzó en la edición de las interfases del usuario.

La aplicación se sirve de las bases de datos que respaldan la cartografía temática de suelos (estudios detallados, 2006-2007), clima (precipitación registrada en las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada 1994-2008 y la Red de Pluviómetros 1977-2008) y producción comercial (1990-2008).

Transporte y recepción de caña

Con el fin de mejorar los estándares tecnológicos y la eficiencia de los sistemas de transporte y recepción de caña, en el último año se dio continuidad a las actividades de caracterización de los parámetros más apropiados para determinar el estado real de carga en los vagones y se avanzó en la definición de los fundamentos teóricos requeridos para el análisis estructural y el diseño de vagones de transporte de mínimo peso.

En relación con el objetivo de identificar opciones tecnológicas para el mejoramiento de las operaciones en la etapa de recepción de caña, se establecieron acuerdos de coordinación de actividades para incorporar los conceptos de desarrollo del sistema CATE en el marco del proyecto "Recepción y limpieza de caña" formulado en 2008 por el Programa de Procesos de Fábrica.

Diseño y rediseño de vagones de transporte

En 2008 se tuvo disponible el vagón HD 12000 prototipo de concepto de descarga lateral, modificado por la empresa IMECOL a partir de un vagón HD 8000 de descarga alta proporcionado por el Ingenio Providencia. Las modificaciones se hicieron de acuerdo con los planos de diseño básico e ingeniería de concepto elaborados por Cenicaña.

Con este prototipo HD 12000 de descarga lateral y con un vagón comercial HD 12000 de descarga alta se llevaron a cabo mediciones de las relaciones carga/vagón, los tiempos de ciclo de la operación de transporte y los esfuerzos en las estructuras del chasis y la canasta en diferentes etapas del ciclo de transporte.

A partir de los datos obtenidos en estas mediciones, datos anteriores sobre la fuerza de tiro en las mismas etapas del ciclo, y con la información y la cooperación del Ingenio Providencia (caso piloto), se avanzó en la definición de los fundamentos teóricos para el desarrollo de modelos de análisis estructural de los equipos de transporte de caña, de acuerdo con la dinámica integral del sistema CATE en el valle del río Cauca.

Determinación experimental del perfil de presión de la caña cosechada sobre una superficie plana vertical. Durante el proceso de modificación del vagón prototipo de concepto de descarga lateral se llevó a cabo un experimento preliminar con base en el cual se determinó la magnitud de la fuerza resultante por acción de la presión ejercida por la caña en una superficie plana vertical.

Las pruebas se hicieron en el Taller Agrícola del Ingenio Providencia con caña troceada de la cosecha mecanizada y con tallos enteros de la cosecha manual, utilizando para las mediciones una celda de carga instalada en un punto fijo de una de las paredes de la canasta que fue adaptada temporalmente como puerta batiente para la descarga lateral.

Con los resultados de las mediciones se establecieron las relaciones de correspondencia entre el perfil de presión medido con la celda de carga y los perfiles estimados mediante un modelo de análisis de tipo hidrostático, en el que la caña se

consideró como un fluido ideal. También se establecieron las relaciones de correspondencia utilizando un modelo obtenido a partir del planteamiento de H.A. Janssen (Chase, 2002), en el que la caña (troceada) se consideró como un material similar a uno compuesto por granos.

Las conclusiones de esta experimentación señalan que la presión estimada con el modelo hidrostático no representa la realidad y que el modelo de presión obtenido a partir del planteamiento de H.A. Janssen se aproxima mucho más a los valores medidos ($R=0.99$). Adicionalmente se confirmó que la etapa del ciclo de mayor exigencia para la estructura de la canasta corresponde al momento en que la alzadora presiona la caña entera cargada en el vagón, cuando éste se encuentra en estado estacionario.

Se continuarán las experimentaciones para obtener la descripción precisa del perfil de presión de la caña en los vagones de transporte y proporcionar así los parámetros básicos al respecto como parte de la información requerida para el diseño estructural de vagones de menor peso.



Figura 15. Vagón prototipo de concepto de descarga lateral.

Estimación de las relaciones carga/vagón y los tiempos de ciclo.

Las evaluaciones indicaron una relación de carga/vagón igual a 1.4 en el prototipo de concepto de descarga lateral, superior a la relación de 1.2 determinada en el vagón de descarga alta.

Con respecto a los tiempos de ciclo del transporte, se observaron reducciones hasta de 50% en el tiempo de descarga con el prototipo de concepto de descarga lateral (Figura 15).

Mediciones directas de microdeformaciones en puntos estructurales críticos.

Con el propósito de determinar el estado real de carga en los vagones y con base en los parámetros asociados poder modelar y proyectar las reformas de diseño estructural de los vagones, se realizaron mediciones directas de microdeformaciones en la estructura de los vagones de descarga alta y el prototipo de concepto de descarga lateral durante ciclos completos de trabajo.

Para establecer los puntos críticos de falla en la canasta y el chasis de cada vagón se aplicó la metodología de análisis por elementos finitos (FEA, sigla en inglés). En cada punto identificado se instalaron medidores de microdeformación (*strain gages*) y se caracterizaron las cargas fluctuantes en las estructuras durante el cargue y el descargue de caña (Figura 16), así como en el estado estacionario del vagón con carga. Finalmente se determinaron los niveles de los esfuerzos en la canasta y el chasis de cada vagón tomando como referencia el valor de los esfuerzos en estado estacionario.



- Celda de carga en la canasta
- Celda de carga en el chasis

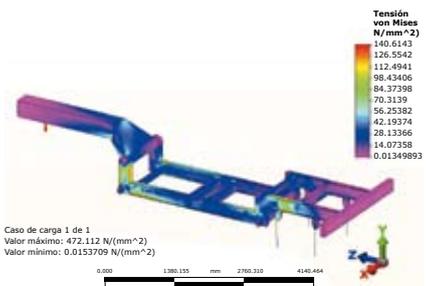
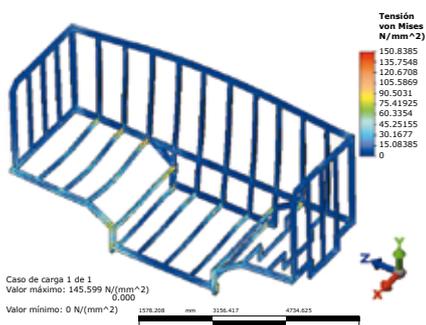


Figura 16. Estado de esfuerzos durante el descargue en patio.

Las determinaciones en el vagón prototipo de concepto de descarga lateral señalaron que la etapa de cargue fue el estado más crítico para el chasis, con esfuerzos que superaron en 1.36 veces el valor de referencia (50.42 MPa). La etapa más crítica para la canasta ocurrió durante el descargue de la caña, cuando se registraron esfuerzos 2.56 veces más altos que el valor de 17.33 MPa medido en el vagón estático (Cuadro 7).

Con base en el análisis combinado de los resultados se concluyó que: (a) El chasis es la parte estructural del vagón que está sometida a mayores esfuerzos; (b) En la etapa de cargue en el campo se presenta una transmisión de carga de la estructura de la canasta a la estructura del chasis, de manera que el nivel de esfuerzos en el chasis se incrementa con respecto al valor en estado estático con carga; (c) La descarga es un momento crítico de esfuerzos para la estructura del vagón, tanto en la canasta como en el chasis.

Análisis estructural de vagones con la técnica de elementos finitos. De acuerdo con las experiencias en el uso de la técnica de análisis por elementos finitos se desarrolló una metodología complementaria para el análisis estructural de los vagones de transporte, en la cual se usan los criterios de estabilidad del error dados por el refinamiento del tamaño de los elementos de la malla tridimensional que representa el modelo descrito.

Con esta metodología se identificaron los puntos estructurales críticos de falla en la canasta y el chasis de un vagón HD 12000 de descarga alta, utilizando como parámetros básicos las mediciones de fuerza de tiro y las determinaciones del perfil de presión de la caña sobre una superficie plana vertical. La información se confrontó con los registros del Ingenio Providencia acerca del mantenimiento de vagones durante un año y con los

Cuadro 7. Nivel de esfuerzos en la estructura del vagón prototipo de concepto de descarga lateral estimados con base en mediciones directas de las microdeformaciones en la canasta y el chasis en tres escenarios de operación.

Etapa del ciclo de operación	Diferencias en el nivel de esfuerzos medidos en el vagón prototipo de concepto de descarga lateral	
	Canasta	Chasis
Cargue en campo	1.16	1.36
Descargue en patio	2.56	1.32
Referencia: Vagón estacionario con carga	1.00	1.00
Valor del esfuerzo	17.33 MPa	50.42 MPa

resultados de las mediciones directas de las microdeformaciones en la estructura del vagón. Se detectaron valores máximos de error de 10% entre los resultados del modelo por elementos finitos y las microdeformaciones medidas directamente en la estructura.

Análisis teórico del consumo de combustible. Con el fin de contribuir en la definición de los fundamentos teóricos para el análisis estructural de vagones de transporte, se desarrolló un modelo preliminar sobre la dinámica de trabajo de un tren de vagones en el cual se usó la fuerza de tiro como parámetro para estimar el consumo de combustible del tren.

Con respecto a la fuerza de tiro, se estableció que no hubo diferencias entre el valor calculado con el modelo y la medición de la fuerza de tiro real. Para alimentar el modelo se utilizaron datos estadísticos acerca de los tiempos de ciclo y el consumo de combustible de un tren de vagones durante un año de operaciones (marzo 2007-2008) en el frente de alce No.1 del Ingenio Providencia. Se observó que al disminuir en 10% el peso de la carga transportada en un vagón se podría ahorrar el 5.53% del combustible consumido por el tren de vagones.

Los resultados del modelo teórico se validarán mediante la medición del consumo de combustible de trenes de vagones en tiempo real y en ciclos completos de operación.

Logística del sistema

Las actividades relacionadas se orientan a la caracterización integral de la logística del sistema CATE, el análisis del sistema con el modelo de simulación propuesto para la optimización de la logística y la evaluación de opciones tecnológicas que contribuyan en la adopción de las mejores prácticas de logística en los ingenios.

Caracterización de la logística del sistema CATE y su optimización

Realizar estudios de tiempos y movimientos del sistema CATE, definir y evaluar indicadores de logística y desarrollar modelos de simulación son los propósitos que orientan las actividades en esta área de intervención.

Durante 2008 se continuaron las revisiones del estado del arte del transporte y la recepción de la caña en los ingenios, se actualizó la caracterización de la flota de transporte y se concluyó la evaluación del sistema de autovolteo iniciada en 2007.

Así mismo, mediante el uso del software Crystal Ball® se hicieron nuevas pruebas de validación del modelo de simulación propuesto para el análisis del sistema y se hicieron los estudios de tiempos y movimientos en los patios de caña y los frentes de cosecha de siete ingenios.

Caracterización de la flota de transporte. Mediante consultas con diez ingenios (Carmelita, Castilla Riopaila, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Mayagüez, Providencia, Risaralda y Sancarlos) se hizo el inventario de 351 equipos de transporte: 188 tractomulas y 163 tractores. De igual forma se determinó el inventario de 1194 vagones, de los cuales 481 (40%) son vagones HD 12000.

Análisis de la logística del sistema CATE y validación del modelo de simulación propuesto. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del modelo de simulación con datos de los ingenios Incauca, Manuelita y Providencia muestran que el número de trenes requeridos es altamente dependiente de la capacidad del vagón, el número de vagones por tren y el tiempo de viaje del tren con vagones vacíos. También se observó que el tiempo de ciclo es altamente dependiente de la distancia media recorrida por el tren, el tiempo de alce y la velocidad media del tren lleno con caña.

El modelo de simulación mostró que en el caso de no realizar la actividad de cadeneo de vagones en el patio de caña, se deben asignar más equipos a los frentes de alce para cumplir los requerimientos exigidos.

Este modelo de simulación es una herramienta eficaz para la toma de decisiones en la operación del sistema CATE, en tanto permite hacer una asignación más acertada de los equipos a los frentes de cosecha.

Estudios de tiempos y movimientos. Continuaron los estudios de tiempos y movimientos en los patios de caña y los frentes de cosecha en los ingenios Carmelita, Incauca, La Cabaña, Manuelita, Pichichí, Providencia y Sancarlos, donde se avanzó en la caracterización de los cuatro tiempos del ciclo de transporte: tiempo de viaje del tren vacío, tiempo de viaje del tren lleno, tiempo en alce y tiempo en patio.

De acuerdo con los resultados del estudio en los patios de caña de Incauca se estimó que un vagón HD 12000 puede ser descargado en 2.92 minutos en promedio, mientras que un vagón HD 20000 necesita en promedio 3.43 minutos y un vagón HD 30000 gasta 4.46 minutos en promedio. Esta información es útil para planear el uso de los recursos disponibles de una forma más acertada.

Con base en la información analizada hasta el momento se puede afirmar que el control de la flota durante el alce y el transporte, la asignación de los equipos a los frentes de cosecha y la concientización del personal involucrado en las actividades son pilares fundamentales de la dinámica requerida para el correcto funcionamiento del sistema CATE y para la optimización de los recursos utilizados.

Evaluación técnica y económica de la logística de transporte con vagones de autovolteo

Con el fin de optimizar el uso de los recursos en el sistema CATE mediante la adopción de las mejores prácticas en las operaciones requeridas, en 2008 se analizaron los resultados de las evaluaciones sobre la logística y el comportamiento de la operación de alce con vagones de autovolteo en comparación con las operaciones de cadeneo con vagones HD 20000. El análisis ayuda a identificar, además de las mejores prácticas, aquellos aspectos susceptibles de mejora en la operación integral de los sistemas de cosecha y transporte de caña.

Para las evaluaciones se realizaron mediciones en 475 ciclos de transporte en las haciendas San José Garcés y Marsella del Ingenio Providencia. Del total de ciclos registrados, 372 correspondieron a la operación de autovolteo, mientras que

los ciclos restantes (103) fueron operaciones de cadeneo con vagones HD 20000. Los campos se caracterizaron por distancia entre surcos de 1.65 m y longitudes para alce (surcos colineales) entre 85 m y 300 m. Las distancias de arrastre de los vagones de autovolteo variaron entre 40 m y 800 m. Las evaluaciones se realizaron en terreno húmedo.

Se obtuvieron los tiempos promedio del comportamiento del ciclo de cargue en ambas operaciones evaluadas y se estimaron los costos correspondientes para cada operación (Figura 17).

Las conclusiones señalan que, en las condiciones descritas:

- Se presenta un incremento del costo por hora del uso del tractor con vagón de autovolteo en comparación con el cargue directo en el vagón HD 20000. Sin embargo, por los tiempos de ciclo el costo por tonelada es menor con autovolteo.
- En el autovolteo se requiere mayor utilización del tractor por hora (81% según datos de las pruebas) que en el cargue directo al vagón HD 20000 (54%). No obstante, en el autovolteo se consume 23% menos combustible por hora de operación, aproximadamente, debido a la menor potencia requerida.
- Un requisito para el uso del autovolteo es tener sitios de trasbordo de la caña a los vagones HD 20000, lo que sugiere una inversión adicional en el diseño y la adecuación de terrenos o la decisión de retomar las bahías manejadas anteriormente en los campos.
- La holgura de tiempo para los arrastres en el autovolteo es de aproximadamente dos minutos, lo que implica que si la distancia de volteo es mayor a 800 metros (dato preliminar) las cosechadoras pierden tiempo por falta de vagones, con lo cual se incrementa el tiempo de despacho de equipos para el alce de la caña.

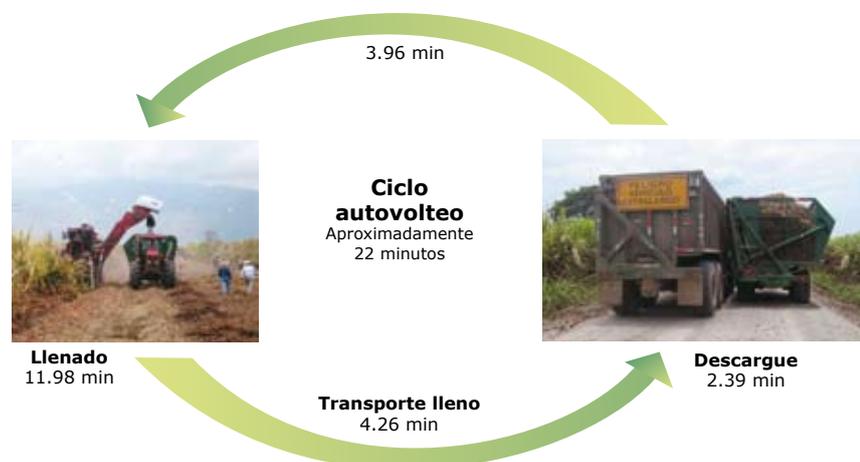


Figura 17. Tiempo promedio de los eventos en el ciclo de cargue con vagones de autovolteo.



Programa de Variedades

Durante 2008 se incorporaron en el proceso de selección de variedades nuevas herramientas de información que hacen más eficiente la experimentación, entre las que se destaca el uso del Sistema de Información de Variedades (Sivar) para la programación de cruzamientos; también se instalaron pozos de observación del nivel freático en los experimentos de las zonas húmedas a fin de diferenciar mejor las variedades y avanzar en la selección de genotipos con productividad igual o superior que los testigos comerciales.

En las pruebas regionales cosechadas en las zonas semisecas se destacan las variedades CC 95-6014, CC 98-68, CC 98-72 por su productividad, al tiempo que se muestran con buenos resultados otras variedades en proceso de selección como son: CC 97-7170, CC 01-678, CC 01-1484, CC 01-1228 y CC 00-3079; en este informe se presentan los avances en las distintas zonas de selección. La información se complementa con los resultados de las evaluaciones sanitarias de los experimentos en el valle del río Cauca y en otras regiones de Colombia.

Con respecto al desarrollo de la biotecnología, se registran avances en la metodología de transformación genética de la caña de azúcar mediante la cual es posible incorporar diferentes genes de interés en las principales variedades de Cenicaña. En fitopatología se presentan los resultados de evaluaciones efectuadas en Australia, Estados Unidos y México sobre la presencia de patógenos en variedades de interés, en particular de los agentes causales de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) y la enfermedad de Fiji, que hasta el momento no han sido detectados en Colombia. Finalmente se comentan los avances del plan de investigación para el manejo integral del salivazo *Aeneolamia varia* y se incluye un breve informe sobre la situación en la zona declarada en emergencia sanitaria.

Otros hechos relevantes de la gestión del Programa de Variedades durante 2008 fueron la participación en el convenio de capacitación Sena-Asocaña en el desarrollo de los temas de sanidad vegetal y microbiología agrícola e industrial, y la organización de dos eventos internacionales en cooperación con la Sociedad Internacional de Técnicos de la Caña de Azúcar (ISSCT, sigla en inglés): el IV taller de Biotecnología y el IX taller de Fitopatología, que tuvieron lugar en Cali en la semana del 23 al 27 de junio de 2008 con la participación de más de cincuenta especialistas de quince países.

Misión

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



Mejoramiento genético

Cruzamientos

El número de cruzamientos creció de 126 en 1997 a 373 en 2008. En el último año se usó el Sistema de Información de Variedades (SIVAR) para programar los cruzamientos con las variedades que se encuentran en el Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (CIDCA) en México. Cenicaña y el CIDCA tienen un convenio de cooperación para el desarrollo de cruzamientos en ese país, ubicado en una región del trópico donde se consigue una tasa de floración mayor que en Colombia.

Criterios para la selección indirecta en el Estado I

En la etapa inicial del proceso de selección, particularmente en los experimentos del Estado I, donde cada genotipo está representado por una planta y se evalúan aproximadamente cien mil plántulas en plantilla y primera soca, en 2008 se comenzaron a incorporar nuevos criterios de evaluación para la selección indirecta por tonelaje y sacarosa mediante la observación de características agronómicas de cada planta como la altura de los tallos, el diámetro y la población o macollamiento.

A partir de los análisis de las correlaciones genotípicas y genéticas de las variables en estudio, con datos de ocho variedades por tres cortes y en once sitios, se confirmó que las correlaciones genéticas son mayores en magnitud y significancia, razón por la cual éstas fueron objeto de un análisis de sendero en el que se midió la influencia de cada carácter agronómico en el tonelaje y el contenido de sacarosa.

Los resultados en las zonas semisecas señalan que para obtener variedades de alto tonelaje, en el Estado I se deben seleccionar los clones de mayor población y mayor altura y con diámetros intermedios. Los resultados en las zonas húmedas son preliminares e indican que el primer criterio de selección para altos tonelajes es la altura de los tallos y luego la población; de acuerdo con el análisis, el diámetro tuvo una correlación altamente significativa con la sacarosa, pero al ser considerado como un efecto indirecto de la población es posible que en la selección por mayor diámetro se disminuya el tonelaje. Se recomienda observar que los tallos sean de diámetros intermedios (28-32 mm), criterio que se utiliza en la selección de las variedades Cenicaña Colombia (CC).

Análisis comparativo del tonelaje en pruebas regionales y cultivos comerciales

Las variedades que llegan a los experimentos de pruebas regionales se siembran desde 1998 en franjas contiguas de 5 ó 6 surcos (750-1250 m²), en contraste con las parcelas que se usaban antes de 180-210 m² sin separaciones o de 90 m² con dos surcos libres entre ellas. Un análisis de las toneladas de caña por hectárea (TCH) en plantilla mostró que la menor diferencia porcentual entre los promedios de los experimentos regionales y los campos comerciales se presentó en las pruebas en franjas contiguas de 5-6 surcos (más información en la página 67).

Obtención de variedades

A continuación se presentan los avances más destacados de los experimentos de selección de variedades que se llevan a cabo en sitios representativos de las zonas semisecas, húmedas y de piedemonte en el valle del río Cauca.

Variedades para zonas semisecas. Los experimentos de selección de variedades para las zonas semisecas se ubican en sitios representativos de las zonas agroecológicas (cuarta aproximación) caracterizadas por condiciones de humedad H0, H1 y H2, que en la parte plana del valle del río Cauca se refieren a 41 zonas con una extensión total de 135,975 hectáreas. Las variedades se seleccionan por su adaptación en las condiciones mencionadas, buscando aumentar el contenido de sacarosa por lo menos en 5% con respecto a la variedad comercial utilizada como testigo y mantener el tonelaje de caña.

- **Estado III-03.** Se completaron los dos cortes de este experimento conformado por 32 variedades de la serie 2003. En el Cuadro 8 se presenta la diferencia porcentual de tres variables de productividad en las variedades más destacadas, en comparación con los resultados del testigo CC 85-92. Durante 2009 se sembrarán los semilleros básicos para continuar la selección en pruebas regionales.

Cuadro 8. Variedades destacadas por sus características agronómicas y su productividad en plantilla y primera soca, Estado III-03, en las zonas agroecológicas 11H1, 18H0 (Incauca) y 6H1 (Ingenio Providencia)¹

Variedad	Porcentaje de diferencia en productividad con respecto al testigo CC 85-92 ¹					
	TCH		Sacarosa (% caña)		TSH	
	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca	Plantilla	Soca
CC 03-154	5	-1	6	1	11	0
CC 03-258	3	4	0	0	3	4
CC 03-148	-3	-2	3	6	0	-1
CC 85-92	154 TCH	129 TCH	14.5%	15.7%	22.4 TSH	20.2 TSH

1. Incauca, suerte 16Z de la hacienda Liberia, suelos Palmira (Pachic Haplustolls) de familia textural francosa fina y Tesoro (Entic Haplustolls), familia francosa gruesa, zonas agroecológicas 11H1 y 18H0. Providencia, suerte 306 de la hacienda Capri, suelo Galpón (Typic Calciusterts) de familia textural fina, zona agroecológica 6H1.

- **Pruebas regionales de las series 97-01.** Diecisiete variedades de las series 1997-2001 sembradas en pruebas regionales fueron evaluadas en plantilla en seis ingenios: Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia, Riopaila y Sancarlos. En el Cuadro 9 se muestra, para cada sitio, la diferencia porcentual de las toneladas de sacarosa por hectárea (TSH) de las variedades más destacadas con respecto al testigo CC 85-92.

En la Figura 18 se presentan los resultados de las variedades evaluadas y de los testigos CC 85-92 y MZC 74-275, promedios de todos los sitios.



Variedad CC 01-1228.

En el análisis combinado de los resultados de estas pruebas regionales se identificaron las siguientes variedades con TSH superiores al testigo CC 85-92 en plantilla: CC 01-678 (18% más TSH), CC 97-7170 (11%), CC 01-1228 (11%), CC 00-3079 (8%) y CC 01-1484 (8%).

En un análisis con la metodología AMMI (*Additive main effects and multiplicative interaction*) las variedades con mayor estabilidad entre sitios fueron CC 01-1484, CC 01-678, CC 01-1228 y CC 97-7170. Las variedades CC 00-3079 y CC 01-1789, aunque de menor estabilidad, se destacaron por presentar altas TSH e interacciones positivas con los distintos ambientes.

Las variedades de mejor adaptación en cada sitio fueron CC 01-1484 y CC 97-7170 en Incauca (zona agroecológica 11H3); CC 00-3079 y CC 01-678 en Manuelita (zona 11H1); CC 97-7170 y CC 01-1228 en Mayagüez (zona 11H1); CC 01-1228 en Providencia (zona 6H1); CC 01-678 y CC 01-1484 en Riopaila (zona 15H1); CC 01-1228 y CC 97-7170 en Sancarlos (zona 6H1). En Manuelita y Riopaila se observó mayor discriminación de las variedades por TSH, lo cual señala que las condiciones ambientales en dichos sitios permitieron una mejor expresión de los caracteres asociados con ese indicador de la productividad.

Cuadro 9. Variedades destacadas por sus características agronómicas y su productividad en toneladas de sacarosa por hectárea (TSH) en plantilla, pruebas regionales de las series 1997 a 2001. Resultados en seis ingenios y cuatro zonas agroecológicas¹.

Variedad	Porcentaje de diferencia en TSH con respecto al testigo CC 85-92					
	11H3 Incauca	11H1 Manuelita	11H1 Mayagüez	6H1 Providencia	15H1 Riopaila	6H1 Sancarlos
CC 97-7170	8	18	14	1	4	16
CC 01-678	3	26	No se sembró	0	40	No se sembró
CC 01-1484	10	6	6	1	23	4
CC 01-1228	3	16	12	16	-6	21
CC 00-3079	-5	24	3	-2	12	19
CC 85-92 (TSH)	26.3	25.6	27.4	30.7	20.4	23.6

- Los experimentos se realizan por tres cortes en los siguientes sitios:
 Incauca, suerte 11 de la hacienda San Fernando Norte, suelo Manolo (Udifluventic Haplustolls) de familia textural francosa fina, zona agroecológica 11H3.
 Manuelita, suerte 20A de la hacienda Cabaña, suelo Palmira (Pachic Haplustolls) de familia textural francosa fina, zona agroecológica 11H1.
 Mayagüez, suerte 41B de la hacienda San Rafael, suelo Palmira (Pachic Haplustolls) de familia textural francosa fina, zona agroecológica 11H1.
 Providencia, suerte 506 de la hacienda Marsella, suelos Galpón (Typic Calciusterts) y Corintians (Typic Haplusterts) de familia textural fina, zona agroecológica 6H1.
 Riopaila, suerte 50 de la hacienda La Luisa, suelo La selva (Vertic Haplustolls) de familia textural limosa fina sobre arcillosa, zona agroecológica 15H1.
 Sancarlos, suerte 87A de la hacienda Esmeralda, suelo Corintians (Typic Haplusterts) de familia textural fina, zona agroecológica 6H1.

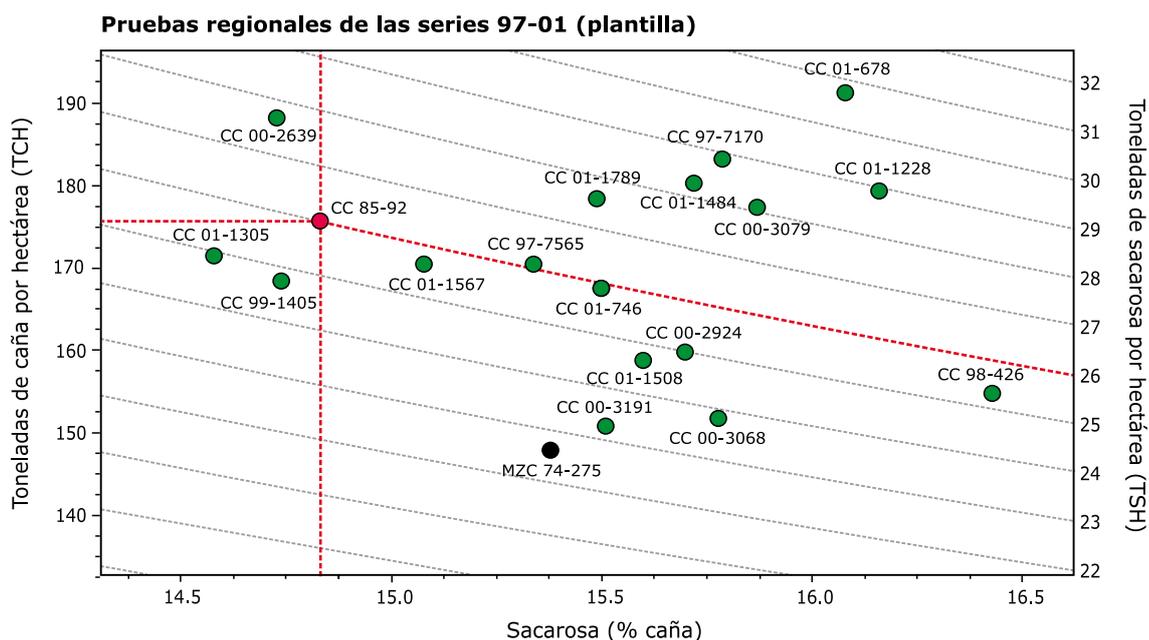


Figura 18. Curvas de isoproductividad de la plantilla de las variedades de las series 1997 a 2001 en pruebas regionales. Análisis combinado de seis localidades.

- Pruebas regionales de las series 93, 95 y 98.** Luego de completar los tres cortes de las variedades de las series 1993, 1995 y 1998 evaluadas en pruebas regionales se destacan los resultados de CC 98-72 en el Ingenio Mayagüez, donde la variedad produjo 4% más TSH que el testigo CC 85-92. Con dos cortes, en el Ingenio Providencia sobresalen los resultados de CC 98-72, CC 98-68 y CC 95-6014. En el ingenio Riopaila las mejores variedades fueron CC 95-6014, CC 98-68 y CC 98-72 (Cuadro 9-A). En evaluaciones comerciales con la variedad CC 98-72 realizadas por el Ingenio Mayagüez se han reportado producciones de 176 toneladas de caña por hectárea en promedio, con 11.38% de rendimiento en azúcar.

Cuadro 9-A. Variedades destacadas en las pruebas regionales de las series 1993, 1995 y 1998. Resultados en tres ingenios y cuatro zonas agroecológicas.

Variedad	Porcentaje de diferencia en TSH con respecto al testigo CC 85-92		
	6H1 Mayagüez ¹	6H1 y 11H1 Providencia ²	5H3 Riopaila ²
CC 95-6014	-3	1	5
CC 98-68	-9	9	2
CC 98-72	4	9	1
CC 85-92 (TSH)	22.3	19.9	18.3

- Resultados de tres cortes (plantilla y dos socas). Mayagüez, suerte 12 de la hacienda Mayagüez, suelo Corintias (Typic Haplusterts) de familia textural fina, zona agroecológica 6H1.
- Resultados de dos cortes (plantilla y primera soca). Providencia, suertes 7Z y 9 de la hacienda Santa Lucía, suelos Galpón (Typic Calcicusterts) de familia textural fina, zona agroecológica 6H1, y Palmira (Pachic Haplustolls) de familia textural francosa fina, zona agroecológica 11H1; Riopaila, suerte 100 de la hacienda Venecia, suelo La Luisa (Sodic Endoaquerts) de familia textural muy fina, zona agroecológica 5H3.

Variedades para zonas húmedas. Los experimentos de selección de variedades para las zonas húmedas se ubican en sitios representativos de las zonas agroecológicas (cuarta aproximación) caracterizadas por condiciones de humedad H3, H4 y H5, que en la parte plana del valle del río Cauca se refieren a 47 zonas con una extensión total de 55,345 hectáreas. Las variedades se seleccionan por su adaptación en las condiciones mencionadas, buscando aumentar el contenido de sacarosa por lo menos en 5% con respecto a la variedad comercial utilizada como testigo y el tonelaje de caña en 15%.

Se analizaron los resultados comerciales de las variedades CC 85-92, CC 84-75 y V 71-51 cosechadas entre 1998 y 2007 en más de 500 hectáreas. La mejor variedad en TCH en las zonas agroecológicas húmedas fue CC 85-92. Se encontró que la productividad de las variedades fue menor en las zonas húmedas, con un promedio de 11 TCH (-8.4%) con respecto a la productividad en las zonas semisecas. La productividad en las zonas húmedas disminuyó en 12.3 TCH (-10.6%) adicionales en los años de mayor precipitación, lo que no ocurrió en los años secos.

Como parte del control de la experimentación y para aumentar la confianza en la diferenciación de variedades por su adaptación a condiciones específicas, en los experimentos establecidos en las zonas húmedas se comenzaron a instalar pozos de observación del nivel freático con el fin de mantenerlo a menos de 40 cm de la superficie del suelo.

- **Estado II.** Con la cosecha de la plantilla se concluyó la evaluación en Estado II de 172 variedades del banco de germoplasma (previamente seleccionadas por su desarrollo agronómico) en el experimento localizado en la suerte 42 de la hacienda Portobelo Perolindo del Ingenio Risaralda, en un suelo Aranjuez (Entic Endoaquerts) de familia textural mezclada arcillosa sobre francosa, correspondiente a la zona agroecológica 25H5. Se seleccionaron 47 variedades que continuarán en el proceso de selección en Estado III, en experimentos que se sembrarán en los ingenios Incauca y Risaralda.
- **Estado III-04.** Se cosechó la plantilla de 57 clones de la serie 2004 en Estado III del experimento sembrado en la hacienda Cachimbalito de Incauca, en un suelo Río de Janeiro (Chromic Endoaquerts) de familia textural muy fina, correspondiente a la zona agroecológica 5H5. Se seleccionaron cinco variedades: CC 04-439, CC 04-463, CC 04-506, CC 04-536 y CC 04-584, las cuales mostraron buenas características agronómicas y valores de TSH iguales o superiores en 5% en promedio con respecto al testigo CC 85-92. El máximo valor de TSH se obtuvo con la variedad CC 04-506, superior en 20% en comparación con el testigo.
- **Estado III-00-01.** Luego de dos cortes del experimento de las series 2000 y 2001 en Estado III se seleccionaron siete variedades: CC 00-3993, CC 00-4586, CC 01-1817, CC 01-1886, CC 01-1884, CC 01-1922, CC 01-1940. Durante 2008 se sembraron los semilleros correspondientes para continuar el proceso de selección en pruebas regionales en los ingenios de la empresa Castilla Riopaila y en Incauca, La Cabaña, Risaralda y Sancarlos.

Variedades para zonas de piedemonte. En el piedemonte se encuentran 61 zonas agroecológicas con una extensión total de 25,444 hectáreas. Las variedades se seleccionan 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.

- **Pruebas regionales.** De un total de 46 variedades en semilleros en los ingenios Castilla, Incauca, Pichichí y Providencia se seleccionaron 29 variedades por su desarrollo a los nueve meses de edad, con las cuales se están estableciendo las pruebas regionales en los mismos ingenios, utilizando como testigos CC 84-75 y CC 85-92.

Evaluación sanitaria de experimentos

Las variedades Cenicaña Colombia son seleccionadas por su resistencia a las enfermedades de carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow), roya café (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd.) y mosaico (SCMV) en evaluaciones realizadas en el valle del río Cauca, por lo cual se espera que las variedades sembradas en las pruebas regionales sean resistentes a estas tres enfermedades.

La resistencia a otras enfermedades y plagas hace parte de las características deseables en las nuevas variedades, de forma que los clones con cierto grado de susceptibilidad pueden ser seleccionados por su adaptación y sus resultados de productividad. En todos los estados de selección se mantiene el control sanitario de las parcelas en cultivo.

En las evaluaciones realizadas durante 2008 en las pruebas regionales de las series 97-01, de un total de 17 variedades sólo una, CC 01-1789, se mostró susceptible a la roya con reacción en grado 5 e incidencia de daño mayor de 15%. Las evaluaciones se llevaron a cabo en los experimentos localizados en Incauca, Manuelita, Mayagüez, Providencia, Riopaila y Sancarlos. Las 16 variedades adicionales resultaron resistentes a las tres enfermedades principales.

Con respecto a las evaluaciones sanitarias de los experimentos sembrados el año anterior en otros lugares de Colombia, se encontró que en María la Baja (Bolívar) y Montería (Córdoba) las plantillas de CC 85-92, CC 84-75, CC 93-7513 y CC 94-5446 fueron severamente afectadas por escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*) que causó el secamiento de las plantas. La variedad CC 93-3895 presentó baja incidencia de roya en Sevilla (Magdalena), Codazzi (Cesar) y Ambalema (Tolima) y ninguna infección en los otros sitios, entre los que se incluyen, además de María la Baja y Montería, Puerto Gaitán (Meta) y El Cerrito (Valle del Cauca).

Multiplicación de variedades con semilla libre de patógenos

Durante 2008 se produjeron en Cenicaña alrededor de 421,000 plántulas con el sistema de yemas extraídas, con el fin de proporcionar al sector productivo variedades libres de patógenos para el establecimiento de semilleros. El 41% de las plántulas entregadas corresponde a variedades comerciales y el porcentaje restante a variedades CC de las series 92, 93, 97, 98, 00, 01 y 03, principalmente (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de plántulas entregadas a los productores de caña para el establecimiento de semilleros en 2008.

Variedad	Agrifuels ¹	Pichichí	Mayagüez	Riopaila	Cabaña	Providencia	CAVI	Sancarlos	Varios	Manuelita	Total
CC 85-92	7500	36,000		7500	50,000		8000				109,000
CC 93-4181	7500	3000	30,000	7500							48,000
CC 93-4418	7500	3000	23,000	7500							41,000
CC 84-75		18,000					8000	7500			33,500
CC 98-72						30,000					30,000
CC 92-2198	7500			7500			8000				23,000
CC 03-154			1000			17,000				1000	19,000
CC 93-3826				7500			8000				15,500
CC 93-7513	7500			7500							15,000
CC 92-2804	7500	3000									10,500
CC 93-3895		3000		7500							10,500
V 71-51	7500										7500
PR 61-632	7500										7500
RD 75-11	7500										7500
Co 421	7500										7500
CC 87-434	7500										7500
CC 93-744	7500										7500
CC 93-7510	7500										7500
Varias									7500		7500
CC 97-7565										1000	1000
CC 03-3068										1000	1000
CC 00-3079										1000	1000
CC 01-746										1000	1000
CC 01-1228										1000	1000
CC 01-1305										1000	1000
TOTAL	97,500	66,000	54,000	52,500	50,000	47,000	32,000	7500	7500	7000	421,000

1. Contrato de licencia y pago de regalías por variedades vegetales.



Biotecnología

Mapeo de QTL asociados con los contenidos de sacarosa y biomasa

La detección de genes que gobiernan rasgos cuantitativos o QTL (*Quantitative Traits Loci*) como el contenido de sacarosa y de biomasa, depende de la interacción entre estos QTL y la posible influencia de los factores ambientales en ellos. Por lo tanto, se continuaron las evaluaciones de nuevos marcadores microsatélites en las variedades MZC 74-275 e ICA 69-11 y en la progenie de su cruzamiento compuesta por 300 individuos que fueron sembrados en la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros.

El análisis preliminar de los QTL se realizó aplicando el método de un solo marcador, con regresión lineal entre cada marcador y las características evaluadas, para encontrar asociaciones entre ellos. En los 300 individuos se analizaron 14 características y 65 marcadores para diez componentes de sacarosa y cuatro componentes de biomasa. El análisis de un solo marcador mostró 84 asociaciones con un valor de p entre 0.01 y 0.05; se identificaron 23 asociaciones que fueron organizadas con el marcador y las características respectivas en los grupos de ligamiento obtenidos.

En resumen, se encontraron ocho posibles QTL que explican la variación en la expresión de características ligadas con sacarosa y biomasa. Así por ejemplo, el marcador microsatélite DUQ08a resultó en un QTL que explica la variación de siete características, seis relacionadas con el contenido de sacarosa y dos con el contenido de biomasa. La varianza fenotípica o R^2 explicada por cada característica fue muy baja, entre 1% y 5%, valores que coinciden con registros anteriores en los que dicha varianza fluctuó entre 1% y 10%. Algunos marcadores presentaron asociaciones tanto con componentes de sacarosa como de biomasa; es el caso del microsatélite CG319a que mostró asociación para siete componentes de azúcar y una para biomasa.

Además de los marcadores microsatélites se están usando marcadores AFLP (*Amplified Fragment Length Polymorphism*) para acelerar la obtención del mapa genético de caña de azúcar. Esto permitirá una mayor cobertura del genoma, por lo que se están evaluando las 64 combinaciones de iniciadores *Eco_RI* y *Mse_I* en los parentales MZC 74-275 e ICA 69-11 para luego escoger las más polimórficas y analizarlas en la población de su progenie.

Transformación genética de variedades

Durante 2008 se avanzó en la elaboración de construcciones genéticas con genes reporteros (o indicadores de la transformación) y genes de interés, así como en el desarrollo del protocolo para realizar la transformación genética de la caña de azúcar usando *Agrobacterium tumefaciens*.

Elaboración de nuevas construcciones genéticas. Se hicieron dos construcciones genéticas donde el plásmido pCAMBIA 1305.2 se ligó a los plásmidos pFM 395 y pFM 396. La diferencia entre las construcciones radica en la orientación del gen de resistencia al virus de la hoja amarilla (ScYLV). La confirmación de la presencia de las dos nuevas construcciones se hizo mediante la digestión con enzimas de restricción y por PCR utilizando iniciadores específicos para los genes de higromicina (*hpt*), GUS-Plus y ScYLV.

Transformación genética mediante *A. tumefaciens*. En la transformación genética se debe disponer de un método eficiente para seleccionar los tejidos transformados. Para ello, se estableció la curva de sensibilidad de los explantes meristemáticos al antibiótico higromicina y se determinó que dicha dosis es de 50 mg/L.

La transformación genética mediante *A. tumefaciens* se desarrolló usando callos embriogénicos y explantes meristemáticos de las variedades CC 85-92, CC 84-75 y CC 87-505 y las cepas de *Agrobacterium* AGL-1, LBA4404 y EHA105. Después de la selección con higromicina y las posteriores etapas de regeneración, doce plantas de CC 85-92 se llevaron al invernadero de bioseguridad. De estas plantas, cinco de siete llevaban potencialmente los genes marcadores (*hpt*) y *GUS-Plus* y dos de las cinco restantes podrían llevar además de los genes marcadores, el gen de resistencia al ScYLV.

Fitopatología

Manejo de estaciones de cuarentena

Durante 2008 en la Estación de Cuarentena Cerrada en Cundinamarca se hicieron observaciones y análisis para el diagnóstico de patógenos en 34 variedades de nueve importaciones: 17 variedades de Australia, 6 de Brasil y 11 de México.

En la Estación de Cuarentena Abierta en el Valle del Cauca se recibieron dos variedades de Brasil y ocho de Australia que, junto con 29 variedades importadas de la colección de Miami, Australia, Brasil, Mauricio, Sudáfrica y México, se encontraban en el proceso de limpieza por termoterapia y cultivo in vitro al finalizar el año. En campo se tuvieron 12 variedades de Australia, México, Sudáfrica y Mauricio.

Evaluaciones de incidencia de roya café (*Puccinia melanocephala* H. & P. Syd.) en semilleros y cultivos comerciales

En 29 haciendas se determinó la incidencia de la roya café entre los dos meses y los 12 meses de edad de la caña. La variedad más afectada fue MZC 74-275, susceptible, con reacción en grado 6 e incidencia de daño de 20%. En 2008 la incidencia disminuyó con respecto al año anterior, debido probablemente a cambios en las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y precipitación.

Las variedades CC siguieron mostrando grados de reacción y porcentajes de incidencia del daño que las mantiene en la categoría de variedades resistentes a la roya. En las evaluaciones de 2008, la variedad CC 85-92 en edades entre 4 y 6 meses mostró incidencia no mayor a 8% con reacción en grado 5; la incidencia fue menor antes de los 4 meses y después de los 6 meses. La variedad CC 84-75 presentó la mayor incidencia a los 4.6 meses de edad en el Ingenio Riopaila, equivalente al 10% con reacción 5. La variedad CC 93-3895 presentó la incidencia más alta (15%) en el Ingenio Sancarlos, con reacción en grado 5. Las evaluaciones se llevaron a cabo en los ingenios Carmelita, Incauca, La Cabaña, Mayagüez, Providencia, Riopaila Castilla y Sancarlos.

Diagnóstico de la presencia de roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en variedades colombianas

En 2008 las industrias azucareras de Norteamérica y Centroamérica fueron afectadas por la aparición de la roya naranja, enfermedad que no ha sido detectada en Colombia pero que representa un riesgo potencial para los cultivos de caña en el país, con posibles implicaciones de importancia económica.

Durante el año y con fines de diagnóstico, Cenicaña envió al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, sigla en inglés) once muestras de hojas con roya de las variedades MZC 74-275, CC 85-92, CC 84-75, CC 93-3895, CC 94-5827 y CC 94-5446 tomadas en los ingenios Castilla, Providencia, Sancarlos y Sicarare. En las muestras se encontró únicamente roya café.

Con el mismo propósito se evaluaron 117 variedades de Cenicaña que se encuentran en el CIDCA (Tapachula, México), donde se observó que la mayoría resistente y especialmente no hubo infección por roya naranja en CC 85-92 y CC 84-75.

Otras evaluaciones

En evaluaciones realizadas por el *Bureau of Sugar Experimental Stations* (BSES) de Australia, las variedades CC 84-75 y CC 85-92 han mostrado susceptibilidad intermedia a la enfermedad de Fiji. La variedad CC 87-434 se clasifica como resistente a dicha enfermedad, como también a las enfermedades de carbón, roya, mosaico, escaldadura de la hoja y a *Pachymetra chaunoriza*.

Entomología

Investigaciones para el manejo integral del salivazo *A. varia*

En el desarrollo del plan de investigación para el manejo integral del salivazo de la caña de azúcar, *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae), en 2008 se consiguió la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de tres proyectos presentados en la 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.

Los proyectos son: (a) Utilización de hongos entomopatógenos para el control del salivazo *A. varia*; (b) Uso de nemátodos entomopatógenos para el manejo del salivazo *A. varia*; (c) Uso de la resistencia genética de la caña de azúcar al ataque del salivazo *A. varia* como componente del manejo integral de la plaga. Otras actividades al respecto se resumen a continuación.



Salpingogaster nigra (Diptera: Syrphidae)

En la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros se logró establecer una colonia del salivazo *Zulia carbonaria* usando pasto *Brachiaria ruziziensis* Ciat 654 como planta huésped, con el propósito de contar con una cría permanente de ninfas que sirvan como presa de la mosca *Salpingogaster nigra* (Diptera: Syrphidae), de la

cual se observa su actividad benéfica como posible agente de control biológico para disminuir las poblaciones del salivazo *A. varia*. La mayor dificultad para la cría de la mosca hasta el momento ha sido la baja oviposición de las hembras en el laboratorio: 22 huevos por hembra en promedio en comparación con los 100 huevos por hembra proveniente del campo.

Como complemento para las observaciones de la plaga, en la hacienda San José Garcés del Ingenio Providencia, en Buga, en la zona declarada en emergencia sanitaria se estableció una colonia de *A. varia*. Así mismo, se construirá una casa de malla en la sede del Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) ubicada en la misma localidad.

En 2008 se registraron otras especies o morfotipos de salivazo que atacan la caña de azúcar en Colombia: *Aeneolamia varia* subespecie bogotensis, encontrada sobre caña panelera en Anapoima (Cundinamarca) y *Mahanarva trifissa*, en caña panelera en Oiba (Santander), donde también se encontró un número abundante de individuos pertenecientes o cercanos taxonómicamente a la especie *A. varia* sobre pastos y otras gramíneas.

Seguimiento de las poblaciones del salivazo en la zona declarada en emergencia sanitaria. Los ingenios Carmelita, Providencia y Sancarlos evaluaron durante todo el año los cultivos ubicados en la zona declarada en emergencia sanitaria por la presencia del salivazo. Las poblaciones de la plaga en esta zona de infestación fueron bajas y sólo se aplicaron insecticidas en 139 hectáreas de los distintos ingenios. En la hacienda La Floresta, en cercanías a la cabecera municipal de Riofrío, se volvió a requerir el uso de insecticidas en 47 hectáreas con alta incidencia de *A. varia*. Contadas estas excepciones, las poblaciones del insecto se mantuvieron estables y en niveles bajos. Al finalizar 2008 la plaga no se detectó en zonas distintas a las declaradas en emergencia sanitaria.

Utilizando hembras de *A. varia* recolectadas en el campo, se estableció que el 75% de los huevos eclosionan entre los 16 y los 25 días siguientes a la oviposición. El resto de huevos se consideran diapáusicos, es decir, con capacidad para detener su desarrollo de tal forma que eclosionen durante épocas más propicias. En observaciones complementarias acerca de la fluctuación de las poblaciones de salivazo, en la hacienda Remolino se detectaron picos de alta población después de los cinco meses de edad de la caña, los cuales se repitieron cada dos meses. La mosca *S. nigra* apareció a los siete meses de edad de la caña y coincidió con el segundo pico de alta población de salivazo. El número de individuos de salivazo fue inferior en el lote donde se renovó la caña debido a la presencia de la plaga, en comparación con un lote vecino en donde se levantó la soca.

Acciones cooperativas para el control de salivazos en pastos. En áreas de pastos en la cordillera Occidental, entre Mediacanoa y Riofrío, se ha encontrado una incidencia de salivazos alta, incluso a más de 1500 msnm. Para el reconocimiento de la plaga y el desarrollo de acciones conjuntas de control, durante 2008 Cenicaña participó en actividades de divulgación al sector ganadero. Editó el plegable "Insectos que ponen en riesgo los pastos del Valle del Cauca: salivazo o mión" junto con el ICA, el Ciat y Cogancevalle.



Programa de Agronomía

De acuerdo con los avances de las investigaciones en 2008, a continuación se presentan los resultados sobresalientes en manejo de aguas, nutrición vegetal y fertilización, manejo de suelos, prácticas de cultivo y mecanización agrícola, así como los resultados de la evaluación de productos maduradores alternativos.

En manejo de aguas se presenta una primera aproximación de la función de respuesta al agua de la variedad CC 85-92 en primera soca, la estimación de la función continua del factor K para la programación de los riegos en cultivos de CC 85-92 y CC 93-3895, los avances del proyecto de riego con caudal reducido en zonas de piedemonte y los resultados de la evaluación de un sistema de drenaje a dos niveles.

Los avances en nutrición vegetal y fertilización se refieren a dos experimentos sobre el uso de fuentes sólidas y fuentes líquidas de nitrógeno, la aplicación de abonos orgánicos compostados y la fertilización con silicio.

Con respecto al manejo de los residuos de la cosecha en verde se presenta un análisis parcial del efecto de diferentes cantidades de residuos dejados en el campo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en un experimento donde se combina la evaluación de distintas dosis de NPK en la variedad CC 85-92 que, en 2008, completó ocho cortes.

En relación con las investigaciones sobre mecanización agrícola, se exponen los avances en tres ingenios donde se han encontrado alternativas de preparación de suelos y labranza en socas que muestran la oportunidad de reducir los costos entre 40% y 60%, sin efectos negativos en la producción.

Misión

Mejorar la productividad, la rentabilidad y la calidad de la caña de azúcar mediante el desarrollo de la tecnología requerida para el manejo del cultivo.



Día de campo sobre diseño, adecuación y preparación de suelos. GTT, Ingenio Carmelita.

Manejo de aguas

Respuesta de la caña al agua

La respuesta de la caña al agua se puede expresar como una relación entre la producción de caña o azúcar y la cantidad de agua (neta) recibida por el cultivo. Esta relación puede ser usada para estimar el nivel de producción esperado cuando ocurren periodos de estrés debido a la falta de agua (riego o lluvias) y para cuantificar el impacto negativo en la producción por no aplicar uno o más riegos.

En el Ingenio Providencia, hacienda Providencia, suerte 5C, zonas agroecológicas 22H0 y 18H0, suelo Génova (Entic Haplustolls) de la familia textural esquelética arenosa y suelo Río Paila (Fluventic Haplustolls) de la familia textural francosa gruesa, con la variedad CC 85-92 en primera soca, se realizó un experimento con el objetivo de obtener la función de respuesta en producción de la caña al agua, como base para determinar la rentabilidad del riego.

La producción de caña en las parcelas sin déficit de agua (0 y 10 meses) fue de 135 t/ha, superior en 40 t/ha al tratamiento testigo sin riego (95 t/ha) y 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). Los rendimientos en azúcar fueron muy similares para los diferentes tratamientos con valores entre 11.6% y 11.9% en promedio.

Estos resultados de producción obtenidos con la variedad CC 85-92 indican que cuando ocurre un período seco prolongado durante la etapa inicial del crecimiento rápido (4 y 8 meses) y no se aplican riegos, la disminución en la producción de caña puede llegar hasta 42%. Además, se confirma que el riego es una prioridad en las plantaciones con edades entre 4 y 8 meses, seguidas por las cañas entre 8 y 10 meses. Esta lógica para priorizar la programación de los riegos en los campos comerciales está siendo usada en el programa sistematizado de Balance Hídrico v.3.0 desarrollado por Cenicaña.

La primera aproximación a la función de respuesta al agua de la variedad CC 85-92, primera soca, se expresa de la siguiente forma, derivada de la ecuación de Doorembos y Kassam, 1986:

$$\text{Pérdida relativa de TCH} = 1.44 \times \text{déficit relativo de evapotranspiración}$$

La pérdida relativa de producción se calcula tomando como referencia el valor de la producción máxima obtenida con la evapotranspiración potencial (Etp) del cultivo. El déficit relativo de evapotranspiración se calcula comparando la Etp con la evapotranspiración actual (Eta).

La función de respuesta de la caña al agua puede ser usada para estimar las toneladas de caña por hectárea esperadas, a partir de la lámina neta recibida por el cultivo (precipitación + riego). En este caso, el tratamiento sin déficit de agua entre 0 y 10 meses recibió una lámina neta de 940 mm (240 mm de riego + 700 mm

de precipitación), lo cual resultó en una producción máxima de 135 t/ha con 5 riegos. Al aplicar 4 riegos la lámina neta total recibida hubiese sido de 892 mm (E_t), para lo cual correspondería una producción de 125 t/ha. Con tres riegos, la lámina neta total recibida sería de 844 mm y la producción esperada sería de 115 t/ha. De esta manera, se puede cuantificar el impacto negativo del déficit de agua en la producción, por dejar de aplicar un riego o más, en el periodo de crecimiento rápido. El experimento continuará con el fin de verificar la función de respuesta de la CC 85-92 al agua y determinar la rentabilidad del riego.

Curva de K para la programación de los riegos

La relación entre la evapotranspiración actual (E_t) y la evaporación medida en el tanque clase A (E_v), es usada para la programación de los riegos y normalmente se conoce como el factor K, el cual varía con la edad de la caña. Cenicaña ha venido usando dos valores de K para estimar el consumo de agua de la caña, así: $K=0.3$ para cañas menores de 4 meses y $K=0.7$ para edades entre 4 y 10 meses. La programación comercial de los riegos por balance hídrico se ha venido usando con buenos resultados al reducir el número promedio de riegos por ciclo de cultivo de 8 a 4. Con el fin de precisar más el cálculo del balance hídrico es necesario definir una función continua de K para las variedades comerciales. El afinamiento de la función de K busca reducir aun más los consumos de agua para riego, obtener producciones óptimas y una mayor rentabilidad del riego.

Los valores usados para generar la función continua de K (Figura 19) fueron obtenidos en tres experimentos con las variedades CC 85-92 y CC 93-3895: en el Ingenio Manuelita, hacienda La Olga, suerte 124A, zona agroecológica 11H0, en un suelo Manuelita (Fluventic Halustolls) de familia textural francosa fina, con la variedad CC 85-92 en plantilla; en el Ingenio Providencia, hacienda La Paz, suerte 54Z, zona geoecológica 30H0, en un suelo La Paz (Cumulic Haplustolls) de familia textural francosa fina sobre esquelética arenosa, con la variedad CC 85-92 en tercera soca; y en el Ingenio Mayagüez, hacienda Las Margaritas, suerte 4A, zona agroecológica 11H1, en un suelo Palmeras (Vertic Haplustolls) de familia textural francosa fina, con la variedad CC 93-3895 en plantilla.

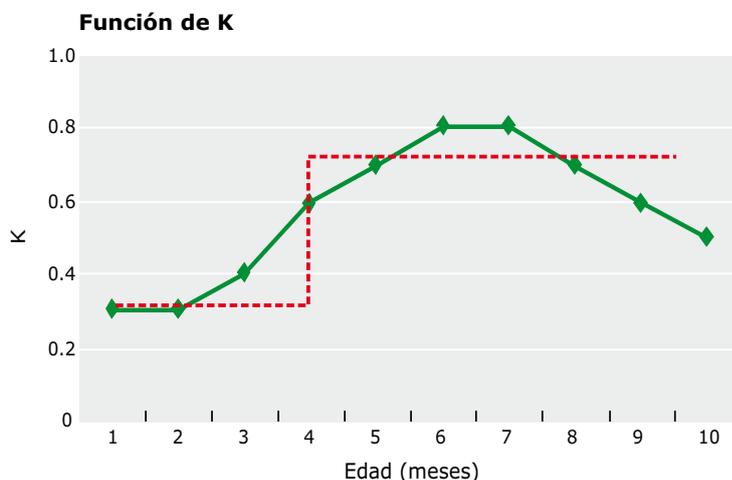


Figura 19. Función de K obtenida para las variedades CC 85-92 y CC 93-3895.

Esta función de K está muy cercana a la función de dos valores que Cenicaña ha venido utilizando en el programa de balance hídrico sistematizado. El experimento continuará para verificar las ventajas de usar la nueva función y con este fin se realizarán programaciones comerciales del riego en la variedad CC 85-92.

Riego con caudal reducido

En el piedemonte de las cordilleras Central y Occidental hay cerca de 62,636 hectáreas potenciales para la producción de caña de azúcar. El uso del riego convencional por surcos practicado en la zona plana presenta restricciones en el piedemonte por las pendientes de los terrenos, mayores que 1%, y además los caudales altos por surco causan erosión del suelo.

El riego con caudal reducido está dirigido al aprovechamiento de las fuentes de aguas superficiales con bajos caudales. Para la conducción del agua a los campos, en este sistema de baja presión se usan mangueras plásticas de polietileno reciclado de 75 mm de diámetro, de costo bajo, y en cada surco se hacen derivaciones con mangueras de diámetros entre 6 y 12 mm. El sistema de riego con caudal reducido está siendo evaluado en terrenos de los ingenios Castilla Riopaila, Pichichí y Providencia.

En el experimento del Ingenio Pichichí, hacienda Lorena, suerte 16, zona agroecológica 26H0, suelo Esneda (Typic Haplusterts) de la familia textural arcillosa sobre esquelética arcillosa, con la variedad CC 85-92 en primera soca, se está comparando el riego por surco continuo, por surco alterno y por surco alterno-alterno. En este sitio el agua se conduce al campo por medio de acequias regadoras en tierra y luego se entrega directamente a los surcos por medio de tubos de PVC de 1 m de longitud y 19 mm de diámetro (Figura 20). El aporque adecuado de los surcos es fundamental para lograr un avance del agua en 20 horas hasta cubrir los 120 m de surco con un caudal de 0.3 L/s y una pendiente de 3%.

En el ingenio Castilla, hacienda La Fría, suerte 030, se estableció un ensayo de tamaño semi-comercial de riego con caudal reducido (5.25 ha) en la zona agroecológica 27H0, en un suelo Italia (Typic Argiustolls) de la familia textural arcillosa sobre esquelética arcillosa, con la variedad CC 84-75 en plantilla.



Figura 20. Derivación del agua a los surcos de riego por medio de tubos cortos de PVC en la hacienda Lorena del Ingenio Pichichí.

Los mejoramientos en el diseño hidráulico del sistema de conducción y distribución han contribuido para obtener un coeficiente de uniformidad de 76% en la entrega de agua a los surcos. La aplicación de un caudal de 0.09 L/s en surcos alternos ha resultado en un tiempo de avance de 75 horas para surcos de 80 m de longitud, con una lámina de riego de 112 mm. Los resultados no mostraron diferencias estadísticas en producción de caña entre el riego con caudal reducido (84 t/ha) y el lote comercial contiguo, regado por aspersión por el ingenio (67 t/ha). Los residuos de la cosecha fueron encallados al 2x1, de tal modo que para el riego de la primera soca el agua se está aplicando según el esquema de riego al 2x1 (dos surcos con agua seguidos por un surco sin agua).

El proyecto de riego con caudal reducido fue presentado a la convocatoria del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y con estos recursos se están adelantando dos ensayos adicionales con la variedad CC 85-92, en el Ingenio Providencia, hacienda La Italia Molineras, suerte 1, en un suelo Esneda (Typic Haplusterts) de familia textural arcillosa sobre esquelética arcillosa, zona agroecológica 26H0, y en Castilla, hacienda Los Ranchos, suerte 06, en un suelo Acuario (Typic Haplustolls) de familia textural esquelética francosa, zona agroecológica 22H0.

Sistema de drenaje a dos niveles

Las disminuciones en las producciones de caña en algunos años pueden estar relacionadas con los excesos de humedad ocurridos en los tres primeros meses de cultivo y durante la cosecha anterior, debido a que se dificulta la ejecución de las labores culturales y se pueden causar daños por compactación y sobre las cepas.

De acuerdo con los datos suministrados por las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada, 2008 se constituyó en el más lluvioso de los últimos quince años. La precipitación fue de 1664 mm, cantidad que superó en 32% el valor medio anual multianual de 1262 mm. Las lluvias ocasionaron una de las mayores inundaciones de los últimos treinta años, que afectó alrededor de 50,000 hectáreas sembradas con caña de azúcar.

Con el objetivo de evaluar opciones efectivas para abatir el nivel freático, en Incauca se está evaluando el sistema de drenaje a dos niveles en la hacienda Ucrania López, suerte 150, zona agroecológica 6H4, en un suelo Taula (Udic Haplusterts) de familia textural fina y conductividad hidráulica baja, donde la precipitación media anual fue de 1641 mm.

Los registros de la profundidad del nivel freático muestran que tanto el drenaje a dos niveles como el drenaje a un solo nivel (convencional) abatieron el nivel

freático hasta profundidades similares y lo mantuvieron a más de 90 cm durante el 86% del tiempo, mientras que en el lote vecino sin drenes entubados (testigo) el nivel freático permaneció a una profundidad media de 37 cm.

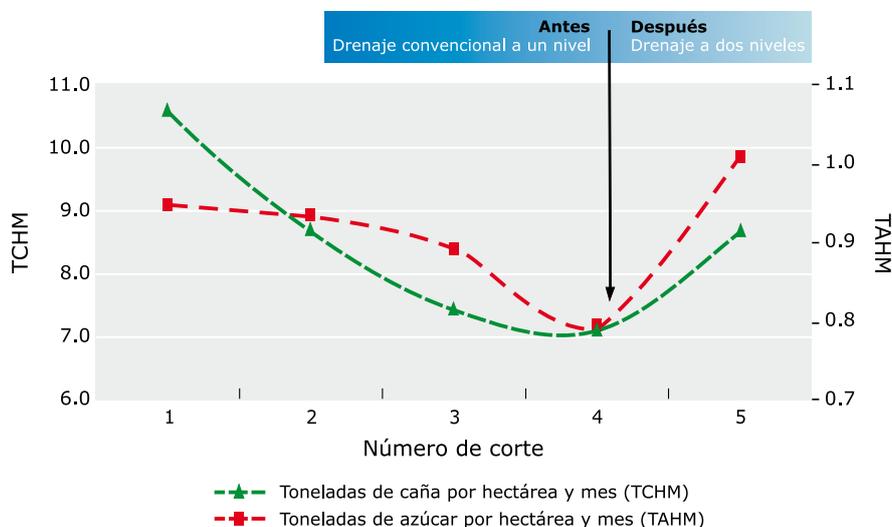


Figura 21. Cambios en productividad por la instalación de drenes entubados a dos niveles. Hacienda Ucrania López, Incauca.

Antes de construir los drenajes, las toneladas de caña y azúcar por hectárea y por mes (TCHM y TAHM) fueron disminuyendo con el número de cortes (Figura 21). Después de instalar los drenes aumentó la producción en 1.6 TCHM (23%) y 0.22 TAHM (28%).

El experimento continuará con las evaluaciones del cultivo y el análisis de la cosecha en relación con la humedad del suelo y la respuesta de la caña al drenaje.

Cenicaña ha realizado investigaciones sobre el drenaje a dos niveles en otros sitios donde la conductividad hidráulica del suelo es baja (0.4 m/día), sin observar diferencias en el abatimiento del nivel freático cuando existen canales colectores profundos alrededor del campo (campos comerciales aledaños a los sitios experimentales). Se ha identificado la necesidad de complementar las instalaciones de drenaje entubado con el diseño apropiado de los campos, la nivelación a precisión de los campos, la ejecución de drenajes topo y la siembra de la caña en el lomo de los surcos.

Nutrición y fertilización

Fuentes sólidas y líquidas de nitrógeno (N)

En las zonas agroecológicas húmedas (H3, H4 y H5) es necesario utilizar la fuente de N más apropiada para lograr un mayor aprovechamiento del fertilizante nitrogenado. En esta investigación se están evaluando la urea, el nitrato de amonio líquido y la solución UAN (urea + nitrato de amonio) como fuentes de nitrógeno para la caña.

En Riopaila, hacienda Valparaíso, suerte 23, zona agroecológica 5H3, en un suelo Nuevo Pichichí (Typic Haplusterts) de familia textural muy fina, se está evaluando la respuesta de la variedad CC 85-92 a las aplicaciones de urea y nitrato de amonio líquido.

En la plantilla se encontró que el nitrato de amonio líquido presenta ventajas sobre la urea cuando ocurren condiciones de humedad excesiva en el suelo. La mayor producción de caña (128 t/ha) se obtuvo con la dosis de 100 kg/ha de N usando nitrato de amonio; mientras que con urea, en la misma dosis, la producción solamente alcanzó las 100 t/ha.

La producción de la caña plantilla mostró tendencia a disminuir al aumentar la dosis de urea aplicada. La aplicación de 110 kg/ha de urea redujo la producción en 8 t/ha, mientras que con la dosis de 220 kg/ha la reducción fue de 10 t/ha.

La primera soca fue cosechada a la edad de 15.4 meses y no se observaron diferencias en las toneladas de caña y azúcar por hectárea entre las fuentes nitrogenadas. La productividad de la primera soca fue menor en 23 t/ha con respecto a la plantilla, lo cual se explica por la mayor precipitación (430 mm) recibida entre los 3 y 6 meses. La condición de baja infiltración de este suelo combinada con el exceso de precipitación pudo afectar la producción.

Un análisis de correlación entre los contenidos de Manganeseo (Mn) foliar a los 6 meses de edad y la producción mostró un posible efecto tóxico del Mn en el suelo, ocasionado por el exceso de humedad y por el efecto de la fuente de nitrógeno utilizada (urea). Un modelo lineal fue usado para cuantificar el efecto tóxico del Mn. Este efecto fue menor en las parcelas fertilizadas con nitrato de amonio líquido, con lo cual se pone de manifiesto cierto riesgo al usar la urea en condiciones de humedad excesiva y en presencia de altos niveles de Mn en el suelo.

En el segundo semestre de 2007 se cosechó la plantilla de la variedad CC 85-92 en el Ingenio Risaralda, hacienda Portobelo Perolino, suerte 35, zona agroecológica 25H5, en un suelo Aranjuez (Entic Endoaquerts) de familia textural arcillosa sobre francosa con 4% de materia orgánica y pH de 4.5 (0-20 cm). En este sitio se encontraron diferencias significativas en producción de caña para las dosis de N y no para las fuentes. En la condición de alta humedad predominante, la dosis de 150 kg/ha de N resultó en una producción de caña de 180 t/ha; mientras que al aplicar 200 kg/ha de N la producción fue de 185 t/ha. En este experimento, las diferentes fuentes de N no fueron aplicadas simultáneamente por problemas de disponibilidad de los fertilizantes; esta circunstancia también pudo afectar las respuestas en producción. Las producciones obtenidas fueron altas y la siembra de la caña en el lomo del surco ayudó a un mejor establecimiento de la plantación.

Aplicación de abonos orgánicos compostados

Los ingenios azucareros que producen etanol carburante están usando vinazas, cachaza, cenizas y residuos de la cosecha para la preparación de abonos orgánicos. En el Ingenio Risaralda, hacienda San Esteban, suerte 1, zona agroecológica 7H1, en un suelo Cartaguito (Vertic HaplustalFs) de familia fina, se cosechó la segunda soca de la variedad CC 85-92 de un experimento para evaluar el compost preparado en el ingenio usando cachaza + vinaza + inóculo de ácidos orgánicos, carotenos y aminoácidos azufrados. Este experimento tuvo 18 tratamientos que resultaron de la combinación de 4 dosis de compost (0, 350, 700 y 1000 kg/ha) buscando sustituir entre el 20% y 40% de la dosis básica de NPK (150-100-100). Adicionalmente se probaron dosis de 300, 700 y 1000 kg/ha de compost con el propósito de reemplazar el 100% de la dosis P y K.

La producción de caña y de azúcar de todos los tratamientos fue significativamente mayor en comparación con la obtenida con el tratamiento testigo o con la aplicación de 350 kg/ha de compost. Teniendo en cuenta las respuestas en producción de caña y azúcar, el mejor tratamiento incluyó 350 kg/ha de compost más

150-100-100 de NPK. Para reemplazar el 20% de la dosis recomendada de NPK se requiere 1 tonelada/hectárea de compost. Es importante tener en cuenta el efecto benéfico adicional que tienen los abonos orgánicos compostados sobre las propiedades físicas del suelo. Por lo tanto, es necesario cuantificar el efecto del abono orgánico sobre la productividad del cultivo y sobre las propiedades del suelo después de varias aplicaciones.



Abono en proceso de compostaje.

Fuentes y dosis de silicio (Si)

Investigaciones realizadas en otros países han mostrado el Si como un elemento fundamental para la nutrición de la caña de azúcar, con efectos positivos en el desarrollo del cultivo y las propiedades del suelo, la inducción de resistencia a plagas y enfermedades y la regulación de la transpiración de la planta. Cenicaña ha encontrado que los niveles de Si en los suelos del valle de río Cauca superan el nivel crítico de 20 ppm y por consiguiente es poca la posibilidad de obtener respuesta en producción con la aplicación de este elemento como fertilizante de la caña de azúcar.

Con el fin de explorar la respuesta de la caña de azúcar a las aplicaciones de Si en el Valle del Cauca se realizaron investigaciones en cooperación con el Ingenio Providencia; se evaluaron cinco dosis de Si en seis suelos. Cuatro suelos pertenecen al orden Mollisols (45 a 54 ppm) y dos suelos al orden Vertisols (60 a 74 ppm). Las dosis de Si variaron entre 0 y 200 kg/ha con intervalos de 50 kg; se usaron cuatro fuentes: Magnesil®, Agromagnesil®, Si+K® y Mg 30®. Aunque no se obtuvieron respuestas en producción de caña, en dos sitios experimentales se observaron incrementos en el contenido de la sacarosa.

Para medir los efectos del Si en el contenido de sacarosa se hicieron evaluaciones de desarrollo del cultivo y los contenidos de elementos mayores y menores a los seis meses de edad en la plantilla de la variedad CC 85-92. El experimento se encuentra ubicado en un suelo ácido de Incauca (hacienda Sachamate, zona agroecológica 10H5), consociación Novillera (Fluvaquentic Eutropepts) de textura franco arcillosa sobre arcillosa, acidez muy fuerte (pH 4.6), contenidos altos de materia orgánica (5.1%) y contenidos bajos de P disponible (3 ppm), medianos de K intercambiable (0.24 meq/100g), altos de Si disponible (31 ppm) y muy bajos de aluminio intercambiable (0.04 meq/100g).

No se observaron diferencias entre las fuentes de Si ni entre las dosis aplicadas al suelo con respecto al contenido de sacarosa (% caña), los contenidos de elementos mayores y menores, la longitud de los tallos o la producción de caña y azúcar. Las producciones de caña más bajas se obtuvieron con los tratamientos donde se aplicó la fuente Mg 30, cuya fórmula representó entre 50 y 200 kg/ha de magnesio (Mg) aplicados al suelo. Los bajos contenidos de aluminio intercambiable no justificaron la aplicación de la cal agrícola en este suelo.

Manejo de los residuos

Residuos de cosecha y fertilización con NPK

En la Estación Experimental de Cenicaña se está evaluando el efecto de diferentes cantidades de residuos de la cosecha en verde combinados con seis dosis de NPK sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El experimento está ubicado en el lote 19, en un suelo Cantarina de textura arcillosa, zona agroecológica 6H1, con reacción casi neutra, contenidos medianos de materia orgánica (3.6%), contenidos altos de P disponible (42 ppm) y de K intercambiable (0.46 cmol/kg).

En la cosecha de la séptima soca, en los tratamientos con carga sencilla o carga doble de residuos se superó en 22% la producción de caña del testigo sin residuos y

en 19% la producción estimada de azúcar. En general, la producción de caña tendió a aumentar con el incremento de las dosis de NPK. Las mayores producciones de caña se obtuvieron con la dosis de 200-75-90 en el tratamiento con carga doble de residuos y con la dosis de 150-0-60 en el tratamiento con carga sencilla.

Durante el tiempo del experimento, que continúa en la octava soca, en las parcelas con presencia de residuos de cosecha se ha observado una disminución significativa en el número de tallos por hectárea a los seis meses, diferencia que desaparece posteriormente, cuando se incrementa la altura de los tallos significativamente, en especial en las parcelas con carga sencilla de residuos, donde el efecto de competencia con los residuos es menor.

De acuerdo con las producciones de caña de los tratamientos sin N y del tratamiento sin P se puede inducir que el K limitó en mayor proporción la producción de caña en comparación con la falta de P en este suelo. En el tratamiento sin aplicación de NPK las reducciones en producción de caña fueron cercanas a las 50 t/ha debido esencialmente a la falta de N. La presencia de residuos no afectó los contenidos de sacarosa (% caña) que fueron, en general, medianos y que tendieron a disminuir cuando faltó uno de los tres nutrimentos esenciales. Los contenidos de sacarosa más bajos se obtuvieron cuando no se fertilizó con NPK.

Mecanización agrícola

Secuencia de labores y reducción de costos

El uso generalizado de las prácticas de labranza y cultivo, sin tener en cuenta el tipo de suelo ni su contenido de humedad, han resultado en un sobrelaboreo del suelo y en mayores costos de la preparación y las labores de levantamiento del cultivo.

Con el objetivo de identificar alternativas para la preparación de suelos y el levantamiento del cultivo para reducir los costos y mantener la productividad, se están ejecutando investigaciones en suelos de familias texturales contrastantes y en diferentes zonas agroecológicas en donde se están probando cambios en el orden de ejecución de las labores y en el número de pases de los diferentes accesorios.

En el Ingenio Mayagüez, hacienda Arauca, suerte 16, en un suelo Manuelita (Fluventic Haplustolls) de familia textural franca gruesa, zona agroecológica 11H1, en la cosecha de la segunda soca de la variedad CC 85-92 se evaluaron tratamientos de levantamiento que incluyeron entre una y cinco labores. No se encontraron diferencias en producción (129 t/ha de caña y 15.7% de rendimiento en azúcar) y los costos de las labores de levantamiento de la soca se redujeron hasta en 71% con respecto al método convencional seguido por el ingenio en este tipo de suelos.

En el Ingenio Manuelita, hacienda Rosario, suerte 69, suelo Palmira (Pachic Haplustolls) de familia textural francosa fina, zona agroecológica 11H1, se cosechó la plantilla de CC 85-92 de un experimento que incluyó tratamientos que variaron entre cuatro y nueve labores. Con la secuencia de preparación más promisoría (cuatro labores) se obtuvo una producción de 161 t/ha y una reducción de costos de 40%. El tratamiento convencional del ingenio con nueve labores presentó una producción de 159 t/ha y rendimiento de 12.8%.

En el Ingenio Sancarlos, hacienda Ballesteros, suerte 30, en un suelo Corintias (Typic Haplusterts) de familia textural fina, zona agroecológica 6H1, se cosechó la plantilla de la variedad CC 93-3895. El experimento incluyó secuencias que variaron entre cuatro y nueve labores con reducciones de costos entre 30% y 65%. Las mayores producciones (143 t/ha) se obtuvieron con el tratamiento convencional de nueve labores y con la secuencia de cuatro labores; el rendimiento alcanzó valores de 11.5%. En esta zona el ingenio esperaba una productividad mayor; la alta precipitación recibida (2105 mm) pudo afectar el desarrollo de la caña.

En todos los sitios experimentales y de manera consistente se han encontrado alternativas de preparación que reducen los costos entre 40% y 60%, sin disminución de la producción. En algunos sitios se están probando las mejores secuencias de preparación en campos comerciales.

Maduración de la caña de azúcar

Evaluación de productos maduradores

Las investigaciones con maduradores están dirigidas a identificar productos que puedan tener efectos positivos sobre la maduración de la caña y a determinar las dosis de respuesta más adecuadas, sin afectar la producción ni el desarrollo del cultivo siguiente. La lista de productos evaluados es extensa y pocos han dado resultados satisfactorios. El glifosato en sus diferentes presentaciones comerciales y el Fusilade® son los productos que más se utilizan en Colombia como maduradores de la caña de azúcar.

En el Ingenio Risaralda, hacienda San Diego, suerte 9, en un suelo Fiipeto (Aquic Argiudolls) de familia textural fina, zona agroecológica 9H5, en la variedad CC 85-92 se evaluaron los siguientes productos: Cosmomadurador® (2.0 kg/ha), B-Zucar® (0.5 L/ha), Lignofos-K® (4.0 L/ha), la mezcla de Borozinco® (1.0 L/ha) + B-timin® (2.5 kg/ha) y tres mezclas de Glifolaq® (1.0 L/ha) con Cosmomadurador (0.4 kg/ha), Lignofos-K (2.0 L/ha) y B-Zucar (0.5 L/ha). Las comparaciones se hicieron con un testigo comercial de Glifolaq (1.2 L/ha) y un testigo sin aplicación de madurador.

Los primeros cinco productos de la lista son fertilizantes foliares que contienen principalmente fósforo, potasio, boro y cinc. El Glifolaq es una presentación comercial de glifosato. Todos los productos se aplicaron cuando la caña tenía 10.9 meses de edad, excepto en el caso del testigo con Glifolaq (1.2 L/ha) que se aplicó a los 11.7 meses. La cosecha se realizó a los 14.4 meses de edad debido a las altas precipitaciones registradas.

El testigo comercial con Glifolaq (1.2 L/ha) y las tres mezclas de productos que contenían Glifolaq (1.0 L/ha) mostraron incrementos en sacarosa (% caña) de 7% con respecto al testigo sin madurador. Ninguno de los productos alternativos, aplicados solos o en mezcla (sin Glifolaq) tuvo efectos apreciables en la maduración y solo se observaron incrementos de sacarosa (% caña) cercanos al 2%. Esta evaluación, al igual que las realizadas en años anteriores, indica que aún no se ha encontrado un producto alternativo que incremente el contenido de sacarosa como lo hacen el glifosato y el Fusilade®.

Programa de Procesos de Fábrica

Para atender las necesidades de la agroindustria en los procesos de producción de azúcar y etanol, Cenicaña trabaja en las siguientes líneas de investigación: uso racional de energía, control de procesos, operaciones unitarias, producción de etanol combustible y aseguramiento de la información, observatorio tecnológico y nuevos productos.

Es pertinente comentar que durante 2008 el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial promulgó la nueva reglamentación para las emisiones de partículas y de gases en las calderas y hornos utilizados en todas las industrias colombianas. La reglamentación que estaba vigente correspondía al Decreto 02 de 1982, en el cual se expresaba la emisión en términos de peso de partículas emitidas por unidad de producto elaborado. De ahora en adelante, para el caso de las calderas que utilizan biomasa se reconoce un carácter especial debido al origen renovable y el grado de humedad alto, razones por las cuales la emisión máxima permisible es de 300 mg/m³.

A continuación se presentan los avances de la investigación, entre los que se destacan la integración energética de corrientes de proceso mediante intervenciones en diferentes operaciones fabriles, principalmente en calderas, molinos y evaporadores, la caracterización de las operaciones unitarias de clarificación y filtración, los resultados de un estudio preliminar sobre el fenómeno de formación de terrones en el azúcar de uso industrial y el inventario de las estrategias de control utilizadas en los ingenios azucareros.

En los proyectos de investigación para la producción de etanol combustible se fortaleció la infraestructura física en función de las experimentaciones requeridas en los procesos fermentativos.

Otros avances destacados se presentan en las páginas siguientes.

Caldera en el Ingenio Pichichí.

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.



Uso racional de energía

Desde hace algo más de diez años Cenicaña realiza investigaciones dirigidas a conseguir mejores desempeños energéticos en los ingenios azucareros a través de la minimización de los consumos térmicos, mecánicos y eléctricos en las plantas fabriles. En 2008, gracias al soporte del proyecto "Plataforma de Servicios" cofinanciado por Colciencias, se continuaron las labores de monitoreo de las calderas bagaceras y carboneras utilizadas en el sector, actividades que consistieron en el análisis de 17 calderas y el acompañamiento al Ingenio Central Tumaco en la valoración operativa de la repotenciación de su caldera.

En los ingenios Mayagüez, Pichichí, Risaralda y Sancarlos se plantearon esquemas alternativos para el uso racional de energía que incluyeron desde propuestas de cambio de los sistemas de dampers mecánicos para el control de flujo de los ventiladores de tiro forzado (VTF) y de tiro inducido (VTI) por variadores de frecuencia de los motores, hasta estrategias de minimización del consumo de vapor de escape por medio de la integración energética de corrientes de proceso.

Así mismo, en el Ingenio La Cabaña se evaluaron condensadores tipo lluvia y de chorro para determinar el efecto de estos últimos en el ahorro energético. Estas evaluaciones demostraron la conveniencia de ajustar las alturas de los cuerpos de condensadores para reducir el consumo de energía durante el bombeo de agua de inyección.

Mediante un esfuerzo conjunto de Cenicaña y los ingenios María Luisa y Pichichí se avanzó en el afinamiento gradual de las versiones del modelo Ceniprof® particulares de cada planta. El desarrollo del modelo en estos ingenios se orientó hacia estudios de factibilidad técnica y económica de proyectos de cogeneración, refinación de azúcar y producción dual de azúcar y etanol.



Para complementar las acciones que promueven el uso racional de energía, en los ingenios Mayagüez, Pichichí, Providencia y Sancarlos se documentaron los consumos energéticos de las turbinas de contrapresión utilizadas para el accionamiento de las unidades de molienda y se definieron las especificaciones óptimas en cuanto al consumo energético y la eficiencia energética obtenida por los motores de accionamiento cuando actúan como sustitutos de las turbinas.

Motor de accionamiento de molinos en el Ingenio Providencia.

También en el marco de la gestión energética, en 2008 se inició un trabajo experimental con el propósito de desarrollar estrategias de control para la optimización de la extracción de sacarosa por la ruta de la imbibición. Es así como en el ingenio Castilla, considerado como unidad piloto, se está utilizando de forma permanente un dispositivo sensor para registrar en tiempo real las variables principales de operación, como el torque del eje principal del molino, la velocidad de giro de la maza alimentadora, la altura del chute de alimentación de caña, la flotación de la maza superior y la humedad del bagazo.

Se destaca el apoyo del Ingenio Mayagüez en el diseño y la construcción de un evaporador piloto tipo Roberts, con tubos de 3657 mm, que en 2009 será evaluado mientras opera en paralelo con un cuerpo del tercer efecto de la serie del ingenio.

Operaciones unitarias

Formación de terrones en el azúcar de uso industrial

El fenómeno por el cual los cristales de sacarosa se enlazan de manera estructural y de una forma tal que pueden llegar a conformar una masa homogénea de gran dureza que afecta las condiciones de proceso de productos finales en empresas del sector industrial, se conoce con el nombre de 'ateronamiento' del azúcar. El terrón así formado puede obstaculizar el funcionamiento normal de los equipos de dosificación en los procesos industriales que utilizan el azúcar como materia prima, con lo cual se generan costos adicionales causados por el rechazo de la producción y las devoluciones consecuentes.

Durante 2008 Cenicaña inició el estudio del fenómeno descrito en respuesta a las necesidades de un ingenio del sector. De acuerdo con el diagnóstico, la formación de terrones ocurrió con mayor frecuencia en el azúcar refinado debido a la mayor velocidad de cristalización, en comparación con el azúcar blanco. La velocidad de secado, el tamaño de los cristales y su uniformidad, y la temperatura del azúcar en el momento del empaque fueron las variables que más influyeron en la formación de los terrones.

Las principales modificaciones operativas realizadas sobre el sistema de secado de azúcar se concentraron en disminuir la velocidad de secado y reducir gradualmente la temperatura del azúcar que sale de la secadora, por medio del descenso de la temperatura del aire caliente que entra a la secadora desde 90 °C hasta 60 °C. Paralelamente se logró reducir en 33% el flujo de aire que entra a la secadora de manera que, en conjunto, con estas modificaciones operacionales se consiguió una humedad final del azúcar menor al 0.04% en peso. Como dato de interés adicional, se estableció que el azúcar con coeficiente de variación en el tamaño del grano menor a 30% era menos susceptible a aterronarse.

Otra variable importante por controlar para evitar la formación de terrones es la humedad relativa del aire en la bodega de azúcar, que debe ser menor que la humedad en equilibrio del mismo, la cual varía entre 65% y 75% en el caso del azúcar refinado. Sin embargo, esta alternativa es poco viable cuando se consideran las dimensiones de los sitios de depósito y los costos asociados con el control de la humedad del aire en ellos.

Clarificación y filtración de jugos

El proceso de clarificación del jugo de caña tiene como objetivos primordiales remover la máxima cantidad de impurezas disueltas y suspendidas en el jugo e incrementar su pH, con el fin de minimizar la inversión de sacarosa en este proceso y en los posteriores. Con la filtración se busca recuperar la máxima cantidad de jugo filtrado arrastrado con los lodos y remover el mayor porcentaje de material insoluble junto con la cachaza. La clarificación del jugo influye directamente en la calidad del azúcar, en el agotamiento de las mieles y en las incrustaciones en los evaporadores.

Con el propósito de documentar las prácticas seguidas en los ingenios colombianos en estas dos operaciones y las tecnologías adoptadas, durante 2008 Cenicaña realizó el Seminario "Clarificación y Filtración" cuyas memorias se encuentran disponibles en el sitio web institucional, como parte de los contenidos ofrecidos por el Programa de Procesos de Fábrica.

El seminario contó con la asistencia de 28 representantes de trece ingenios. Como expositores participaron delegados de Carmelita, Incauca, La Cabaña, Mayagüez y Riopaila, quienes presentaron los resultados obtenidos con el uso de clarificadores *New Generation SRI Juice Clarifier* (SRI, *Sugar Research Institute*), con las modificaciones de las condiciones operacionales de los clarificadores de meladura y los filtros prensa y aquellos obtenidos en la disminución de pérdidas de sacarosa en cachaza por la operación de filtros de tambor rotatorio.

Los delegados de Cenicaña se refirieron a los factores que más influyen en la eficiencia de clarificación, para lo cual se basaron en las experiencias documentadas en Colombia y otros países. Como parámetro de control del desempeño operacional de las estaciones de clarificación y filtración se recomendó usar la diferencia de pureza entre el jugo claro y el jugo filtrado, valor que no debe ser superior a dos unidades.

Las presentaciones de Cenicaña incluyeron un análisis comparativo entre la lechada de cal y el sacarato de calcio para la alcalización del jugo; las estrategias de control de pH del jugo, el flujo de jugo y su temperatura en función de la

eficiencia de clarificación y la reducción de las pérdidas de sacarosa; los efectos de la calidad del agua y el tiempo de maduración en la preparación del floculante; las estrategias para mantener el pH del jugo entre 7.5 y 8.0 y la temperatura de los lodos por encima de 80 °C que, junto con el establecimiento de la frecuencia de limpieza de la estación de filtros, contribuyen a prevenir la inversión microbiana de la sacarosa.



Tanque *flash* en el Ingenio Central Tumaco.
En este tanque se reduce la temperatura del jugo antes de alimentar el clarificador.

De forma complementaria, durante 2008 se estableció la línea base de caracterización de las estaciones de clarificación en dos ingenios, con el fin de medir el impacto causado por el uso de nuevos clarificadores SRI y mejores sistemas de control de las variables principales que afectan la calidad de jugos y el desempeño económico del proceso.

Control de procesos

Se concluyó el inventario detallado de las estrategias de control utilizadas en las estaciones de recepción y molienda, clarificación y tratamiento de jugos, evaporación y cristalización-centrifugación en los trece ingenios colombianos.

Con delegados de los ingenios Castilla, Manuelita, Mayagüez y Providencia se realizó el Seminario "Casos exitosos en el control de molinos en la industria azucarera", donde se mostraron los adelantos en el control del nivel de chutes y la velocidad de conductores de caña. Cenicaña propuso la búsqueda operacional de una máquina de torque constante como estrategia de control de la molienda, con argumentos acerca de las oportunidades para minimizar las pérdidas por fricción, mejorar las condiciones de extracción de sacarosa y prolongar la vida útil del molino. Asistieron al seminario 17 representantes de trece ingenios.

En el desarrollo de esquemas de control alternativos para los procesos de evaporación se avanzó en la formulación de modelos dinámicos del proceso y en la validación preliminar de los lazos de control factibles para el control de nivel, de concentración y de temperatura en estos equipos.

A partir de información del Ingenio Mayagüez y con su apoyo permanente en los procesos de integración en ingenios con producción dual, se diseñó una estrategia de control de acoplamiento PAZ-PAC (planta de azúcar-planta de etanol) con el objeto de minimizar las perturbaciones que pueden ocurrir en el proceso de fermentación de etanol cuando se producen modificaciones operacionales en la planta de azúcar.

Producción de etanol combustible

Desarrollo y puesta en operación de fermentador piloto

Los problemas más importantes que actualmente afectan los rendimientos en las destilerías colombianas se presentan en los procesos fermentativos y están relacionados principalmente con la contaminación microbiana y con el costo de los aditivos y los nutrientes que se usan para el crecimiento de la levadura.

Las investigaciones del Programa de Procesos de Fábrica al respecto se orientan a la determinación de los niveles de eficiencia del proceso de fermentación por medio del estudio de parámetros cinéticos y fisicoquímicos y su relación con el desempeño de la levadura.

Entre los parámetros cinéticos se cuentan, por ejemplo, la producción de metabolitos como los ácidos orgánicos y los alcoholes superiores; en los fisicoquímicos, la conductividad eléctrica (CE), el potencial de oxidorreducción (ORP) y el oxígeno disuelto (OD).

Para llevar a cabo las evaluaciones correspondientes, Cenicaña elaboró los planos de diseño y contrató la construcción de un fermentador de 170 litros de capacidad, que desde octubre de 2008 está operando en la planta de producción de etanol del Ingenio Mayagüez, con un volumen efectivo de trabajo de 136 litros (Figura 22). Entre los componentes del equipo se cuentan: Una bomba dosificadora para recirculación del producto de salida, un motor-reductor de 0.5 HP con regulador de velocidad trifásico para impulsar el sistema de agitación mecánica, y un interruptor de apagado/encendido para controlar el flujo de agua que entra a la chaqueta del equipo y regular así la temperatura. Con un sensor multiparamétrico se realizan las mediciones de pH, CE, ORP y OD.

En los ensayos realizados en el fermentador piloto se han alcanzado concentraciones de etanol de 8% (v/v) en fermentaciones tipo *batch* a las 24 horas, valor de concentración que corresponde al esperado en un reactor industrial de un volumen mil veces mayor. Las investigaciones continuarán con las pruebas de puesta a punto para fermentaciones continuas y ensayos para determinar el rendimiento de las levaduras comerciales. Se evaluarán los contenidos de macronutrientes y micronutrientes en las levaduras y su incidencia en el rendimiento de fermentación.

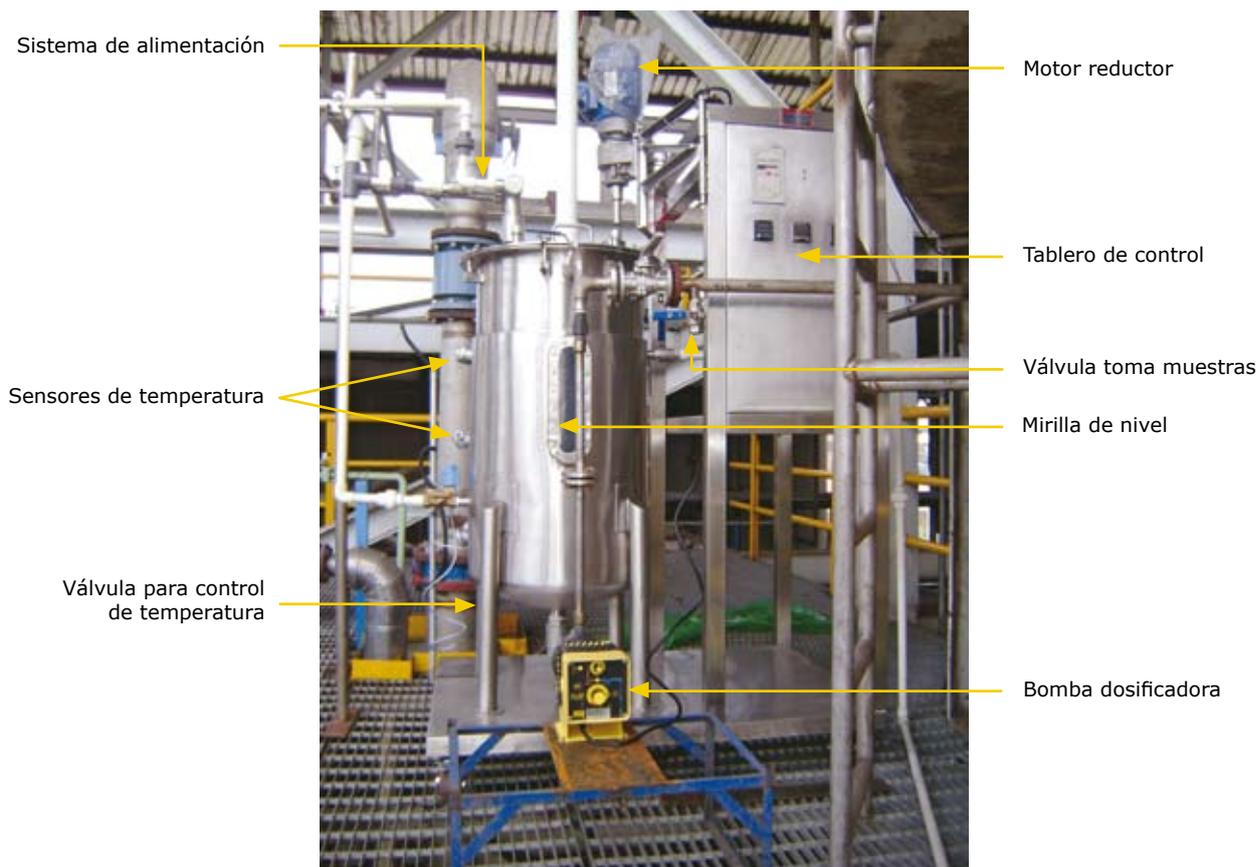


Figura 22. Partes del fermentador piloto.

Caracterización de levaduras nativas con potencial alcoholero

Uno de los objetivos de las investigaciones relacionadas con la producción de etanol combustible es obtener cepas de levaduras alcoholeras resistentes a altas concentraciones de vinaza (50-70%), que mantengan los valores máximos de concentración de etanol. Es así como en octubre de 2007 se empezó a conformar un banco de levaduras que a finales de 2008 estaba compuesto por 30 cepas nativas aisladas a partir de las materias primas de dos plantas de etanol y las tres cepas de la especie *Saccharomyces cerevisiae* de uso comercial. La meta es adelantar tareas de aislamiento y caracterización de nuevas levaduras en las otras tres plantas que operan actualmente en el valle del río Cauca.

Luego de una caracterización molecular preliminar y la posterior caracterización bioquímica del conjunto de levaduras nativas aisladas y seleccionadas, se han identificado especies presuntivas de los géneros *Rhodotorula* spp., *Criposcoccus* spp., *Candida* spp., *Pichia* sp. y *Kodamaea* sp.

Como una herramienta de apoyo para las investigaciones en escala de laboratorio Cenicaña adquirió el equipo fermentador *New Brunswick* BIOFLO 110® con capacidad de 14 litros, en el cual se evaluaron

tres cepas nativas de *S. cerevisiae* que se destacaron por su tolerancia ante concentraciones de etanol de 12% en medio de cultivo.

En estudios preliminares acerca de la cinética de fermentación tipo *batch* de diferentes levaduras nativas y utilizando miel B como medio de cultivo se alcanzaron producciones de etanol similares e incluso superiores a las obtenidas con la levadura GR-X (PRAJ) que se usó como testigo comercial; se trabajó con un volumen efectivo de 8 litros y una concentración inicial de azúcares reductores totales (ART) de 12% (w/w) (Figura 23).

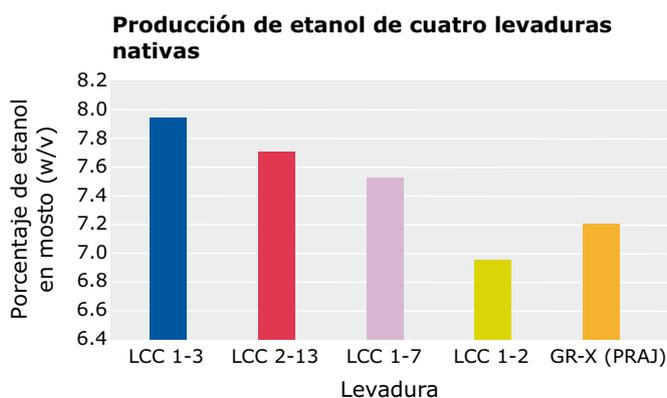


Figura 23. Producción de etanol de levaduras nativas y del testigo GR-X (PRAJ) en miel final como medio de cultivo. Tiempo: 24 horas.

Aseguramiento de información, observatorio tecnológico, nuevos productos

Fortalecimiento de la plataforma de servicios

En septiembre de 2008 se presentaron los informes finales del proyecto "Oferta de servicios tecnológicos para atender las necesidades de competitividad del sector azucarero colombiano" cofinanciado por el Instituto Colombiano de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias.

Durante el periodo 2006-2008, con recursos del proyecto se llevaron a cabo 135 actividades de servicios, tres programas de capacitación y se adquirieron los equipos requeridos (Figura 24).

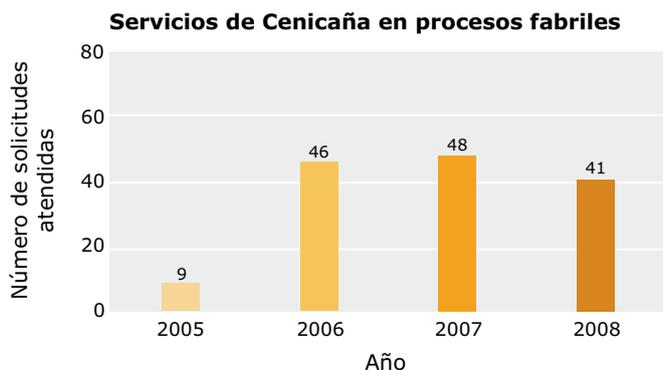


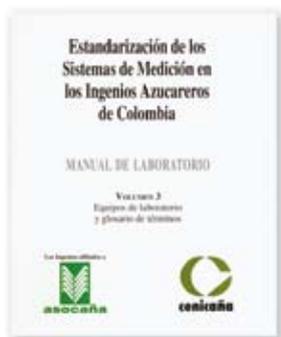
Figura 24. Servicios prestados a los ingenios azucareros en 2005 y en el periodo 2006-2008. Proyecto Colciencias-Cenicaña.

Estandarización de los sistemas de medición

Con las conclusiones de las visitas a seis ingenios finalizaron las actividades del primer programa de seguimiento del sistema de estandarización de mediciones en el sector azucarero colombiano (2005-2008). A partir de la información recolectada se elaboró el diagnóstico acerca de las metodologías analíticas, los sistemas de muestreo utilizados y los alcances de la gestión metrológica en trece ingenios comprometidos con el sistema, diez de los cuales participan en el intercambio de información. Una de las grandes conclusiones derivadas de esta actividad fue que los programas de auditoría deben ser institucionalizados como un requisito para garantizar la vigencia del sistema y su actualización.

De otra parte, en el grupo de ingenios con producción dual de azúcar y etanol se definieron los indicadores para el intercambio de información y las metodologías de los cálculos respectivos. El formato de intercambio propuesto se encuentra en etapa de validación.

Así mismo, el Grupo de Metrología avanzó en la redacción de Guías de Referencia con los criterios y los requisitos de los procedimientos metrológicos utilizados en los ingenios azucareros, con la finalidad de homologar la metodología por seguir para lograr medidas confiables y conocer el valor de la incertidumbre de la medición de acuerdo con los equipos utilizados en los laboratorios de control de calidad de cada ingenio. Los documentos al respecto estaban en proceso de revisión al finalizar el año.



Para uso en las plantas de azúcar se publicó el volumen 3 de la colección de estandarización, documento elaborado por los jefes de laboratorio y calidad de los ingenios con la cooperación de Cenicaña.

Otras actividades destacadas en 2008 se refieren a la participación de Cenicaña en el convenio de capacitación Sena-Asocaña, mediante la coordinación técnica y académica del curso sobre polarimetría y estimación de la incertidumbre en las mediciones, que se llevó a cabo para el personal de las áreas analíticas y de metrología de los ingenios. El agente operador de logística para las actividades del curso fue Tecnicaña.

Diagnóstico de las pérdidas indeterminadas

En cooperación con los ingenios azucareros se lleva a cabo un diagnóstico de los factores principales que afectan las pérdidas indeterminadas en el proceso fabril. El estudio se realiza a través del seguimiento de la sacarosa en las fábricas del sector, mediante observaciones y evaluaciones de los aspectos fisicoquímicos, microbiológicos y de operación que pueden estar asociados con las pérdidas indeterminadas.

De acuerdo con los avances del diagnóstico, en ocho ingenios se identificaron las causas comunes que, según se corroboró, contribuyen en la suma de las pérdidas de sacarosa denominadas como 'no cuantificadas'. Varios ingenios acogieron las alternativas de mejoramiento propuestas, de forma que en 2008 las pérdidas de sacarosa indeterminadas alcanzaron un valor acumulado ponderado para el sector de 1.09% (sacarosa % caña). Las alternativas de mejoramiento estuvieron dadas por la gestión de los procesos en el marco de las buenas prácticas de manufactura (BPM) y el sistema integrado de calidad; se relacionaron con cambios tecnológicos, por ejemplo en los sistemas de control y en el uso de clarificadores rápidos, así como en el seguimiento y el control de las pérdidas de sacarosa por causas físicas y mecánicas.

Seguimiento de las pérdidas de sacarosa en la caña de azúcar

Tallos enteros sin quemar de cuatro variedades promisorias y dos comerciales, cultivadas en el Ingenio Manuelita y cosechadas entre 12 y 13 meses de edad, fueron analizados en el laboratorio para determinarles el contenido de sacarosa después del corte y en cada hora siguiente de apilamiento en el laboratorio. La sacarosa disminuyó a una tasa entre 0.011 y 0.014 unidades porcentuales por cada hora de almacenamiento después del corte. Las variedades evaluadas fueron CC 92-2198, CC 93-3895, CC 93-4418, CC 93-7510, CC 85-92 y PR 61-632.

En otras evaluaciones se corroboró que las mayores pérdidas de sacarosa ocurren en la caña quemada y dejada en pie, en comparación con la caña quemada y cortada. Después de 16 días de permanencia en el campo de la caña quemada y dejada en pie se detectaron caídas de la pureza hasta niveles de 75% en promedio, asociadas con incrementos de acidez en los jugos (2540 mg/L) y disminuciones del pH hasta 4.0.

Determinación del poder calorífico y las cenizas en bagazo por espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR)

Con el propósito de facilitar las determinaciones del poder calorífico y las cenizas en el bagazo, se llevaron a cabo ensayos de calibración y validación de la técnica de espectroscopía NIR utilizando como métodos primarios o de referencia la bomba calorimétrica (poder calorífico) y la incineración (cenizas).

Para ambos constituyentes, los modelos matemáticos de PLS (mínimos cuadrados parciales) y MLR (regresión lineal múltiple) empleados en la técnica NIR mostraron muy buena correlación entre los valores determinados por esta técnica alternativa y los valores obtenidos con los métodos primarios correspondientes.

En las determinaciones del poder calorífico, el análisis de PLS mostró un coeficiente de correlación alto ($R^2=0.82$) y un error estándar de calibración bajo ($SEC=152.3$). En el caso de las cenizas, mediante MLR se consiguieron valores de $R^2=0.95$ y $SEC=0.975$.

Los valores de poder calorífico superior en las muestras de bagazo analizadas oscilaron entre 6500 BTU/lb y 7900 BTU/lb, cifras muy cercanas a las establecidas en ingenios de Brasil y Australia. Los valores de cenizas variaron entre 2% y 5%, los cuales se consideran como normales en cañas cosechadas con quema previa y corte manual en las condiciones climáticas del valle del río Cauca.

Las cenizas que se adhieren al bagazo son un indicador importante de los niveles de materia extraña mineral en la caña y resultan de fácil determinación mediante la técnica de espectroscopia NIR.

Estudio exploratorio de nuevos productos

En cooperación con el Ingenio Providencia se evaluaron muestras de azúcares orgánicos y azúcares corrientes blancos sin refinar con el objeto de determinar las concentraciones de flavonoides y polifenoles. Estos metabolitos han sido estudiados y reportados como agentes con propiedades antioxidantes y antitrombóticas de gran valor e importancia en los alimentos.

Utilizando principalmente una técnica analítica de espectrofotometría desarrollada por Cenicaña, los resultados de 36 muestras de azúcares analizadas señalan, de forma preliminar, que los contenidos de fenoles y flavonoides son mayores en el azúcar orgánico. El contenido de flavonoides osciló entre 27 -100 mg por cada kilogramo de azúcar orgánico y entre 3.5 mg y 72 mg por cada kilogramo de azúcar blanco.

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

A continuación se describen los avances en el diseño de modelos de análisis aplicados a la producción comercial, así como las metodologías y los resultados destacados de los servicios de apoyo en proyectos de investigación y desarrollo agroindustrial prestados a los investigadores de Cenicaña y las empresas del sector azucarero.

La información obtenida contribuye a mejorar la eficiencia de los indicadores de la actividad agroindustrial, en cuanto se fundamenta en los registros de las operaciones reales de campo, cosecha y procesos de fábrica, y en el uso de metodologías de análisis estadístico y financiero adecuadas para la toma de decisiones. El acompañamiento a las empresas en el diseño de muestreo, diseño de experimentos y análisis de información se complementa con la discusión de los resultados, la entrega de informes y las recomendaciones concretas acerca de otros análisis pertinentes para completar la información requerida.

En investigación, además del apoyo institucional para el diseño y el análisis de experimentos, se realizan estudios de síntesis orientados a mejorar la eficiencia y la efectividad de los procesos de investigación de acuerdo con los objetivos definidos en los proyectos coordinados por Cenicaña. En general se busca precisar el conocimiento de los factores que determinan la viabilidad de los productos esperados y la ventaja relativa de ellos con respecto a las tecnologías y prácticas adoptadas a escala comercial.

Como pilar de los servicios de análisis se fortalece continuamente el trabajo en los grupos de estandarización de costos y se publican boletines periódicos con las estadísticas de la producción agroindustrial. Además, se mantiene el propósito de actualizar los modelos de análisis incorporados en el sistema de información para la agricultura específica por sitio disponibles en <www.cenicana.org>, como es el caso del sistema de consultas de la producción comercial, el sistema para el manejo de caña específico por sitio (Simces) y el modelo económico para apoyar las decisiones de renovación de plantaciones (Renova).

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 tecnológico del sector azucarero y mejorar la eficiencia productiva, técnica y económica de los procesos agroindustriales.



Modelos de análisis

Estimación de las TCH en su proyección anual

En la búsqueda de un modelo de análisis que sea útil para estimar de manera anticipada la productividad de los cultivos de caña en un ingenio, en grupos de ingenios o en toda la industria, Cenicaña propone una ecuación de regresión calculada con la base de datos de TCH (toneladas de caña por hectárea) de las suertes cosechadas por doce ingenios entre 1990 y 2007. De esta forma se incursiona en la propuesta de un método estadístico de uso práctico en las condiciones de cultivo en el valle del río Cauca, considerando al menos dos ciclos de producción y cosecha en todos los trimestres.



Cosecha mecanizada en el Ingenio Mayagüez.

Según la metodología de análisis, los resultados iniciales mostraron variaciones entre el promedio anual de TCH y los promedios acumulados en cada trimestre. Las mayores diferencias con respecto al valor anual se encontraron en las comparaciones con el primer trimestre, el segundo y el tercero, en su orden. Se analizaron entonces los promedios trimestrales de TCH para cada par de años consecutivos, sus relaciones y la incidencia de éstas en el promedio acumulado del segundo año.

De acuerdo con las observaciones se planteó la siguiente hipótesis: Si el promedio de las TCH en el primer trimestre del año en curso es mayor o igual que el promedio del cuarto trimestre del año anterior, entonces el promedio del año en curso será mayor o igual al promedio del año anterior. Para el conjunto de datos de la industria, la hipótesis se cumplió en el 88% de los años de observación; los porcentajes por ingenio oscilaron entre 58% y 94.6%.

En el análisis de regresión, la ecuación obtenida mostró diferencias que oscilaron entre 0.1 TCH y 6.9 TCH cuando se compararon la estimación anticipada y los registros reales. Se consideró como variable dependiente el promedio anual de TCH y como variables independientes los promedios del cuarto trimestre del año anterior y el primer trimestre del año en curso.

Utilizando la ecuación de regresión propuesta se estimó el promedio de TCH esperado en 2008 en función de los promedios de TCH en el primer trimestre del mismo año y el cuarto trimestre de 2007. El análisis indicó una producción estimada de 120.7 TCH en promedio en 2008 (Más información sobre el comportamiento comercial del sector en 2008 se encuentra en la página 5).

Con el modelo propuesto, las proyecciones se pueden definir cuando ha transcurrido el 25% del año (primer trimestre) y el 75% del tiempo está disponible para obtener el resultado final (segundo trimestre al cuarto). Así, de acuerdo con los parámetros del análisis, desde el primer trimestre se puede saber si se van a cumplir las metas de producción.

Análisis de productividad y rentabilidad

Comparación de los tonelajes en pruebas regionales y en cultivos comerciales

Con el propósito de estimar el tonelaje de caña por hectárea (TCH) que se puede esperar a escala comercial con las nuevas variedades, se analizaron los datos de la producción comercial entre 1990 y 2007 y los resultados de las variedades cosechadas en los experimentos de pruebas regionales de tres grupos series de selección (82-87, 88-91 y 92-95).

Los parámetros del análisis, seleccionados por su contribución para mejorar el nivel de las comparaciones, correspondieron a los datos de 45 variedades en primer corte (plantilla), 22 zonas agroecológicas y tres grupos de series de selección en experimentos de pruebas regionales. Los grupos de series se conformaron de acuerdo con el diseño de campo y el tamaño de las parcelas experimentales (Figura 25). Para cada variedad de cada grupo de series se estimó el promedio de TCH por zona agroecológica, discriminando los resultados experimentales y los comerciales.

Se encontraron diferencias entre el tonelaje de caña de las variedades en pruebas regionales y el tonelaje de las mismas variedades cosechadas a escala comercial. Las diferencias más pequeñas se observaron con las variedades del grupo de series 92-95, que produjeron 3.5% más TCH en los campos comerciales. Las variedades del grupo de series 88-91 produjeron 17% más tonelaje en las pruebas regionales y las del grupo 82-87 produjeron 31% más en los experimentos respectivos.

Las diferencias en TCH en el grupo de series 92-95 oscilaron entre -3% y 10% (intervalos de confianza de 95%), lo cual significa que si las variedades produjeron 160 TCH en las pruebas regionales, en promedio, se podría esperar que alcancen entre 155 TCH y 176 TCH en campos comerciales.

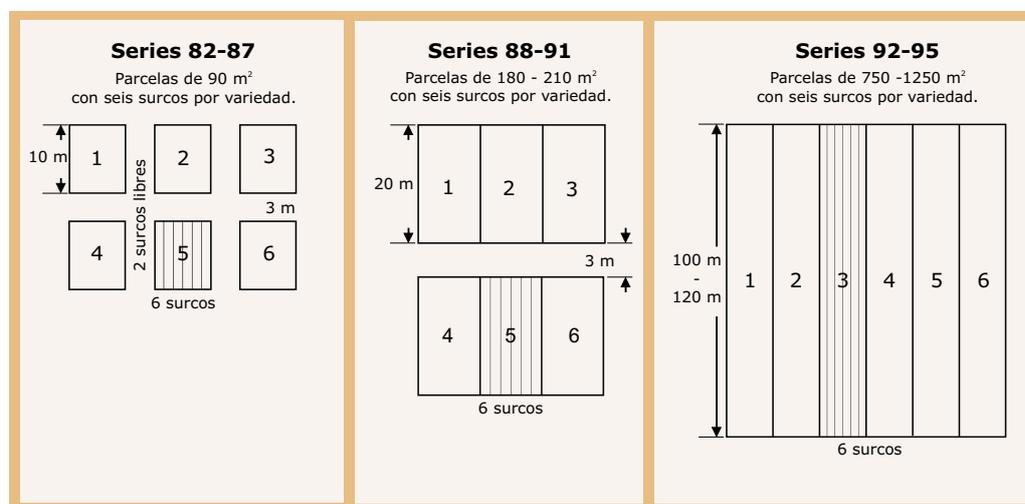


Figura 25. Descripción del diseño de campo de las parcelas experimentales utilizadas en las pruebas regionales de variedades de tres grupos de series de selección: 82-87, 88-91 y 92-95.

Estos resultados indican que en las parcelas experimentales de mayor tamaño (750-1250 m² en las series 92-95) se obtienen tonelajes de caña muy cercanos a los producidos en los campos comerciales. El análisis continuará para evaluar el efecto del tamaño de parcela utilizado en las pruebas regionales en relación con la precisión de los resultados y la confiabilidad de las comparaciones, de acuerdo con los objetivos del programa de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar en la agroindustria colombiana.

Verificación preliminar de indicadores de la gestión de fábrica

En el sistema de intercambio de información entre ingenios del sector, trece plantas de producción de azúcar reportan cada mes a Cenicaña los datos de 42 variables de proceso. Con la misma periodicidad Cenicaña depura, procesa y distribuye esta información a cada uno de los ingenios para su comparación.

Con el fin de obtener nuevos indicadores que resuman la asociación existente entre las 42 variables de proceso se realizó un análisis de componentes principales con datos del periodo comprendido entre enero de 1998 y enero de 2008. Se seleccionaron diez componentes principales que explicaron el 86% de la variación total. De estas componentes se caracterizaron las dos primeras, que explicaron el 40% de la variabilidad total. Finalmente se elaboró un diagrama de dispersión y en el plano cartesiano se clasificaron los ingenios por mes y año según las dos componentes; los resultados muestran la evolución de cada ingenio en relación con él mismo y con el sector en general, información que resulta útil para planificar la producción de azúcar en condiciones diversas. Se validará la consistencia de los indicadores para su uso frecuente en el formato de intercambio de información.

Evaluación económica de la molienda en un ingenio

Con el objetivo de señalar opciones de mejoramiento en el proceso agroindustrial de molienda de la caña de azúcar y en la rentabilidad del negocio azucarero, con los datos de producción comercial de un ingenio en el periodo 2000-2007 se analizaron las utilidades operacionales en función de las variables de producción, productividad, precios y costos, a precios reales de 2007.

Los resultados en este ingenio mostraron que durante el periodo 2000-2007 el valor más alto de caña molida por un día adicional de molienda se obtuvo en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre. En los mismos meses se observó que por cada cien toneladas de caña molida las toneladas de azúcar alcanzaron su mayor valor, y que el porcentaje de tiempo perdido en fábrica afectó los días efectivos de molienda en mayor proporción que el tiempo perdido en cosecha. Los resultados corresponden a la relación de caña molida en función de los días efectivos de molienda y a la relación de la producción de azúcar en función de la caña molida, la sacarosa (% caña) y la recuperación en elaboración.

Otros resultados indicaron que en los primeros seis meses del año y en noviembre y diciembre los días efectivos de molienda se vieron afectados principalmente por el porcentaje de tiempo perdido en cosecha, en comparación con el tiempo perdido en fábrica. Los efectos del tiempo de cosecha en los días efectivos de molienda se duplicaron en los meses de enero, abril, junio y diciembre.

Finalmente, para identificar las oportunidades de mejorar la utilidad operacional en función de las variables económicas y de producción se analizaron ocho escenarios de molienda posibles para el ingenio: (1) Recuperar 41 días efectivos de molienda al año, (2) No moler en diciembre, (3) No moler en mayo, (4) No moler en enero, (5) No moler en abril, (6) No moler 15 días de diciembre ni 15 días de enero, (7) No moler 15 días de diciembre ni 15 días de mayo y (8) No moler 15 días de abril ni 15 días de mayo.

En el análisis se observó que todos los escenarios representan incrementos en la utilidad operacional del ingenio, en un rango entre 30% y 53%, con respecto a la obtenida en el periodo 2000-2007.

Así, con el escenario 1 (recuperar 41 días efectivos de molienda al año) el ingenio podría aumentar en 53% la utilidad operacional. La viabilidad de este escenario se fundamenta en recuperar un promedio de tres días efectivos de molienda por mes de cosecha, lo que implicaría cosechar un promedio de 188 hectáreas adicionales en cada uno de esos meses. Los incrementos esperados decrecieron con los escenarios 8, 6, 7, 2, 4, 5 y 3, en su orden.

Para el análisis se usaron datos básicos de producción, registros pluviométricos, indicadores de fábrica, informes mensuales de gastos por proceso y costos de producción por suerte de caña. Se calcularon las variables económicas de costos de producción y utilidad operacional neta por suerte según tipo de tenencia, mes y año de cosecha, costos fijos y variables y producción de equilibrio por mes y año. Adicionalmente se estimaron las estadísticas descriptivas de las variables de producción, productividad, indicadores de fábrica, costos de producción y utilidades. Se realizó también un análisis de correspondencia múltiple con los datos por suerte y por mes de cosecha. Finalmente, a partir de un análisis de modelos lineales generales se expresó la utilidad operacional en función de las variables mencionadas.

Análisis de correspondencia de la producción de sacarosa y la utilidad operacional en un ingenio

Utilizando la información comercial de las suertes cosechadas en tierras de proveeduría entre 2003 y 2007 por un ingenio, se analizó la contribución de diferentes factores asociados con la producción de sacarosa y el incremento de la utilidad operacional en el negocio azucarero. En este ingenio se identificaron cinco grupos ordenados según el porcentaje de sacarosa (% caña), los cuales pueden ser objeto de diferentes estrategias de intervención por parte del ingenio.

De acuerdo con el análisis de correspondencia múltiple se encontró un grado de asociación entre la distancia suerte-fábrica y la sacarosa; de tal manera las suertes con sacarosa alta y utilidad alta se encuentran a menos de 10 km de la fábrica. Una sacarosa igual o inferior a 13% se obtiene en suertes distantes de la fábrica en más de 30 km, con una utilidad baja para el ingenio.

Con nueve variables seleccionadas se conformaron categorías o grupos y en cada uno se cuantificó el efecto de los factores en la utilidad operacional y se estimó su nivel en términos de kilos de azúcar por tonelada de caña. De forma

complementaria se estimó el efecto de las TCH y la sacarosa en la utilidad operacional, con resultados que muestran un incremento en la utilidad operacional del ingenio equivalente a 6 kilos de azúcar por tonelada de caña en promedio, por cada unidad porcentual de sacarosa adicional. El análisis separado para TCH mostró que por cada tonelada de caña adicional se puede conseguir un incremento de 0.01 kilos de azúcar por tonelada de caña en promedio.

Mediante un análisis de agrupamiento se conformaron cinco grupos de haciendas diferenciados por el contenido de sacarosa (% caña). Cada grupo fue caracterizado según la producción de caña, edades de cosecha, distancia suerte-fábrica, materia extraña, tiempos de permanencia, tipo de contrato y utilidad operacional. Esta información le ayudará al ingenio para establecer estrategias de mejoramiento de la sacarosa diferenciadas por grupos de haciendas.

Otros servicios

En atención a los requerimientos del personal de Cenicaña y de los ingenios y cultivadores donantes del Centro, en 2008 se prestaron servicios de análisis económico y estadístico con diferentes propósitos. Los principales fueron:

Apoyo interno

- Programa de Variedades: Análisis de varianza en la selección de variedades, pruebas semicomerciales, manejo sanitario y manejo integral del salvazo *A. varia*; análisis de varianza y modelo logístico para estimar la probabilidad de infección de una variedad de caña con diferentes métodos de inoculación de raquitismo de la soca; análisis de sendero para la definición de criterios en la selección de variedades en Estado I.
- Programa de Agronomía: Análisis de varianza para comparar el efecto de los residuos de cosecha en el contenido de materia orgánica en el suelo y la producción de caña y sacarosa después de ocho cortes; resultados en manejo de aguas y compactación de suelos; y análisis de regresión en el modelo de producción de caña.
- Programa de Procesos de Fábrica: Análisis de varianza y regresión para cuantificar el impacto de la materia extraña en el proceso agroindustrial, para cuantificar el efecto del sulfato de magnesio, el sulfato de zinc, el ácido fosfórico y el nutriplex en el crecimiento y reproducción de la levadura GRX en una planta de producción de etanol y para cuantificar el efecto de dilución y tiempos de digestión en el análisis directo.

- Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología: Análisis de varianza para validación de prácticas reducidas en el cultivo de la caña de azúcar.
- Superintendencia de la Estación Experimental: Análisis de varianza y regresión para establecer la relación entre el índice de vegetación y la productividad del cultivo.

Apoyo externo

- Diseño de muestreo y análisis de datos de pre cosecha utilizando el CENI-AD para el procesamiento de caña en dos ingenios.
- Cambios en la productividad por incrementos en la edad de cosecha en un ingenio.
- Análisis estadístico de la productividad por zona agroecológica en un ingenio.
- Análisis de correspondencia múltiple para establecer las relaciones entre signos morfológicos asociados con la mortalidad en la cría del parasitoide *Metagonistylum minense* (Diptera: Tachinidae) y uso de modelo logístico para estimar la probabilidad de ocurrencia de un individuo enfermo como función de diferentes signos morfológicos y sus interacciones en un ingenio.
- Soporte estadístico en el área de calidad de un ingenio.

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

El espectro de las actividades de Cenicaña en función de la cooperación técnica y la transferencia de tecnología se conoce por el fortalecimiento de la capacidad institucional para interactuar con los usuarios y beneficiarios de las tecnologías de producción y con los grupos de investigación científica y técnica, así como para intervenir con información de apoyo en la formulación y el desarrollo de políticas sectoriales, regionales y nacionales relacionadas con la actividad agroindustrial en torno del cultivo de la caña de azúcar.

De forma progresiva, el Centro ha institucionalizado un modelo de desarrollo tecnológico con fundamento en los principios de la mercadotecnia social, orientado al mercadeo de tecnologías limpias, eficientes y sostenibles desde el punto de vista ambiental, económico y productivo.

Como parte integral del modelo se desarrollan metodologías de investigación de mercado acerca de los usuarios de la tecnología y el cambio técnico, con el fin de conocer el estado de la innovación tecnológica en un momento dado y la evolución del cambio en un periodo adecuado para el efecto. De esta forma se identifican también necesidades de investigación y desarrollo tecnológico, se documenta el proceso de adopción e innovación de tecnología y se evalúa el impacto de las estrategias de transferencia.

En este informe se presentan los avances de las entrevistas de seguimiento en las unidades productivas de caña de azúcar y el análisis de los resultados en Riopaila Castilla, Incauca y Risaralda. Así mismo, la gestión con los grupos de transferencia de tecnología (GTT), los resultados preliminares de un experimento cooperativo con el Ingenio Manuelita para la validación de prácticas de cultivo reducidas y las novedades con respecto a la producción de material divulgativo.

Para más información sobre los eventos de transferencia de tecnología consulte las páginas 92 a 103 del Anexo.

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.



Investigación de mercado

Seguimiento de la adopción de tecnología agrícola

Durante 2008 continuaron las actividades de seguimiento de la adopción de tecnologías en los sistemas de producción de caña de azúcar a través de entrevistas semiestructuradas con proveedores de caña identificados mediante un muestreo aleatorio simple en la población de productores que han participado en los Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) desde hace más de dos años. También se llevaron a cabo las entrevistas con todos los profesionales que conforman la población de administradores de zona de los ingenios.

Al finalizar el año había concluido la ronda de entrevistas y estaban publicados en <www.cenicana.org> los informes de ocho ingenios que representan más del 70% del área sembrada: Castilla, Incauca, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila y Risaralda. Se realizaron algunas entrevistas con los proveedores del Ingenio Sancarlos, donde se espera concluir el proceso de seguimiento durante 2009.

El análisis concreto acerca de los métodos de riego utilizados por los productores de caña de los ocho ingenios indicados muestra que los eventos de riego se caracterizan por las aplicaciones por surco continuo y surco alterno con acequias y sifones, seguidas por las aplicaciones por surco continuo y el uso de tubería de PVC con ventanas, las aplicaciones por surco alterno y tubería de PVC con ventanas y finalmente las aplicaciones de riego por aspersión.

Con la información suministrada por los proveedores de caña de Riopaila Castilla, Incauca y Risaralda en 2008 acerca de las decisiones de adopción de tecnología, las razones principales que han motivado los cambios tecnológicos y las ventajas de éstos, se hizo el análisis siguiente (Cuadro 11):

- De acuerdo con los resultados, se observan incrementos en el nivel de adopción del balance hídrico para la programación de los riegos, el riego por surcos alternos y la tubería con ventanas, así como de infraestructura de drenaje superficial. Las razones principales para el cambio se refieren a los beneficios obtenidos con el uso del balance hídrico v.3.0 por la disminución del número de riegos (entre uno y tres riegos menos por corte), la reducción de los costos de producción y la mejor organización de la unidad productiva; quienes no usan el balance hídrico manifiestan que desconocen cómo es su manejo. Acerca del uso del riego por surcos alternos se exponen razones como la disponibilidad limitada de agua, la disminución de los costos de producción y la optimización en el uso del recurso hídrico.
- También aumentaron el uso del análisis de suelo para definir el plan de fertilización del cultivo y el envío de muestras al Laboratorio de Química de Cenicaña con ese fin. No obstante estos incrementos, fue notoria la disminución del número de proveedores que utilizan los niveles críticos de nitrógeno, fósforo y potasio definidos en la investigación adelantada por el Centro. La razón más frecuente fue que no utilizan el servicio de laboratorio de Cenicaña y por tanto no reciben las recomendaciones que se entregan junto con los resultados del análisis.

- Por su parte, el nivel de adopción de la fertilización con nitrógeno en una sola aplicación (no fraccionamiento) aumentó en Riopaila Castilla e Incauca, mientras que en Risaralda no hubo cambios importantes. Quienes fraccionan la dosis de nitrógeno expresan que la razón principal para hacerlo es el tipo de suelo que manejan (arenoso) y además, que lo hacen por tradición. Quienes hacen una sola aplicación de nitrógeno afirman que al no fraccionar se disminuyen los costos de producción; también, que conocen acerca de los resultados positivos que se han obtenido en pruebas de validación comercial.
- En cuanto a la distancia entre surcos no se observó una tendencia de cambio definida. Las distancias más usadas son de 1.65 m y 1.75 m. Las razones señalan que con estas distancias se favorece el cultivo durante la cosecha debido a que ocurren menos daños por pisoteo. Quienes usan distancias menores entre surcos afirman que sienten temor de que se pueda disminuir la producción.
- Con respecto al uso de distancias de bandereo para siembra superiores a los 12 metros, se observó una tendencia creciente del porcentaje de proveedores que toma esta decisión. Las razones para ello se refieren a la disminución de los costos de producción debido al uso de menos cantidad de semilla y a la credibilidad en los resultados experimentales. Quienes utilizan distancias menores de 12 m expresan temor a resembrar y a aumentar los costos de producción en ese rubro.

Cuadro 11. Cambios en la adopción de tecnologías en los sistemas de producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca. Porcentaje de proveedores de caña que afirmaron estar usando las tecnologías en cada momento. Resultados de entrevistas con 600 proveedores de caña que asisten al programa GTT en cuatro ingenios.

Tecnología	Cambios en la adopción de tecnologías según el porcentaje de proveedores de caña que las usan								
	Castilla		Riopaila		Incauca		Risaralda		
	2003	2008	2004	2008	2003	2008	2001	2003	2008
Manejo de aguas (riego y drenaje)									
Balance hídrico	7	19	8	16	7	20	3	8	21
Riego por surcos alternos	48	53	30	55	35	51	2	2	35
Tubería con ventanas	10	25	15	35	8	19	13	12	11
Drenaje superficial	43	76	68	89	43	88	33	50	76
Fertilización									
Análisis de suelos ¹	77	84	74	84	58	73	72	91	96
Laboratorio de Química de Cenicaña ²	48	52	18	15	18	45	39	50	87
Niveles críticos determinados por Cenicaña ¹	40	33	48	16	20	18	20	75	33
Nitrógeno una aplicación (no fraccionamiento)	49	60	55	71	21	33	17	17	12
Densidad de siembra									
Distancia de 1.65 m entre surcos	3	9	10	26	7	27	2	30	76
Distancia de 1.75 m entre surcos	4	18	25	16	2	8	0	31	6
Distancia de bandereo ≥12 m (siembra)	28	32	32	10	22	27	14	20	35

1. Proporciona información sobre los contenidos de elementos menores y mayores en el suelo (determinados en laboratorio) y los requerimientos de nutrimentos para el cultivo de la caña de azúcar en los suelos del valle del río Cauca (niveles críticos).
 2. Se refiere al uso del servicio de análisis de suelos que presta Cenicaña a los cultivadores donantes del Centro.

Programas de transferencia y capacitación

Red de grupos de transferencia de tecnología (GTT)

El objetivo de la Red GTT es impulsar la innovación tecnológica en los sistemas de producción de caña de azúcar en el valle del río Cauca, siguiendo el enfoque de la agricultura específica por sitio.



Día de campo sobre variedades. GTT, Ingenio Mayagüez.



Día de campo sobre plagas. GTT, Ingenio La Cabaña.



Día de campo sobre fertilización. GTT, Ingenio Manuelita.

Para el efecto, Cenicaña coordina actividades grupales de transferencia de conocimiento, a través de las cuales se busca facilitar el intercambio de información y la discusión de experiencias acerca de las mejores prácticas —aquellas que por su naturaleza técnica y administrativa son sinónimo de sostenibilidad, calidad y respeto ambiental— con el fin de que sean objeto de análisis en las decisiones de innovación tecnológica en las unidades productivas.

Con el Ingenio Risaralda, en 2001 se empezó a configurar la metodología de operación de los primeros GTT, experiencia que tuvo resultados de efecto multiplicador que se evidencian con las actividades en 2008, cuando se adelantaron entrevistas de seguimiento en Risaralda y en otros ocho ingenios vinculados con la red durante el periodo 2002-2004. Dos ingenios más, donde se comenzaron las actividades en 2006, hacen parte de la red GTT que actualmente reúne a 927 cañicultores (80% del total) y a 95 profesionales de campo, cosecha, fábrica y administración de once ingenios azucareros (cinco con producción dual de azúcar y etanol), así como a 27 profesionales de los programas de investigación y los servicios asociados de Cenicaña.

Un total de 112 cañicultores innovadores han presentado formalmente sus experiencias, con datos y documentación de respaldo que se publican en <www.cenicana.org> después de cada evento, junto con las presentaciones del investigador de Cenicaña y el profesional encargado del tema respectivo en cada ingenio.

Así, hasta diciembre de 2008 se suman 455 eventos documentados, entre ellos 293 días de campo, 104 conferencias, 53 cursos-taller y cinco giras técnicas.

En el último año diez cultivadores innovadores participaron en el programa. Se llevaron a cabo 46 eventos con énfasis en ocho temas: Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica a partir del estudio detallado de suelos; alternativas de fertilización y nutrición; avances de la investigación en variedades de caña de azúcar; control de calidad de las labores de campo; manejo y prácticas de cultivo en condiciones de exceso de humedad; cosecha y transporte de caña; avances e investigación en manejo de aguas; diseño, adecuación y preparación de suelos.

De acuerdo con las entrevistas de seguimiento del cambio tecnológico realizadas en ocho ingenios (ver página 72), el 98.3% de los proveedores de caña que participan en la red GTT y el 100% de los administradores de zona de los ingenios manifestaron su satisfacción con la estrategia de transferencia de tecnología y con el programa de eventos. Las razones principales expresadas por los beneficiarios se refieren al aumento del nivel de aprendizaje y la actualización de la información recibida. Manejo de aguas de riego, nutrición y fertilización y variedades de caña de azúcar fueron los temas de mayor interés por ser novedosos, actuales y aplicables.

Validación de tecnología

Prácticas reducidas en el cultivo de la caña de azúcar

Este experimento cooperativo de validación de prácticas reducidas fue sembrado en febrero de 2007 con la variedad CC 93-3895 en la suerte 31 de la hacienda Santanita del Ingenio Manuelita, en un suelo Manuelita (Fluventic Haplustolls) de la familia francosa fina, zona agroecológica 11H0. La plantilla se cosechó en marzo de 2008 a la edad de 12.9 meses.

El objetivo del experimento es evaluar sistemas de producción de caña de azúcar con prácticas reducidas en comparación con el sistema utilizado en el ingenio, a fin de identificar alternativas de menores costos y mayor utilidad operacional.

Se evalúan siete tratamientos durante tres cortes. En el tratamiento T1 o testigo, todas las labores corresponden al manejo convencional dado por el ingenio; en los tratamientos T2 a T6 se alterna una labor convencional con las demás labores reducidas y en el T7 todas las labores son reducidas. Las variables analizadas están asociadas con labores de preparación de suelos, distancia de bandereo para siembra, frecuencia de aplicación de riego mediante la programación por balance hídrico, control de malezas y fertilización. Según el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento, se tienen 21 parcelas de 3150 m² cada una.

De acuerdo con los registros de la plantilla, se observan oportunidades para reducir los costos de producción con los tratamientos que incluyen prácticas reducidas, mediante la disminución de los costos de cada labor (\$/ha) (Cuadro 12).

El análisis de los datos indica que los costos de la fertilización disminuyeron en 29% en promedio cuando se aplicaron las fuentes y dosis de las recomendaciones reducidas (80 kg/ha y 7.5 kg/ha de N y Fe en una aplicación), en comparación con las aplicaciones formuladas por el ingenio.

Con respecto a las labores de labranza, la diferencia fue de 28% a favor de la labranza reducida (cuatro labores). En riego, los cálculos del balance hídrico con los factores reducidos mostraron oportunidades de bajar los costos de la labor entre 14% y 34%; en promedio, las diferencias entre el riego reducido y el convencional fueron de 26%. Finalmente, los márgenes de oportunidad más estrechos se registraron al comparar los costos de la siembra con bandereo de 14 m (15% menos \$/ha que en la siembra a 12 m) y el control de malezas reducido (-14% que el control convencional).

En las parcelas experimentales donde se hizo el manejo convencional del ingenio (T1) se consiguieron los mejores índices de productividad con la variedad CC 93-3895: 149 toneladas de caña por hectárea y 13.6% de rendimiento en azúcar; el promedio de los costos de producción por tonelada de caña en estas parcelas fue 20% más alto que el registrado en las parcelas donde se hicieron todas las prácticas reducidas (T7), de forma que la rentabilidad fue 11% más baja en términos del ingreso neto por hectárea percibido por el ingenio.

Con el tratamiento T2, fertilización convencional y todo lo demás reducido, se obtuvieron los valores más altos de rendimiento en azúcar (%) y de ingresos netos por hectárea y por tonelada de caña. A partir de estos resultados el Ingenio Manuelita decidió continuar la validación comercial de este sistema en otros campos de cultivo.

Los resultados son preliminares y el experimento seguirá por dos cortes. No obstante, en función de la metodología de validación se debe revisar la pertinencia de los indicadores de productividad y rentabilidad y su importancia relativa en el análisis de las oportunidades que ofrece el cambio tecnológico. De esta manera se espera identificar los indicadores clave para sustentar con buen nivel de confianza las decisiones de innovación derivadas del proceso de validación de prácticas reducidas en el cultivo de la caña de azúcar.

Cuadro 12. Costos relativos de las labores realizadas en la plantilla de siete tratamientos evaluados en el experimento de validación de prácticas reducidas sembrado con la variedad CC 93-3895 en la hacienda Santanita del Ingenio Manuelita (febrero 2007–marzo 2008).

Número de tratamiento y su descripción ¹	Diferencia porcentual de los costos de cada labor con respecto al tratamiento T1 (% , \$/ha)				
	Labranza	Siembra	Fertilización	Control de malezas	Riego
T1. Todas las prácticas convencionales	100	100	100	100	100
T2. Fertilización convencional y lo demás reducido	-28	-15	0	-14	-32
T3. Control de malezas convencional y lo demás reducido	-28	-15	-29	0	-34
T4. Riego convencional y lo demás reducido	-28	-15	-29	-14	-14
T5. Distancia de siembra convencional y lo demás reducido	-28	0	-29	-14	-29
T6. Labranza convencional y lo demás reducido	0	-15	-29	-14	-19
T7. Todas las prácticas reducidas	-28	-15	-29	-14	-28

1. Prácticas convencionales: Labranza convencional de seis labores, bandereo 12 m, control malezas químico con fórmula del ingenio, programación de riego con balance hídrico K:0.3 y K:0.7, fertilización con dosis de 2000 lt/ha de vinaza y 80 kg/ha de N en una aplicación. Prácticas reducidas: Labranza reducida de cuatro labores, bandereo 14 m, control de malezas químico con fórmula reducida, programación de riego reducida (menor frecuencia), fertilización con dosis de 80 kg/ha y 7.5 kg/ha de N y Fe en una aplicación.

Producción de material divulgativo

Publicaciones impresas

En 2008 se editaron ocho publicaciones de contenido técnico que fueron distribuidas en su versión impresa a los cultivadores de caña y a las personas que integran las juntas directivas y las áreas de campo, cosecha, fábrica y administración de los ingenios azucareros donantes de Cenicaña y las instituciones del sector; así mismo, se mantuvo el canje de publicaciones con distintas bibliotecas institucionales.

Los números de las colecciones seriadas se enviaron a 65 municipios y corregimientos de 19 departamentos de Colombia y a 59 ciudades de 32 países, al tiempo que fueron publicados los textos completos en <www.cenicana.org>.

También se divulgó información técnica en la Revista Procaña y la Revista Tecnicaña y se suministró información institucional a la Revista Acción editada por la Cámara de Comercio de Cali.

Ayudas audiovisuales

Se actualizó el video institucional de Cenicaña que puede ser visto en el sitio web en sus versiones en español e inglés.

En cooperación con el programa Agropacífico, producido y emitido por el canal regional de televisión Tele Pacífico, se divulgó información completa y precisa acerca del enfoque de la agricultura específica por sitio en el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca, el manejo de las aguas de riego y el proceso de obtención de variedades mejoradas.

Se elaboró el diagrama de la producción de etanol, complemento de los diagramas animados que se encuentran publicados en el sitio web institucional acerca de los procesos de producción de azúcar crudo, blanco y refinado.

Administración del sitio web de Cenicaña

Durante el año 2008 se actualizó continuamente la información técnica disponible en <www.cenicana.org> mediante la publicación de nuevos contenidos, la implementación de nuevos servicios y el mantenimiento y rediseño de los servicios existentes.

En las novedades se destaca la nueva estructura de las páginas temáticas presentadas por el Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña, ordenada con base en las líneas de investigación y la configuración de los servicios de información asociados. Es así como se están publicando las memorias de los eventos de capacitación coordinados por el programa, la descripción de los proyectos en marcha, documentación y publicaciones de referencia en distintas disciplinas de conocimiento, descripción de la Plataforma de Servicios de Fábrica de Cenicaña y enlaces de interés. De acuerdo con los objetivos del programa de investigación, se identificaron los primeros requerimientos para el desarrollo de un modelo de observatorio tecnológico que facilite la interacción del usuario con las bases de datos y la información más confiable disponible en cada tema.

Con respecto a las herramientas del sistema de información aeps, en 2008 se elaboraron las interfaces del usuario del sistema experto de fertilización y se avanzó en la edición de las interfaces de la nueva versión del Servidor de Mapas, en la cual se ha incorporado progresivamente documentación más precisa de los mapas temáticos de suelos por suerte de caña, con base en los estudios detallados de suelos, la cuarta aproximación de la zonificación agroecológica, las áreas de restricción de quemas y el monitoreo del cultivo mediante percepción remota. Con las herramientas aeps se ofrece al sector productivo de la caña de azúcar el acceso a distintas fuentes de datos sistematizados y validados con el fin de apoyar la toma de decisiones en el manejo del cultivo y en las iniciativas de innovación tecnológica.

Hacia principios del año se publicaron las páginas de acceso público en idioma inglés y se comenzaron a divulgar las novedades de libros disponibles en la biblioteca de Cenicaña. Finalmente, en diciembre se puso a disposición de los clientes externos del Centro el sistema de gestión de sugerencias, quejas, reclamos y felicitaciones, con la coordinación del Grupo de Respuesta al Cliente asignado en el marco del sistema integrado de gestión de la calidad ISO 9001-2000.

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 frecuentes y consultorio tecnológico.

El registro de claves de acceso a los servicios de información en web por parte de los donantes de Cenicaña muestra que la comunidad de usuarios asciende a 755 personas, de las cuales 462 son personas naturales o representantes de las empresas proveedoras de caña (40% de los usuarios) y 293 son representantes de los ingenios y las instituciones del sector.

Servicio de Tecnología Informática

La consolidación de la base de datos institucional se ha logrado con el apoyo permanente de los ingenios azucareros y los cultivadores de caña, a través de la instalación y el mantenimiento de las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada y el suministro sistemático y ordenado de datos sobre la producción comercial, la cartografía básica de las suertes y la Red de Pluviómetros. En 2008 se cumplió la meta de recibir en los informes mensuales de producción los datos asociados sobre el sistema de cosecha, el tipo de cosecha y la distancia en kilómetros desde la suerte hasta la fábrica.

Como un complemento fundamental de la base de datos institucional se avanzó en el desarrollo de software basado en web para el registro de los datos generados en los procesos de investigación en variedades y agronomía y la consulta de información relacionada. Así mismo, se concluyó el desarrollo de la nueva versión del sistema experto de fertilización.

Otras actividades consistieron en el soporte técnico a los usuarios de la red interna y los usuarios del software desarrollado por Cenicaña, el mantenimiento de software aplicativo y la administración de la base de datos institucional.

Con el fin de brindar una mayor velocidad de respuesta de las aplicaciones institucionales y para garantizar la continuidad de la plataforma de tecnología informática necesaria en los procesos de investigación y servicios de Cenicaña, se modernizó la infraestructura de servidores corporativos con equipos de mejores características tecnológicas y se implementaron procedimientos de seguridad para la protección de la información electrónica. De igual forma se cumplió el plan de mantenimiento preventivo de los equipos de cómputo.

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.

El desarrollo de servicios de tecnología informática es una fortaleza de Cenicaña.



Servicio de Información y Documentación

Creado en 1978, el Servicio de Información y Documentación de la Caña de Azúcar de Colombia cuenta hoy con más de 35 mil registros bibliográficos agrupados en seis colecciones y presta servicios al público en general a través de internet y en la sala de lectura de la Biblioteca Guillermo Ramos Núñez ubicada en la Estación Experimental de Cenicaña en San Antonio de los Caballeros.

Las colecciones son: caña de azúcar, compuesta por documentos en temas relacionados con el cultivo y su aprovechamiento industrial para la producción de azúcar, etanol y biocombustibles que representan el 87% de los documentos disponibles en la biblioteca; la colección general, en temas de agricultura, biología, química, entomología, biotecnología, suelos y aguas, entre otros; la hemeroteca, conformada por 693 títulos de revistas; y las colecciones de mapas, referencia, restringida y comité cultural.

Para la atención de los usuarios se tienen servicios digitales que se actualizan permanentemente en <www.cenicana.org> como el catálogo en línea y los boletines de novedades acerca de los documentos producidos por Cenicaña, las tablas de contenido de revistas y las memorias de eventos. Al finalizar 2008 el catálogo en línea tenía 34,652 referencias bibliográficas y 462 documentos electrónicos en texto completo.

De acuerdo con las solicitudes de los usuarios se hacen envíos de documentos electrónicos y búsquedas en otras bases de datos disponibles en internet y en discos compactos. En 2008 se atendieron 476 consultas a través del correo electrónico y se enviaron 127 documentos en archivo de documento portátil (PDF).

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 documentación bibliográfica.

Servicios a la comunidad en la Biblioteca Guillermo Ramos Núñez de Cenicaña.



Otros servicios incluyen el envío de fotocopias al público en general y la divulgación de información mediante los boletines publicados en web, el canje de publicaciones, la circulación de páginas de contenido y publicaciones al personal de Cenicaña y la distribución de las publicaciones editadas por el Centro a los usuarios nacionales y de otros países.

Se realizan préstamos interbibliotecarios y se prestan servicios de referencia para la localización de información y documentación en las colecciones propias y de otras instituciones de información nacional e internacional y servicios de bibliografías especializadas que resultan de una búsqueda específica y se entregan al solicitante para su consulta y usos posteriores. Así mismo, para los donantes de Cenicaña y los usuarios internos se tiene el servicio de adquisiciones de material bibliográfico que consiste en la compra de documentos en diferentes formatos en áreas de interés para el sector azucarero.

En la sala de lectura de la biblioteca se atiende permanentemente a distintos usuarios de la comunidad en general, principalmente estudiantes universitarios de la región y estudiantes de primaria, bachillerato y formación técnica de las poblaciones vecinas, quienes a través del servicio pueden realizar consultas en internet, tener acceso a las colecciones de la biblioteca y obtener fotocopias o archivos electrónicos de los documentos de interés. Desde que fue puesta a disposición del público en 1982, en la sala de lectura se ha atendido a más de 60 mil usuarios, de los cuales 2859 lo fueron en 2008.

En el Cuadro 13 se presentan las estadísticas del servicio. Los proyectos destacados durante 2008 se resumen a continuación.

Cuadro 13. Estadísticas del servicio de información y documentación en 2008.

Adquisiciones	
Documentos recibidos	
Colección caña	157
Colección general	119
Revistas	624
Otras colecciones	13
Total en 2008	913
Registro	
Colección caña	
Base de datos caña	561
Total general	30,253
Colección general	
Base de datos libros	70
Total general	4394
Hemeroteca	
Publicaciones periódicas	3
Total general	687
Análisis	
Revistas registradas	624
Analíticas de revistas	331
Fichas elaboradas	381
Servicios a los usuarios	
Usuarios atendidos en sala	2859
Consultas vía correo electrónico	476
Total en 2008	3335
Préstamos	
En sala de lectura	2066
A domicilio	2122
Total en 2008	4188
Distribuidos así: Revistas	1817
Documentos	1744
Equipos	627
Divulgación de información	
Páginas fotocopiadas	1727
Usuarios que las solicitaron	33
Documentos electrónicos	127
Publicaciones donadas	222
Distribución de publicaciones seriadas	
Páginas de contenido internas	22
Carta Trimestral	2
Serie Técnica	1
Informe Anual	1
Serie de Procesos Industriales	1

Glosario y Tesauro

Con el objetivo de unificar los conceptos de los términos más usados en el ámbito azucarero y conocer sus interrelaciones para facilitar así la comunicación técnica y científica entre los usuarios de la información, durante 2008 Cenicaña avanzó en el desarrollo del Glosario y Tesauro de la Agroindustria de la Caña de Azúcar de Colombia que será publicado en el sitio web institucional (Figura 27).



Figura 27. Ventana típica del Glosario y Tesauro.

El componente del glosario ayuda a clarificar conceptos mientras que el tesauro es una herramienta útil para el análisis de información y la descripción de documentos y objetos digitales mediante los términos normalizados.

Hasta finales del año se habían recopilado 1412 términos con sus definiciones, de los cuales 466 fueron validados con los investigadores de Cenicaña en cada tema. Con base en los términos validados y las relaciones definidas entre ellos se diseñó y desarrolló una aplicación basada en web que fue publicada en la red interna del Centro para las pruebas de operatividad correspondientes.

El Glosario y Tesauro permite hacer búsquedas simples por palabra, así como búsquedas alfabéticas y por área o especialidad. Como mecanismo de actualización permanente, la aplicación ofrece a los usuarios la posibilidad de sugerir la inclusión de términos nuevos y la corrección o el afinamiento de las definiciones y las relaciones establecidas.

Este proyecto continuará con la recopilación sistemática de nuevos términos, su validación y posterior inclusión en la base de datos del sistema. En 2009 se publicará en <www.cenicaña.org> el Glosario y Tesauro con los términos validados hasta el momento.

Redes de información

Cenicaña participa en proyectos de cooperación interinstitucional para el fortalecimiento de las unidades de información del sector agropecuario en la región y el país. Así, por ejemplo, en el último año se compartieron recursos de información con el Sistema de Información Agropecuario del Valle del Cauca (Sisav).

También se tuvo una representación activa en la Red de Información en Ciencia y Tecnología Agrícola y Afines en Colombia, iniciativa coordinada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y que ha contando con el apoyo técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). En 2008, la Red elaboró el directorio de las unidades de información del sector agropecuario colombiano y formuló el proyecto "Estrategia de disponibilidad y acceso a la información agraria para la innovación y el desarrollo productivo y competitivo en Colombia".



Estación meteorológica automatizada y estación convencional en la Estación Experimental de Cenicaña.

Superintendencia de la Estación Experimental

Durante 2008 se llevaron a cabo actividades permanentes relacionadas con la superintendencia de la Estación Experimental como el mantenimiento de la infraestructura de campo e invernaderos, el mantenimiento de equipos y maquinaria, la conservación de zonas verdes y la prestación de servicios de personal de campo para atender las demandas de la investigación.

Como parte de los servicios de apoyo para contar con equipos funcionales y sistemas de información confiables se continuaron las tareas relacionadas con la administración de la Red Meteorológica Automatizada (RMA), la Red de Monitoreo de Material Particulado PM-10 y el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la agroindustria azucarera colombiana, al tiempo que se siguieron recopilando los datos de la Red de Pluviómetros de los ingenios. Con iguales propósitos se avanzó en el desarrollo de sistemas automatizados de adquisición de datos y generación de mapas en tiempo real mediante la instrumentación de equipos y el uso del SIG.

Se destacan también los resultados preliminares del proyecto “Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar por medio de la percepción remota” y el desarrollo de aplicaciones de geomática integradas al SIG para la programación y el seguimiento de las labores agrícolas (ver página 19), aspectos que han contribuido además a innovar los servicios del Servidor de Mapas disponible en <www.cenicana.org>.

Otras actividades de relevancia se presentan a continuación.

Información para proyectos de riego y drenaje: Programa Agro, Ingreso Seguro

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural abrió en 2008 la Convocatoria pública de riego y drenaje del Programa Agro, Ingreso Seguro (AIS), a través de la cual el Ministerio apoya proyectos de riego predial para el manejo del recurso hídrico y proyectos de construcción y rehabilitación de distritos de riego mediante recursos de cofinanciación.

Sensor de viento que proporciona información útil para la toma de decisiones de cosecha.

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.



En los términos de referencia aparece el requisito de presentar para cada zona donde se proponga desarrollar un proyecto, la información climatológica básica mensual multianual, consistente en los datos medios y/o extremos de temperatura del aire (mínima, media, máxima, oscilación diaria), humedad relativa, precipitación atmosférica, evaporación y/o evapotranspiración, radiación solar, velocidad media del viento, velocidad máxima del viento (ráfaga) y dirección de los vientos predominantes. De igual forma, se debe presentar información climatológica decadal (para periodos de 10 días, 36 décadas en el año) de las variables atmosféricas que intervienen en el balance hídrico: precipitación, evaporación y/o evapotranspiración.

Para apoyar a los ingenios azucareros y los cultivadores de caña de azúcar del valle del río Cauca que presentaron más de cien proyectos en la convocatoria, Cenicaña preparó la información climatológica para veintinueve estaciones de la RMA, suministró información de los estudios detallado de suelos y prestó el servicio de impresión de mapas a color en diferentes escalas.

Mantenimiento de la RMA y la Red PM-10

De manera programada y por tercer año consecutivo se llevaron a cabo dos mantenimientos preventivos a las 34 estaciones de la RMA y las cinco estaciones de la Red de Monitoreo de Material Particulado PM-10. Esta actividad permitió la operación continua de las estaciones de la RMA durante 2008, con excepción de la estación Palmira-San José que estuvo fuera de servicio en enero.

En el segundo semestre se revisaron los equipos portátiles de viento que utilizan los frentes de cosecha de los ingenios y se actualizó el programa de computador de consulta para la realización de quemas agrícolas controladas con la incorporación de la última versión cartográfica entregada por los ingenios a Cenicaña. De forma progresiva se ajustan la frecuencia de calibración y la clase de mantenimiento que requieren los equipos, con el fin de mantener operativas las redes, capturar datos precisos y disminuir los costos operativos.

Actividades de capacitación

Se adelantó un plan de capacitación semestral para los ingenios y las corporaciones ambientales en aspectos del uso de la meteorología y de la información disponible en el sistema de información en <www.cenicana.org>.

Laboratorios de Análisis

Laboratorio de Fitopatología

Durante 2008 se evaluaron 952 muestras de semilleros y cultivos comerciales de caña de azúcar para el diagnóstico de patógenos, en atención a las solicitudes de ingenios y proveedores de caña. La incidencia de raquitismo de la socas (RSD) en las muestras fue de 0.0% en promedio y la incidencia de escaldadura de la hoja (LSD), de 0.3%. La variedad CC 85-92 presentó una incidencia de LSD igual a 0.4% en promedio. Durante este año, debido a la falta de antisuero no se evaluaron muestras para el diagnóstico del virus de la hoja amarilla (SCYLV); la obtención del antisuero está en proceso.

Laboratorio de Química

En total se efectuaron 26,356 análisis de muestras remitidas por los programas de investigación y los servicios asociados de Cenicaña, los ingenios azucareros y los cultivadores de caña, así: 21,756 muestras de caña, 1310 muestras de suelo para análisis químico y físico, 2125 muestras de tejido foliar y 1165 muestras de distintos materiales para análisis especiales de azúcares reductores, polisacáridos, fenoles, dextranas, almidones, amino-nitrogenados, fosfatos, HPLC y materia extraña.

En el Laboratorio de Fitopatología se presta el servicio de diagnóstico de enfermedades en muestras de semilleros y lotes comerciales.

Laboratorios

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.





GTT, Ingenio Mayagüez.



GTT, Ingenio Pichichí.



GTT, Ingenio Carmelita



IX Taller de Fitopatología y VI Taller de Biotecnología de la ISSCT.
Estación Experimental de Cenicaña.



pág.

Anexo

- | | |
|-----|---|
| 90 | I. Resumen comparativo del clima en el valle del río Cauca. Red Meteorológica Automatizada (1994-2008) |
| 92 | II. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica |
| 95 | III. Actividades de comunicación técnica, transferencia de tecnología y capacitación |
| 101 | IV. Atención de estudiantes, investigadores, técnicos y productores agropecuarios en la Estación Experimental |
| 104 | V. Participación del personal en actividades de inducción, intercambio y capacitación |
| 106 | VI. Convenios interinstitucionales vigentes |
| 107 | VII. Capital humano |
| 107 | VIII. Programa jóvenes investigadores |
| 108 | IX. Personal profesional |

I. Resumen comparativo del clima en el valle del río Cauca. Red Meteorológica Automatizada (1994-2008)

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
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
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	18.6	18.8

Temperatura media (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años más cálidos			
1998	24.3	23.0	23.6
1997	23.1	23.8	23.5
2002	23.3	23.5	23.4
Años intermedios			
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	23.0	23.1

Temperatura máxima media (°C)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años de mayores temperaturas máximas medias			
1998	30.8	29.3	30.1
1997	30.8	30.8	30.0
2002	29.8	30.2	30.0
Años intermedios			
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	29.7	29.5	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
2008	35.2	38.5	38.5
1998	37.6	38.3	38.3
Años intermedios			
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			
2002	10.9	11.4	11.2
1997	10.2	12.1	11.1
2004	11.1	11.1	11.1
Años intermedios			
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	10.9	10.8

Continúa

Humedad relativa del aire (%)				Precipitación (mm)				Radiación solar (cal/cm ² /día)			
Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual	Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual	Periodo	Sem. 1	Sem. 2	Anual
Años más secos				Años más lluviosos				Años de mayores radiaciones			
2000	88	86	87	2008	960	704	1664	1994	425	433	429
1999	87	86	86	1999	820	633	1453	1995	430	417	423
2001	86	84	85	1996	906	530	1436	1997	417	429	423
Años intermedios				Años intermedios				Años intermedios			
1998	83	84	84	2007	697	731	1428	2002	413	429	421
1996	85	82	84	1994	821	565	1386	2001	421	419	420
2002	85	80	82	2000	841	538	1380	2007	424	413	419
1995	81	83	82	2006	744	531	1276	2003	426	410	418
1997	84	78	81	1998	655	576	1231	1996	410	421	416
2008	81	81	81	1997	774	421	1196	2006	407	422	415
2003	80	81	81	2003	550	604	1153	1998	416	403	410
2004	80	80	80	2002	602	535	1137	2004	413	403	408
1994	82	78	80	1995	521	582	1103	2005	392	424	408
Años más húmedos				Años menos lluviosos				Años de menores radiaciones			
2007	79	80	79	2005	543	544	1086	2008	412	394	403
2005	81	78	79	2004	461	559	1020	1999	404	402	403
2006	80	76	78	2001	527	458	985	2000	389	397	393
Clima	83	81	82	Clima	695	567	1262	Clima	413	414	414

Variable	Año 2007			Año 2008			Clima 1994-2008		
	Sem. 1	Sem. 2	Año	Sem. 1	Sem. 2	Año	Sem. 1	Sem. 2	Año
Temperatura mínima absoluta (°C)	13.4	13.6	13.4	14.4	14.2	14.2	12.8	12.6	12.6
Temperatura mínima media (°C)	19.1	18.5	18.8	18.7	18.5	18.7	19.0	18.6	18.8
Temperatura media del aire (°C)	23.4	22.8	23.1	22.7	22.7	22.7	23.1	23.0	23.1
Temperatura máxima media (°C)	30.2	29.4	29.8	29.3	29.2	29.3	29.7	29.5	29.6
Temperatura máxima absoluta (°C)	36.8	37.9	37.9	35.2	38.5	38.5	37.7	39.2	39.2
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	11.1	10.9	11.0	10.7	10.6	10.6	10.6	10.9	10.8
Humedad relativa media (%)	79	80	79	81	81	81	83	81	82
Precipitación mínima en un mes (mm)	31	55	31	104	71	71	80	52	52
Precipitación máxima en un mes (mm)	232	215	232	226	162	226	170	143	170
Precipitación total (mm)	697	731	1428	960	704	1664	695	567	1262
Radiación solar media diaria (cal/cm²xdía)	424	413	419	412	394	403	413	414	414

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 Cenicaña como parte de sus actividades en la institución y que fueron registrados en la base de datos bibliográfica durante 2008. 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 Cenicaña o mediante la solicitud de envío de fotocopias o archivos electrónicos.

Agronomía

Cruz Valderrama, R.; Torres, J.S.; Besosa T., R. y Rojas L., R. 2008. **Resultados preliminares acerca de la función de respuesta de la caña de azúcar al agua.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 12-16.

Agricultura específica por sitio

Isaacs Echeverry, C.H.; Victoria Kafure, J.I.; Arce, C.A. y López Zúñiga, L.O. 2008. **Agricultura específica por sitio. Tercera fase. Informe técnico final.** Contrato Colciencias-Cenicaña. Código: 2214-07-17409. CENICAÑA, Cali, Colombia. 138 p.

Quintero Durán, R.; García Sánchez, A.; Cortés Lombana, A.; Muñoz Arboleda, F.; Torres, J.S.; Carbonell González, J. y Osorio, C.A. 2008. **Grupos homogéneos de suelos del área dedicada al cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (segunda aproximación).** Cenicaña, Cali, Colombia. 106 p. (Serie Técnica no.37)

Biotecnología

Bonilla Betancourt, M.L. 2008. **Transformación genética de la caña de azúcar. *Sacharum spp.* mediante *Agrobacterium tumefaciens.*** Cenicaña, Cali, Colombia. 18 p.

Cardona Giraldo, L.M. 2008. **Variabilidad de la roya (*Puccinia melanocephala*) presente en cultivos de caña de azúcar por medio de técnicas moleculares. Informe final.** Contrato joven investigador Colciencias-Cenicaña. Cenicaña, Cali, Colombia. 26 p.

Espinosa Piedrahita, K. 2008. **Identificación molecular de las variedades de caña de azúcar del banco de germoplasma de Cenicaña usando microsatélites. Informe de avance.** Cenicaña, Cali, Colombia. 42 p. (Documento de Trabajo no.626)

Coproductos y derivados

Gil Zapata, N.J. 2007. **Acontic acid from sugarcane: production and industrial application.** Tesis Ph.D. Louisiana State, University and Agricultural and Mechanical College. Interdepartmental Program in Engineering Science. Baton Rouge, Estado Unidos. 164 p.

Estadísticas de producción y análisis económico

Palma Zamora, A.E. 2008. **Correspondencia entre el promedio anual de las toneladas de caña por hectárea y los promedios trimestrales.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 27-31.

Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L. y Cortés Betancourt, E. 2008. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca durante 2007.** Cenicaña, Cali, Colombia. 30 p. (Documento de Trabajo no.625)

Palma Zamora, A.E.; Calero Salazar, L.M. y Cortés Betancourt, E. 2008. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca entre enero y marzo de 2008.** Cenicaña, Cali, Colombia. 14 p. (Documento de Trabajo no.635)

Palma Zamora, A.E.; Calero salazar, L.M.; Cortés Betancourt, E. 2008. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca primer semestre de 2008.** Cenicaña, Cali, Colombia. 14 p. (Documento de Trabajo no.642)

Geomática

Murillo Sandoval, P.J.; Osorio Murillo, C.A. y Carbonell González, J. 2008. **Monitoreo del cultivo de la caña de azúcar por medio de la percepción remota. Primer informe de avance técnico.** Proyecto 2214-405-20288. Contrato Colciencias-Cenicaña. Cenicaña, Cali, Colombia. 15 p.

Herramientas de información

Ávila Echavarría, J.D. 2008. **Glosario-tesauro de la industria azucarera colombiana: Antecedentes, naturaleza y metodología. Informe final estudiante en práctica.** Cenicaña; Universidad de Antioquia, Escuela Interamericana de Bibliotecología, Cali, Cenicaña. 161 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali 2008. Cenicaña. **Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de Colombia. Video institucional.** Cenicaña; Huella Comunicaciones. Cali, Colombia. 1 DVD.

Carrillo Camacho, V.E. y Silva, H.F. 2008. **Novedades editoriales y en web.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 6-8.

Informes de gestión

Amaya Estévez, A. 2008. **Informe de gestión del Director General a la Sala General. A diciembre 31 de 2007.** Cenicaña, Cali, Colombia. 9 p. (Documento de Trabajo no.623).

Amaya Estévez, A. 2008. **Innovaciones productivas con ciencia y tecnología. Cenicaña, el centro de investigación de un sector.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 2-5.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2008. **Comité de Programas. Avances 2008.** Cenicaña, Cali, Colombia. 145p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2008. **Informe anual 2007.** Cenicaña, Cali, Colombia. 101 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología 2008. **Sociedad Internacional de Técnicos Azucareros se reunió en Colombia. IX Taller de Fitopatología y VI Taller de Biología Molecular.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 9-11.

Ingeniería mecánica

Cobo Barrera, D.F.; Gómez, A.L. y Bejarano, L. 2008. **Determinación experimental del perfil de presión de la caña cosechada sobre una superficie plana vertical.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 22-26.

Metrología

Calero Salazar, L. ed., Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2008. **Estandarización de los sistemas de medición en los ingenios azucareros de Colombia. Manual de laboratorio. V.3. Equipos de laboratorio y glosario de términos.** Cenicaña, Cali, Colombia. 100 p.

Microbiología industrial

- Arias Cifuentes, E.L. 2008. **Inocuidad y bioseguridad en la producción de azúcar. Informe final pasantía.** Pontificia Universidad Javeriana; Cenicaña, Cali, Colombia. 81p.
- Bonilla Arbeláez, M. del P. 2008. **Cuantificación de las poblaciones microbiológicas en caña de azúcar en el core sampler del Ingenio Providencia S.A. Informe final pasantía.** Pontificia Universidad Javeriana; Cenicaña, Cali, Colombia. 53 p.
- Buzón Ramos, K.D. 2008. **Aislamiento, selección e identificación molecular de levaduras salvajes con capacidad para la producción de alcohol carburante en el Ingenio Providencia S.A. Tesis. Microbiólogo.** Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias; Cenicaña, Cali, Colombia. 80 p.
- Mora Muñoz, O.Y. 2008. **Caracterización de levaduras salvajes para la producción de alcohol en el Ingenio Mayagüez S.A. Informe final pasantía.** Pontificia Universidad Javeriana; Cenicaña, Cali, Colombia. 118 p.

Nutrición y fertilización

- Quintero Durán, R. 2008. **Dosis de vinaza concentrada y semiconcentrada como complemento de fertilización nitrogenada en caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p. (Documento de Trabajo no.634)
- Quintero Durán, R. 2008. **Investigaciones sobre el manejo de las vinazas aplicadas al suelo.** Cenicaña, Cali, Colombia. 9 p. (Documento de Trabajo no.631)
- Quintero Durán, R. y Arcila, J. 2008. **Recuperación de suelos ácidos con aplicaciones de vinaza en el norte del departamento del Cauca.** Cenicaña, Cali, Colombia. 9 p. (Documento de Trabajo no.632)
- Quintero Durán, R. y Besosa T., R. 2008. **Pruebas de manejo de silicio (Si) en caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 14 p. (Documento de Trabajo no.633)
- Villegas T., F. 2008. **Maduradores herbicidas y no herbicidas.** Cenicaña, Cali, Colombia. 5 p. (Documento de Trabajo no.638)

Procesos fabriles

- Gómez, A.L.; Coronado, J.J. y Valdés, J.A. eds. 2008. **Desgaste de máquinas de preparación y molienda de caña de azúcar.** Cenicaña, Cali, Colombia. 283 p. (Serie de Procesos Industriales no.4)
- Arias Cifuentes, E.L. 2008. **Acompañamiento en seguimiento de pérdidas de sacarosa en el Ingenio Pichichí. Informe final pasantía.** Pontificia Universidad Javeriana; Cenicaña, Cali, Colombia. 34p.
- Cañón Saa, C.F. 2008. **Análisis de ajustes utilizados en algunos ingenios brasileros.** Cali: Cenicaña, Cali, Colombia. 11 p. (Documento de Trabajo no.630)
- Cañón Saa, C.F. 2008. **Evaluación del filtro rotatorio Trommel del Ingenio Providencia vs. el filtro Noria Ingenio del Cauca.** Cenicaña, Cali, Colombia. 29 p. (Documento de Trabajo no.629)
- Cañón Saa, C.F. y Gómez, A.L. 2008. **Metodología para determinar el ajuste de los molinos de caña en un ingenio azucarero.** Carta Trimestral, 30, 1-2 (ene.-jun.): 17-21.
- Flórez González, A. 2008. **Desarrollo y simulación para procesos de evaporación de la industria azucarera usando Aspen HYSYS. Informe final joven investigador. Contrato UIS-Cenicaña-Colciencias.** Cenicaña, Cali, Colombia. 32 p.

- Gómez, A.L.; Cañón Saa, C.F. y Ramírez, D.E. 2008. **Hard faced welded tips in shredder hammers: technical and economical performance.** International Sugar Cane, 110, 1314 (junio): p.335-340.
- Pantoja Ojeda, C.A. 2008. **Caracterización de tiempos perdidos de los equipos de cosecha en un ingenio azucarero colombiano. Informe final pasantía.** Universidad Autónoma de Occidente; Cenicaña, Cali, Colombia. 48 p.
- Rosero Flórez, L.F. 2008. **Evaluación experimental y modelamiento teórico de evaporadores típicos de ingenios azucareros colombianos.** Tesis Ingeniero Mecánico. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica. Cali, Colombia. 98 p.
- Silva Pérez, A. 2008. **Estado del arte de los lazos de control existentes en ingenios del Valle del Cauca. Informe final del contrato estudiante de maestría.** Cenicaña, Cali, Colombia. 66 p.

Química analítica

- Jiménez Restrepo, P. 2008. **Proceso de implementación y certificación en el ISO 9001:2000 e ISO 14001. Validación de los procedimientos analíticos de suelos, tejidos foliares y caña de azúcar en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Informe de avance joven investigador. Convenio Colciencias-Cenicaña.** Cenicaña; Colciencias, Cali, Colombia. 60 p.
- López Pinilla, M. 2008. **Evaluación del ion cloruro como trazador de pérdidas de sacarosa en materiales del proceso azucarero en el Valle del Cauca.** Tesis Químico. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Programa Académico de Química, Cali, Colombia. 69 p.

Sanidad vegetal

- Avellaneda Barbosa, M.C.; Victoria Kafure, J.I. 2008. **Avances en la resistencia transgénica de la variedad CC 85-92 a escaldadura de la hoja (LSD) y raquitismo de la soca (RSD).** Cenicaña, Cali, Colombia. 30 p. (Documento de Trabajo no.640)
- Avellaneda Barbosa, M.C. 2008. **Marcadores moleculares de resistencia al virus de la hoja amarilla (sugarcane yellow leaf virus SCVLY).** Cenicaña, Cali, Colombia. 30 p. (Documento de Trabajo no.639)
- Cadena Goyes, P. 2008. **Caracterización morfológica y molecular de especies de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae). Informe final joven investigador.** Convenio Colciencias-Cenicaña. Cenicaña, Cali, Colombia. 31 p.
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2008. **Insectos que ponen en riesgo los pastos del Valle del Cauca: salivazo o mión.** Cenicaña, Cali, Colombia. 1 Plegable.
- Jurado Valencia, J.A. 2008. **Evaluación del impacto de la infestación por *Diatraea* spp. en la producción y calidad de la caña de azúcar.** Tesis. Químico. Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Programa Académico de Química, Cali, Colombia. 75 p.
- Liscano Martínez, Y. 2008. **Confirmación del diagnóstico del virus del mosaico rayado (SCSMV) en siete grupos del banco de germoplasma de Cenicaña y prueba de sensibilidad del virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar (SCVLY). Informe pasantía** (enero-junio 2008). Universidad del Valle, Facultad de Salud, Escuela de Bacteriología y Laboratorio Clínico; Cenicaña, Cali, Colombia. 13 p.

Transferencia de tecnología

Isaacs Echeverry, C.H.; Mosquera Daza, L.A. y Zamorano Álvarez, D. 2008. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Ingenio Risaralda. Proyecto. Estudios de seguimiento y adopción de tecnología.** Cenicaña, Cali, Colombia. 70 p. (Documento de Trabajo no.644)

Isaacs Echeverry, C.H.; Mosquera Daza, L.A. y Castillo Beltrán, S.V. 2008. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Incauca. Proyecto. Estudios de seguimiento y adopción de tecnología.** Cenicaña, Cali, Colombia. 96 p. (Documento de Trabajo no.637)

Isaacs Echeverry, C.H.; Mosquera Daza, L.A. y Franco Mejía, A. 2008. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Riopaila Industrial. Proyecto. Estudios de seguimiento y adopción de tecnología.** Cenicaña, Cali, Colombia. 96 p. (Documento de Trabajo no.636)

Isaacs Echeverry, C.H.; Mosquera Daza, L.A. y Franco Mejía, A. 2008. **Evaluación de la adopción y el impacto de la nueva tecnología de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Castilla Industrial. Estudios de seguimiento y adopción de tecnología.** Cenicaña, Cali, Colombia. 99 p. (Documento de Trabajo no.622)

Isaacs Echeverry, C.H. 2008. **XXVI Congreso de la ISSCT. Sudáfrica 2007.** Cenicaña, Cali, Colombia. 18 p. (Documento de Trabajo, no.620)

Variedades de caña de azúcar

Espinosa Piedrahita, K. 2008. **Evaluación de la diversidad genética de 136 variedades de caña de azúcar (Saccharum spp.) usando microsátélites.** Cenicaña, Cali, Colombia. 32 p. (Documento de Trabajo no.124)

Larrahondo, J.E. 2008. **Caracterización de variedades para la producción dual de azúcar y alcohol. Informe de avance 2007-2008.** Cenicaña, Cali, Colombia. 49 p. (Documento de Trabajo no.643)

Publicaciones seriadas editadas por Cenicaña en 2008

Textos completos en <www.cenicana.org>

Carta Trimestral

ISSN 0121-0327



v.29, no. 4, 27 p.



v.30, nos. 1 y 2, 31 p.



v.30, nos. 3 y 4, 24 p.

Informe Anual

ISSN 0121-5854



Informe anual 2007, 108 p.

Serie Procesos Industriales

ISSN 1657-7329

ISBN 978-958-8449-00-5



No. 4, 238 p.

Desgaste de máquinas de preparación y molienda de caña de azúcar.

Serie Técnica

ISSN 0120-5846

ISBN 978-958-95893-9-7



No. 37, 112 p.

Grupos homogéneos de suelos del área dedicada al cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca (segunda aproximación).

III. Actividades de comunicación técnica, transferencia de tecnología y capacitación

Comités

Consulte las memorias en <www.cenicana.org>

Comité de investigación de campo	Comité de fábrica
<p>25 de noviembre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pruebas regionales con variedades de las series 93, 95 y 98. - Pruebas regionales con variedades de las series 97, 98, 99, 00, 01. Zonas secas-semisecas. - Diferencias entre las TCH obtenidas en las pruebas regionales y los resultados a nivel comercial. - Secuencia de labores y reducción de costos en preparación de suelos y levantamiento de socas. - Avances en las determinaciones de parámetros de la calidad de la caña. Azúcar recuperable estimado (ARE) y cálculos indirectos para estimar la producción de mieles en un ingenio azucarero. <p>20 de agosto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informe del Director General de Cenicaña. - Tecnologías para afrontar la degradación de los suelos y la baja disponibilidad de agua. - Proyectos del Programa de Variedades de Cenicaña. - Función de respuesta de la caña al agua. - Variedades en el Ingenio Manuelita. - Comportamiento de variedades en Incauca, a julio de 2008. - Mejoramiento del subsolador Cenitándem. - Programa de variedades en el Ingenio Risaralda. - Resultados de producción a julio de 2008 en el Ingenio Mayagüez. <p>14 de mayo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Validación de la zonificación agroecológica en función de la respuesta de las variedades de caña de azúcar. - Obtención y desarrollo de variedades 2008. - Secuencia de labores y reducción de costos en la preparación de suelos y el levantamiento de socas. - Situación del salivazo, primer trimestre de 2008. <p>13 de febrero</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zonificación agroecológica (cuarta aproximación). - Informe del Director General de Cenicaña. - Situación del salivazo, cuarto trimestre de 2007. - Evaluación y desarrollo comercial de nuevas variedades. - Resultados comerciales, 2007. 	<p>21 de noviembre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proyectos del Programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña, 2009. <p>22 de agosto</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informe de actividades del Programa de Procesos de Fábrica, mayo-agosto de 2008. - Análisis estadístico y económico de la información sectorial: indicadores de gestión. - Resultados monitoreo: Determinación de metabolitos e indicadores de eficiencia en el proceso de fermentación. <p>23 de mayo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informe general del Programa de Procesos de Fábrica. - Plan para el uso racional de energía eléctrica y mecánica (URE) en ingenios colombianos. - Reducción de pérdidas indeterminadas. - Comportamiento de algunos índices del formato intercambio de información. Enero 1998- marzo 2008. - Revisión del método para la determinación de turbiedad en jugo claro y meladura. - Avances en el diseño de vagones. Proyecto CATE. <p>22 de febrero</p> <ul style="list-style-type: none"> - Informe del Director General de Cenicaña. - Evaluación del efecto de la dosis de floculante en el proceso de clarificación de jugo. - Seguimiento de las variables operacionales (flujos, pH, sulfitación, temperatura). - Auditoría de la operación de calderas. - Sistema de inyección de agua a elaboración. - Determinación de la incertidumbre en la sacarosa (% caña) del balance. - Estudio del fenómeno de aterronamiento de azúcar refinado. - Auditoría y acompañamiento en repotenciación de una caldera bagacera. - Seguimiento operacional en la estación de preparación de jugos. - Estudio de calidad de materias primas para alcohol, caso meladura. - Avances en diseños de vagones. Proyecto CATE.
Comité de variedades	Comité de sanidad vegetal
<p>4 de septiembre</p> <ul style="list-style-type: none"> - Metodología para escoger la variedad por sembrar utilizando la zonificación agroecológica, cuarta aproximación. Reagrupación de zonas agroecológicas del Ingenio La Cabaña para fertilización y manejo. - Obtención de variedades para zonas húmedas. - Resultados de producción de las variedades Cenicaña en el Ingenio Mayagüez. - Análisis de sendero en el proceso de selección de variedades. - Pruebas regionales, series 97-01. 	<p>5 de junio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los salivazos y la caña de azúcar: situación un año después de la detección de la plaga - Evaluación de la incidencia de la roya café (<i>Puccinia melanocephala</i> H. y P. Sydow) en el Valle del Cauca.

Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT)Consulte las memorias en <www.cenicana.org>

Ingenio Carmelita		Ingenio La Cabaña	
Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica basada en el estudio detallado de suelos. Conferencia. Feb. 7	16 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)	Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica basada en el estudio detallado de suelos. Conferencia. May. 23	25 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Herramientas informáticas. Conferencias. Abr. 17	13 cañicultores asistentes. Exp: C. Isaacs, C. Posada (Cenicaña)	Manejo de insectos plaga. Conferencias. Abr. 17 y 24	35 cañicultores asistentes. Exp: L. Gómez, U. Castro, (Cenicaña), J. Arcila, A. Mondragón (Ingenio)
Diseño, adecuación y preparación de suelos. Día de campo. Ago. 6	14 cañicultores asistentes. Exp: J. Pérez (cañicultor), H. Giraldo (Ingenio), R. Cruz (Cenicaña)	Variedades y semilleros Día de campo. Ene. 31 y feb. 7	35 cañicultores asistentes. Exp: J. Victoria, J. Ángel (Cenicaña), J. Arcila, A. Mondragón (Ingenio)
Cosecha. Día de campo. Sep. 11	22 cañicultores asistentes. Exp: A. Lavado (Ingenio), M. Zapata (Asocaña), R. Cruz (Cenicaña)	Manejo de suelos en condiciones de alta humedad. Conferencias. Jul. 31	29 cañicultores asistentes. Exp: L. Rodríguez, R. Cruz (Cenicaña), P. Bastidas (Ingenio)
Incauca		Riopaila Castilla	
Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica basada en el estudio detallado de suelos. Conferencia. Feb. 21	39 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)	Ingenio Riopaila	
Prácticas agronómicas para caña en condiciones de alta humedad. Conferencias. Jun. 18	50 cañicultores asistentes. Exp: F. Muñoz, L. Rodríguez, R. Cruz (Cenicaña), A. Camargo (Ingenio)	Manejo eficiente del agua en el cultivo de la caña de azúcar. Conferencia. Ene. 23	17 cañicultores asistentes. Exp: R. Cruz (Cenicaña), C. Dossman (Asorut)
Avances en variedades Día de campo. Dic. 3 y 5	60 cañicultores asistentes. Exp: L. Cuervo (Ingenio), J. Victoria (Cenicaña)	Avances en manejo de aguas. Conferencias. Feb. 28	30 cañicultores asistentes. Exp: D. Arango, A. Parra (Ingenio), R. Cruz (Cenicaña).
Ingenio Providencia		Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica a partir del estudio detallado de suelos. Conferencia. May. 15	18 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Diseño, adecuación y preparación de suelos. Conferencias. Feb. 20, Nov. 20	82 cañicultores asistentes. Exp: G. Rebolledo (cañicultor), J. Vidal (Ingenio), R. Cruz (Cenicaña)	Mapas de productividad y fertilidad. Taller. Jul. 3	32 cañicultores asistentes. Exp: C. Mosquera (Ingenio)
Visita a Cenicaña. Conferencias. May. 28	41 cañicultores asistentes. Exp: C. Isaacs, H. Ranjel, J. Ángel, J. Victoria, J. Carbonell (Cenicaña)	Cosecha mecanizada. Conferencias. Sep. 18	32 cañicultores asistentes. Exp: C. García (Ingenio), R. Cruz, L. Rodríguez (Cenicaña)
Avances en el manejo del recurso hídrico Día de campo. Jul. 20	85 cañicultores asistentes. Exp: J. Rojas (Ingenio), R. Cruz (Cenicaña)	Alternativas de fertilización en caña de azúcar. Conferencias. Nov. 26	30 cañicultores asistentes. Exp: J. Bohórquez (Ingenio), J. Victoria (Cenicaña)
Ingenio Risaralda		Ingenio Castilla	
Nutrición y fertilización. Conferencias. May. 8	25 cañicultores asistentes. Exp: A. García (Asesor), A. Villegas (Ingenio)	Avances en el manejo de aguas. Día de campo. Feb. 20	54 cañicultores asistentes. Exp: A. Tobar (cañicultor), J. Caicedo, W. Gonzáles (Ingenio), A. Campos (Cenicaña)
Herramientas AEPS y variedades promisorias. Conferencias. Jul. 8	30 cañicultores asistentes. Exp: C. Isaacs (Cenicaña), A. Villegas (Ingenio)	Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica basada en el estudio detallado de suelos. Conferencia. Abr. 16	28 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Manejo de suelos en condiciones de alta humedad. Conferencias. Oct. 14	29 cañicultores asistentes. Exp: L. Rodríguez, R. Cruz, F. Muñoz (Cenicaña), A. Villegas (Ingenio)	Prácticas agronómicas para caña en condiciones de alta humedad. Día de campo. Jun. 25	25 cañicultores asistentes. Exp: C. Mosquera (Ingenio)
Alternativas de fertilización. Conferencia. Nov. 13	28 cañicultores asistentes. Exp: F. Muñoz (Cenicaña)		

Continúa

Ingenio Mayagüez	
Avances en cosecha mecanizada. Día de campo. Feb. 14	34 cañicultores asistentes. Exp: G. Rebolledo (Cañicultor), A. Morales (Ingenio), R. Cruz, C. Viveros (Cenicaña)
Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica basada en el estudio detallado de suelos. Conferencia. Abr. 24	18 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Avances en variedades. Día de campo. Jul. 23	20 cañicultores asistentes. Exp: J. Bohórquez (Ingenio), J. Victoria (Cenicaña).
Ingenio Manuelita	
Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica a partir del estudio detallado de suelos. Conferencia. Abr. 25	28 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Mejores prácticas en nutrición en la caña de azúcar. Día de campo. Feb. 21	51 cañicultores asistentes. Exp: J. Gómez, M. Prada (Ingenio), F. Muñoz (Cenicaña), J. Mesa (cañicultor)
Avances e investigación en variedades. Día de campo. Jul. 22	35 cañicultores asistentes. Exp: Y. Peralta (Ingenio), C. viveros (Cenicaña), H. Tenorio (cañicultor).
Ingenio Pichichí	
Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica a partir del estudio detallado de suelos. Conferencia. Mar. 13	17 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Herramientas informáticas. Conferencias. May. 11	28 cañicultores asistentes. Exp: C. Isaacs, C. Posada, A. Palma (Cenicaña)
Avances e investigación en cosecha. Día de campo. Jul. 29	24 cañicultores asistentes. Exp: A. Victoria (Ingenio), S. Castillo (Cenicaña), T. Gonzáles (cañicultor)
Ingenio Sancarlos	
Manejo de residuos y legislación de quemas. Día de campo: Ene. 31	13 cañicultores asistentes. Exp: L. Andrade (Ingenio), J. Torres (Cenicaña), C. Calero (Asocaña)
Cuarta aproximación de la zonificación agroecológica basada en el estudio detallado de suelos. Conferencia: May. 8	11 cañicultores asistentes. Exp: J. Carbonell (Cenicaña)
Cosecha en verde. Día de campo: Jul. 24	10 cañicultores asistentes. Exp: I. Bruzón, M. Martínez (Ingenio), J. Urbano (Cenicaña)
Herramientas informáticas Conferencias: Nov. 25	5 cañicultores asistentes. Exp: A. Franco, C. Posada (Cenicaña)



GTT, Ingenio Pichichí.



GTT, Ingenio La Cabaña.



GTT, Ingenio La Cabaña.



GTT, Ingenio La Cabaña

Reuniones técnicas con ingenios

Ingenio Risaralda	
Dic. 4	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación del Director General de Cenicaña. - Avances en variedades de caña y proyección en áreas de influencia del Ingenio Risaralda. - Avances y estado actual de proyecto CATE. - Secuencia de labores de preparación de suelos. - Avances en agricultura específica por sitio (aeps). - Avances Programa de Procesos de Fábrica. - Discusión final y sugerencias.
Ingenio Manuelita	
Jul. 1	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación del Director General de Cenicaña. - Avances en variedades de caña y proyección en áreas de influencia del Ingenio Manuelita. - Avances de la investigación en biotecnología. - Secuencia de labores de preparación de suelos. Compactación. - Manejo de residuos. - Vinaza y compost. - Programa GTT y prácticas reducidas. - Transporte de caña y autovolteo. - Sacarosa en caña: Determinación y pérdidas. Avances en Manuelita. - Avances en procesos de fábrica. Cenicaña-Ingenio Manuelita. - Discusión final y sugerencias
Ingenio Pichichí	
Sep. 9	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación del Director General de Cenicaña. - Avances en variedades de caña y proyección en áreas de influencia del Ingenio Pichichí. - Avances y estado actual de proyecto CATE. - Secuencia de labores de preparación de suelos. - Riego con caudales reducidos. - Mejora de la productividad y disminución de costos de producción con utilización de nuevas fuentes de nutrientes y prácticas alternativas. - Sacarosa en caña: determinación y disminución de pérdidas en cosecha y fábrica. - Desarrollo y avances en procesos de fábrica. - Discusión final y sugerencias.

Grupos de trabajo

Grupos de estandarización de costos	Grupo de jefes de calidad y conformidad y de laboratorios de ingenios azucareros
Jul. 15: Cosecha; jul. 17: Campo; jul. 29: Fábrica y destilería	Siete reuniones durante 2008
Grupo de métrólogos de los ingenios	Grupo de jefes de calidad y conformidad y de laboratorios de ingenios duales
Tres reuniones durante 2008	Siete reuniones durante 2008

Seminarios, talleres y otras actividades coordinadas por Cenicaña

Procesos de fábrica	
Levaduras. Seminario. Feb. 7	30 asistentes.
Casos exitosos en el control de molinos en la industria azucarera. Seminario. Feb. 21	40 asistentes.
Fundamentos del análisis del ciclo de vida de los biocombustibles. Seminario. Abr. 30	25 asistentes.
Data reconciliation en plantas industriales. Jun. 4	35 asistentes.
Clarificación y filtración. Seminario. Jun. 19	49 asistentes.
Pérdidas de sacarosa. Seminario. Nov.28 Memorias en <www.cenicana.org>	50 asistentes.
Análisis económico y estadístico	
Evaluación de la molienda en un ingenio azucarero. Presentación de resultados (C. Posada; C.A. Moreno). Abr. 24	Representantes del ingenio.
Evaluación económica y productiva con datos de un ingenio (C. Posada; C.A. Moreno). Presentación de resultados.	Representantes del ingenio.
Fitopatología y biotecnología	
IX Plant pathology and VI Molecular biology Workshop. ISSCT. Jun. 23-27 Títulos de los once trabajos presentados por Cenicaña en: Carta Trimestral, v.30, Nos. 1 y 2. <www.cenicana.org>	50 investigadores de quince países.
Meteorología y climatología	
Monitoreo meteorológico de quemas de caña de azúcar. Uso de sensores portátiles de viento, del programa "Telemetría" para consulta de datos en tiempo real y de información meteorológica y climatológica (E. Cortés). Talleres. Abr. 10, 17, 22, 24, 29, jun. 26.	158 empleados de los ingenios de campo, cosecha y departamento ambiental de 13 ingenios.
Manejo del sensor portátil de viento. Uso del programa "Telemetría" de consulta de datos meteorológicos en tiempo real para el manejo de las quemas de caña de azúcar (E. Cortés). Entrenamiento. Ago. 11	8 empleados de cosecha del Ingenio La Cabaña.

Eventos coordinados por otras entidades

Varietades de caña de azúcar	
Cenicafé. Chinchiná, Caldas. Seminario: Mejoramiento de la caña de azúcar, situación actual y perspectivas. Mar. 28	80 personas asistentes. Exp.: C.A. Viveros
Cenired. Bogotá, Colombia. Seminario: La protección de variedades de caña de azúcar en Cenicaña. Nov.	20 personas asistentes. Exp.: J.I. Victoria

Continúa

Biotecnología	
Seminario Aproximación al estado de investigación sobre organismos vivos modificados (OVM) en el territorio nacional. Bogotá, Colombia. Ponencia: Transgénicos en Cenicaña. Nov. 24	Asistentes al seminario. Exp.: J. López
Sanidad vegetal	
Convenio Sena-Asocaña. Tecnicaña. Reconocimiento y muestreo de plagas y enfermedades:	250 empleados de nueve ingenios y dos empresas proveedoras de caña, personal operativo de campo y cosecha capacitados. Coordinador académico: M.L. Guzmán
Manejo de aguas	
Convenio Sena-Asocaña. Tecnicaña. Transferencia de tecnología en la gestión de los sistemas de riego y drenaje en cultivos de caña de azúcar.	80 ingenieros de trece ingenios y cinco empresas proveedoras de caña capacitados. Coordinador académico: J.R. Cruz
Convenio Sena-Asocaña. Tecnicaña. Fundamentos y estrategias para la optimización del recurso hídrico.	200 mayordomos, supervisores y cabos de riego de nueve ingenios y dos empresas proveedoras, en once grupos. Coordinador académico: J.R. Cruz
Metrología	
Convenio Sena-Asocaña. Tecnicaña. Estimación de la incertidumbre en las mediciones.	51 empleados de ingenios, responsables de los análisis de laboratorio y profesionales de metrología, capacitados. Coordinador académico: L.M. Calero
Química azucarera	
V Congreso colombiano de cromatografía y V Simposio iberoamericano de evaluación sensorial. Bogotá, Colombia. Ponencia: Determinación de flavonoides en la caña de azúcar mediante cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC). Sep. 10-12	Asistentes al congreso. Exp.: J.E. Larrahondo.
Seminario internacional Bosques tropicales y desarrollo. Jardín Botánico. Medellín, Colombia. Ponencia: Los metabolitos secundarios como compuestos de valor agregado en cultivos y productos bioindustriales. Nov. 19	Asistentes al seminario. Exp.: J.E. Larrahondo.
Simposio nacional Visión futurista de la panela. Palmira, Colombia. Ponencia: Azúcares y su significado en la producción de azúcar y panela. Nov. 26-27	Asistentes al simposio. Exp.: J.E. Larrahondo.

IV. Atención de estudiantes, investigadores, técnicos y productores agropecuarios en la Estación Experimental

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Enero 16	Universidad de Antioquia, EAFIT. Dos profesionales	Hidrólisis enzimática de residuos (E. Castillo y colaboradores)
Feb.21	Universidad de Caldas. Manizales, Caldas. Facultad de Ingeniería Agronómica. 40 estudiantes.	Manejo de aguas (J.R. Cruz). Hacia la Agricultura de Precisión: Mapas de producción de caña de azúcar mediante un sistema de pesaje automatizado instalado en una alzadora de caña (J.M. Ramírez).
Feb.22	Universidad del Cauca. Popayán, Cauca. Departamento de Geografía. Facultad de Ciencias Humanas. 38 estudiantes.	Sistemas de información en la industria azucarera (J. Carbonell). Información meteorológica y climatológica aportada por la Red Meteorológica Automatizada de la industria azucarera colombiana (RMA). (E. Cortés).
Mar.3	Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Cundinamarca. Facultad de Agronomía. Asignatura Riego y Drenaje. 37 estudiantes.	Manejo de aguas de riego y drenaje en caña de azúcar (J.R. Cruz). Nuevos proyectos de Cenicaña en manejo de aguas (A. Campos).
Mar.3, 4, 5 y 6	Washington State University. Washington. USA. Estudiantes de MBA. 5 estudiantes.	La industria azucarera (Á. Amaya). Programa de Variedades (J.I. Victoria). Programa de Agronomía (J. Torres). Economía del Cultivo (C. Posada). Sitio web de Cenicaña (C.H. Isaacs).
Mar.4	Universidad del Cauca. Popayán, Cauca. Departamento de Hidráulica. Ingeniería Ambiental. 33 estudiantes.	Aplicaciones de geomática en la industria azucarera (J. Carbonell). Red Meteorológica Automatizada de la industria azucarera colombiana (RMA). Aplicaciones de la información meteorológica y climatológica en la industria azucarera colombiana (E. Cortés).
Mar.11	Corpoica-Cimpa. Barbosa. Santander. 17 productores y técnicos.	Avances en Agricultura Específica por Sitio (C.H. Isaacs). Avances en variedades de caña de azúcar (J.I. Victoria).
Marzo 13	Cultivadores República Dominicana	Producción de alcohol, uso de vinazas (E. Castillo y colaboradores)
Mayo 19	Universidad del Valle. Cuatro profesionales	Impactos ambientales de la producción dual: azúcar – alcohol (L.M. Calero)
Abr.1	Universidad Nacional de Colombia. Manizales. Caldas. Facultad de Administración de Empresas. 24 estudiantes.	Modelo institucional de Cenicaña. Historia y desarrollo organizacional (N. Pérez).
Abr.3	Cenipalma. Bogotá D.C. Cundinamarca. Programa de Suelos y Aguas. 6 directivos e investigadores.	Desarrollo SIG y sus aplicaciones en agricultura específica por sitio y agricultura de precisión (J. Carbonell). Sistema de información en web para la agricultura específica por sitio (C.H. Isaacs).
Abr.4	Instituto Tecnológico de Educación Superior de Comfacauca. Tecnología Agroambiental. Santander de Quilichao. Cauca. 10 estudiantes.	Control biológico en caña de azúcar (L.A. Gómez).
Abr.18	Colegio San José. Cali. Valle del Cauca. Noveno grado de secundaria. 30 estudiantes.	La metodología del trabajo científico. El diseño de experimentos y el diseño de muestreo. Análisis de resultados. Documentación y publicaciones. (C.A. Moreno). Casos de investigación aplicada en: Mejoramiento genético de la caña de azúcar (H. Rangel). Nutrición y fertilización de cultivos (F. Muñoz). Insectos plaga y su control (U. Castro). Rendimiento industrial en ingenios azucareros (N. Gil).
Abr.23	Universidad EAFIT. Medellín. Antioquia. Departamento de Ingeniería de Procesos. Curso de Ingeniería Bioquímica y Operaciones de Bioseparación. 7 estudiantes.	Aplicación de la biotecnología en el cultivo de la caña de azúcar. Visita a invernaderos (J. López).
Abr.29	Universidad Autónoma de Occidente. Cali. Valle del Cauca. Departamento de Sistemas de Producción. Curso de Gestión Tecnológica. 19 estudiantes.	Cadena productiva de etanol en el valle del río Cauca (J.E. Larrahondo y J. Socarrás).

Continúa

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Abr.30	Sena-Ingenio Manuelita. Buga. Valle del Cauca. 31 personas.	Manejo de aguas en el cultivo de la caña de azúcar (J.R. Cruz). Obtención de nuevas variedades de caña de azúcar y su multiplicación (L.O. López). Servicios de biblioteca (L.A. Arenas). Red Meteorológica Automatizada (E. Cortés). Principales plagas de la caña de azúcar y su manejo (L.A. Gómez). Producción de etanol combustible (J.E. Larrahondo). Sanidad vegetal: Enfermedades de la caña de azúcar y manejo de semilleros (J.C. Ángel). Comunicación y desarrollo personal (R. Candelo).
May.7	Universidad del Quindío. Armenia. Quindío. Carrera de Biología Pura. 28 estudiantes.	Procedimientos e infraestructuras necesarias en laboratorio para hacer investigación encaminada a programas de mejoramiento genético en plantas (H. Rangel). Biotecnología (J. López). Avances en la producción de etanol a partir de caña de azúcar (C. Avellaneda).
May.7	Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C. Cundinamarca. Programa de Licenciatura en Química. 60 estudiantes.	Química Orgánica y Analítica. Investigación y servicios (J.E. Larrahondo). Gestión ambiental del sector azucarero con énfasis en manejo de efluentes (L.M. Calero).
May.8	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, seccional Sogamoso. Sogamoso. Boyacá. Programa de Contaduría Pública. Curso de Economía Colombiana, 62 estudiantes.	Modelo institucional Cenicaña y procesos productivos en la agroindustria azucarera colombiana (N. Pérez). Aspectos económicos de la agroindustria e importancia de los criterios económicos en un plan contable. Impacto de la investigación de Cenicaña en el sector azucarero colombiano. Estructura institucional del sector azucarero, organización y cifras (video) (C. Posada).
May.8	Politécnico Colombiano JIC. Medellín. Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera Ingeniería Agropecuaria. 15 estudiantes.	Programa de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar (C.A. Viveros). Aplicaciones de biotecnología en Cenicaña (J. López). Transformación genética en caña de azúcar usando <i>Agrobacterium tumefaciens</i> (M.L. Bonilla). Evaluación de la diversidad genética de caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) usando microsátélites (K. Espinosa). Variabilidad de la roya (<i>Puccinia melanocephala</i>) presente en cultivos de caña de azúcar por medio de técnicas moleculares (L.M. Cardona).
May.15	Universidad Santo Tomás. Bogotá D.C. Cundinamarca. Facultad de Negocios Internacionales. 37 estudiantes.	Modelo institucional de Cenicaña. Convenios y cooperación internacional (V.E. Carrillo). Red Meteorológica Automatizada en la industria azucarera (E. Cortés).
May.21	Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Antioquia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Curso Problemas especiales sobre enfermedades de plantas. 15 estudiantes.	Patología de la caña de azúcar (J.C. Ángel). Producción de etanol combustible (J.E. Larrahondo).
May.22	Universidad Surcolombiana. Neiva. Huila. Programa de Administración de Empresas. 40 estudiantes.	Modelo institucional de Cenicaña. Proceso productivo agroindustrial. Investigación y desarrollo tecnológico (V.E. Carrillo).
May.28	Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. Risaralda. Programa de Química Industrial y Tecnología Química. 15 estudiantes.	Servicio de Información y Documentación de la Caña de Azúcar (A. Arenas). Visita al Laboratorio de Química (P. Jiménez). Visita al Laboratorio de Patología (M.L. Guzmán). Visita al Laboratorio de Biotecnología (M.L. Bonilla).
Jun.6	Centro de Intercambio de información sobre seguridad de la biotecnología CIISB. BCH Colombia. Bogotá D.C. Cundinamarca. Una investigadora.	Avances de investigación y perspectivas en biotecnología (J. López).
Jun.10	Universidad del Tolima. Tolima. Ibagué. Facultad de Ingeniería Agronómica. 22 estudiantes.	Zonificación agroecológica para el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Nutrición y fertilización (R. Quintero). Generalidades acerca del manejo agronómico del cultivo para la producción de azúcar y etanol (S.V. Castillo). Diseño de campo y manejo de aguas (A. Campos).
Jun.13	Universidad Francisco de Paula Santander. San José de Cúcuta. Norte de Santander. Carrera de Ingeniería Biotecnológica. Curso de Biotecnología Ambiental. 22 estudiantes.	Aplicación de la biotecnología en el cultivo de la caña de azúcar. Visita a invernaderos (J. López).
Jun.20	Universidad del Cauca. Popayán. Cauca. Carrera de Ingeniería Ambiental. Curso de Climatología. 45 estudiantes.	Sistemas de información geográfica y aplicaciones de geomática (P.J. Murillo). Información meteorológica y climatológica aportada por Red Meteorológica Automatizada (RMA) (E. Cortés).

Continúa

Fecha	Organización y número de visitantes	Tema (responsable)
Jun.20	Universidad del Valle. Cuatro profesionales	Proyecto EPFL (Programa de Fábrica)
Jun.25	Corpoica. Villavicencio. Meta. 12 agricultores de Castilla la Nueva.	Avances en variedades de caña de azúcar. Manejo del cultivo (S.V. Castillo).
Agos.5	Centro Nacional de Producción más Limpia, CNPML Un profesional.	Aguas residuales del sector azucarero (E. Castillo, L.M. Calero)
Agos.26	Sena-Incauca. Buga. Valle del Cauca. Formación para el desempeño Técnico en Producción Agrícola. 60 personas.	Manejo de aguas en el cultivo de caña de azúcar (J.R. Cruz). Producción de etanol combustible (J.E. Larrahondo). Producción de plántulas (J.C. Ángel) Red Meteorológica Automatizada (E. Cortés).
Sep. 11.	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Cali. Tres funcionarios de la Subdirección Técnica, responsables de la Red de Calidad del Aire de esa Corporación.	Red Meteorológica Automatizada y Red de Monitoreo de Material Particulado PM10 de la industria azucarera (E. Cortés)
Sept. 18	Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Valle. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Curso de Caña de Azúcar. 35 estudiantes.	Riego y drenaje. Recursos hídricos (aguas superficiales y subterráneas) (J.A. Urbano). Fitomejoramiento y variedades (C.A. Viveros). Sanidad vegetal y semilleros (J.C. Ángel).
Sept.18	Alcoholes de Uruguay, ALUR S.A. Uruguay. Dos directivos.	Avances en variedades de caña y proyección (J.I. Victoria). Cosecha y transporte (C.H. Isaacs).
Sept.24	Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Cundinamarca. Departamento de Agronomía. Asignatura Cultivos Perennes Tropicales. 19 estudiantes.	Programa de Mejoramiento Genético (C.A. Viveros).
Sept.25	Universidad Surcolombiana. Neiva. Huila. Programa de Ingeniería Agrícola. 11 estudiantes.	Manejo de aguas con énfasis en drenaje (A. Campos y J.R. Cruz).
Oct.15	CATIE, Grupo de Cambio Global, Costa Rica. Un profesional.	Caracterización de modelos energéticos sostenibles (E. Castillo)
Oct.21	Universidad de Nariño. Pasto. Nariño. Programa de Ingeniería Agronómica. 24 estudiantes.	Programa de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar (C.A. Viveros). Manejo de plagas (L.A. Gómez). Manejo fitosanitario en caña de azúcar (J.C. Ángel)
Oct.21	Universidad Nacional de Colombia. Palmira. Valle del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. Curso de Fitomejoramiento. 17 estudiantes.	Fitomejoramiento en caña de azúcar (C.A. Viveros).
Oct.30	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, seccional Sogamoso. Sogamoso. Boyacá. Programa de Contaduría Pública. Curso de Economía Colombiana. 28 estudiantes.	Modelo institucional de Cenicaña. Procesos productivos y aspectos económicos de la agroindustria azucarera colombiana (N. Pérez). Estudios de impacto de la investigación de Cenicaña en el sector azucarero colombiano (C. Posada).
Nov.10	Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Cundinamarca. Facultad de Agronomía. Asignatura de Riego y Drenaje. 45 estudiantes.	Programa de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar (C.A. Viveros). Manejo de aguas de riego y drenaje en caña de azúcar (J.R. Cruz).
Nov.13	Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Cundinamarca. Facultad de Agronomía. Asignatura de Fitomejoramiento. 50 estudiantes.	Aplicaciones de biotecnología en caña de azúcar (J. López). Programa de mejoramiento genético de variedades de caña de azúcar (C.A. Viveros).
Nov.14	Universidad del Cauca. Popayán. Cauca. Carrera de Ingeniería Ambiental. Curso de Climatología. 38 estudiantes.	Información meteorológica y climatológica aportada por la Red Meteorológica Automatizada (RMA) (E. Cortés). Aplicaciones SIG (C.A. Osorio).
Dic.4	Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Antioquia. Departamento de Ciencias Agronómicas. Posgrado en Biotecnología. 4 estudiantes.	Aplicaciones de biotecnología en el mejoramiento de caña de azúcar. Visita a laboratorio (J. López).
Dic.10	Universidad del Cauca. Popayán. Cauca. Departamento de Geografía. Asignatura de Climatología Tropical. 35 estudiantes.	Visita a la estación meteorológica. Ilustración acerca de los datos registrados. Incidencia del fenómeno de El Niño en el valle del río Cauca (E. Cortés).
Dic.14	Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia FEDECACAO. Bogotá D.C. Cundinamarca. Dos directivos.	Presentación general de Cenicaña (Á. Amaya y V.E. Carrillo).

V. Participación del personal en actividades de inducción, intercambio y capacitación

Actividades nacionales

Cursos	
Transferencia tecnológica en la gestión de los sistemas de riego y drenaje en cultivos de caña de azúcar. Convenio Sena-Asocaña. Tecnicaña. Cali, Colombia. Mar. 3-7	A. Franco; D. Zamorano; S.V. Castillo
Principios de materiales y análisis metalográficos. Univalle. Cali, Colombia. Mar. 8 – abr. 14	A.L. Gómez; C. Aguirre; D. Cobo; J.I. Socarrás; P. Castro
Sistema de gestión de la inocuidad. BPM y HACCP en la agroindustria azucarera. Asocaña. May.-sep.	D. Cobo; T. Daza
Biología molecular y sus aplicaciones. Bogotá, Colombia. May. 29-30	J. López
Adobe Flash Cs3, niveles 1 y 2. DigitalWorks Ltda. Cali, Colombia. Jun. 7 - jul. 19.	A. Arias
Modelamiento de fluidos utilizando CFD. Univalle. Cali, Colombia. Jul. 5-21	C. Aguirre; D. Cobo; J.I. Socarrás; P. Castro
Estimación de incertidumbre en los métodos de medición. Convenio Sena-Asocaña. Tecnicaña. Cali, Colombia. Jul. 10, sep. 12 y 18	C.A. Moreno; L.M. Calero
Análisis de riesgo y operabilidad HAZOP. Cali, Colombia. Jul. 16 – ago. 13	J.I. Socarrás; T. Daza
Actualización en microbiología en la producción de azúcar y etanol. Convenio Sena-Asocaña. Cali, Colombia. Sep. 10, 11, 17 y oct. 22-23	J.I. Socarrás; M. Morales; M.L. Guzmán; N.J. Gil; T. Daza
Propiedad intelectual y biotecnología. Cali, Colombia. Sep. 18 – nov. 27	E. Anderson
Curso básico. Modelo de calidad del aire "AIRVIRO" del Servicio Meteorológico e Hidrológico de Suecia (SHMS). Pontificia Universidad Javeriana. Cali, Colombia. Oct. 21-22.	E. Cortés
Simposios, seminarios, talleres	
Primer taller. I+D+I en biocombustibles. Plan Biocom, Corpobid y Colciencias. Bogotá, Colombia. Mar. 27	L.M. Calero
Taller de bioinformática. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. Abr. 9-13	J. López
Seminario. Almacenamiento y manejo de reactivos químicos. Merck. Cali, Colombia. Abr. 22	L.M. Calero
Seminario. Propiedad intelectual. Ciat. Palmira, Colombia. Abr. 23-25	E. Anderson; N.J. Gil; J. López
Seminario. Polarimetría y refractometría. Lanzetta Rengifo y Cia. Ltda. Tuluá, Colombia. May. 6	
Seminario. Manejo de residuos peligrosos. CVC. Cali, Colombia. May. 20	L.M. Calero
Seminario. <i>Data reconciliation</i> en plantas industriales. Cenicaña. Florida, Colombia. Jun. 4	A.L. Gómez; A. Montoya; C. Aguirre; D. Cobo; J.I. Socarrás; L.M. Calero; N.J. Gil; S. Pereddo; T. Daza
Seminario. Clarificación y filtración. Cenicaña. Florida, Colombia. Jun. 19	J.E. Larrahondo; A.L. Gómez; J.I. Socarrás; L.M. Calero; N.J. Gil; T. Daza
Simposio de estadística. Cartagena, Colombia. Ago. 11-15.	A.E. Palma
Seminario. Aerosoles y contaminación atmosférica. CVC. Cali, Colombia. Oct. 23-24	E. Cortés
Taller. Búsquedas tecnológicas. Colciencias. Bogotá, Colombia. Nov. 21	E. Anderson; A. Arenas
Simposio. Visión futurista de la panela. Palmira, Colombia. Nov. 26-27	J.E. Larrahondo
Taller. PosGIS-Mapserver. Asocaña. Cali, Colombia. Nov. 26-28	J.H. Caicedo; M.E. Hernández; J.L. Rivas

Continúa

Visitas y reuniones

Visita. Planta piloto de alcohol carburante de Corpoica. Barbosa, Santander. Jul. 16-18	J.E. Larrahondo; A.L. Gómez
Reunión. Construcción del centro nacional de secuenciación. ROCHE. Bogotá, Colombia. Ago. 27	J. López
Reuniones. Comité Nacional de Suelos. Icontec. Bogotá, Colombia. Abr. 9, sep. 24, nov. 19, dic. 5	J.E. Larrahondo

Actividades internacionales**Congresos**

XVI Plant & Animal Genome. USA. Ene. 10-14	J. López
IX Congreso de Stab. Nov. Brasil.	C.H. Isaacs

Simposios, seminarios, conferencias, foros, talleres

Segunda conferencia de cooperación energética: Construyendo una estrategia sostenible de biocombustibles para Colombia y la región. Bogotá, Colombia. Abr. 24	N.J. Gil
IX plant pathology and VI molecular biology Workshop. ISSCT-Cenicaña. Cali, Colombia. Jun.23-27	Investigadores, tecnólogos y estudiantes del Programa de Variedades
Taller. Engineering Workshop, factory engineering. ISSCT. Piracicaba, Brasil. Jun. 30 – jul. 4	A.L. Gómez
Seminario. Biofuels & Development. Training Program by Cochran Fellowship. USDA. Minnesota, USA. Ago.	E.F. Castillo
Segundo foro internacional de seguridad informática. Bogotá, Colombia. Sep. 11	W. Berrío

Encuentros, ferias, festivales

Primer encuentro internacional en biotecnología y primera feria de exhibición biotecnológica. UNAL. Medellín, Colombia. Mar. 28-30	J. López
Séptimo festival internacional de la imagen. Diseño + arte + tecnología. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. Abr. 15-19	H.F. Silva
Encuentro científico-tecnológico Brasil-Colombia. Bogotá, Colombia. Sep. 17-18	N.J. Gil

Giras, visitas, reuniones

Visita. Empresa biotecnológica Verenum. San Diego, USA. Ene. 15	J. López
Visita. Laboratorio del doctor Julian Schoereder, profesor UCSD. San Diego, USA. Ene. 16	J. López
Reuniones con grupo de trabajo. Convenio CIDCA-Cenicaña para el desarrollo de cruzamientos. Tapachula, México. Nov. 19-29	C.A. Viveros

VI. Convenios interinstitucionales vigentes en 2008

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.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Colombia, abril 9 de 2001: Con el objeto de apoyar los diferentes programas de investigación en caña de azúcar en la contratación de personal técnico altamente calificado, nacional o extranjero, y la implementación de laboratorios y equipos.

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 Colombes" (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 2006: 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.

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.

VII. Capital humano

Para el desarrollo de los proyectos de investigación, el Centro contó con 49 personas de nivel profesional –tres de ellas en estudios de doctorado–, 42 personas de apoyo en investigación y servicios, 63 trabajadores de campo y siete aprendices del Sena. En desarrollo de trabajo de grado y pasantía estuvieron 11 estudiantes de distintas disciplinas y a través del programa de jóvenes investigadores que se desarrolla mediante convenio con Colciencias se vinculó un profesional. Contó además con seis profesionales vinculados mediante contrato de prestación de servicios.

En 2007 se retiró de la institución, por jubilación, el doctor Carlos Omar Briceño Beltrán, Ingeniero Químico M.Sc., quien se desempeñó como Director del Programa de Procesos de Fábrica desde el 22 de noviembre de 1992.

Durante el 2008 se retiró por el mismo motivo el doctor Rafael Quintero Durán, Ingeniero Agrónomo, M.Sc., Edafólogo investigador del Programa de Agronomía, quien se había vinculado con Cenicaña el 16 de mayo de 1984. Así mismo, el doctor Hernando Antonio Rangel Jiménez, Ingeniero Agrónomo Ph.D., Fitomejorador del Programa de Variedades, vinculado con Cenicaña desde el 1 de abril de 1980.

En las funciones de investigación y administración de los proyectos en sus área de especialidad, Carlos Omar contribuyó al conocimiento de los procesos industriales de molienda y elaboración de azúcar; Rafael, al conocimiento de los suelos en la parte plana del valle del río Cauca, la nutrición del cultivo y su fertilización; y Hernando, al conocimiento del mejoramiento genético de la caña de azúcar, la selección de las variedades por su adaptación a condiciones específicas y la caracterización de los genotipos en los distintos ambientes.

Del grupo de trabajadores de campo se retiró en 2008 por jubilación José Hernán Romero, quien se desempeñó como tractorista y estuvo vinculado con Cenicaña desde el 1 de marzo de 1985.

Ligia Genith Medranda Rosasco, nuestra Contadora, cumplió 30 años de labores en la institución en 2008.

Cenicaña tendrá siempre con ellos el más sincero sentimiento de gratitud y reconocimiento. Son miembros apreciados en nuestra comunidad.

VIII. Programa formación de jóvenes investigadores

Cenicaña es una de las instituciones nacionales de apoyo al fortalecimiento de la capacidad científica del país y como tal participa desde 1997 en el programa de formación de jóvenes investigadores auspiciado por Colciencias.

Convenio Colciencias-Cenicaña No. 128-2007

Joven investigador	Proyecto y Programa de investigación	Período
Patricia Jiménez Restrepo	Proceso de implementación y certificación en ISO 9001:2000 e ISO 14001. Validación de los procedimientos analíticos de suelos, tejidos foliares y caña de azúcar en Cenicaña. Laboratorio de Química, Programa de Procesos de Fábrica.	Marzo 2008 – febrero 2009

IX. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2008)

Dirección General

Álvaro Amaya Estévez. Directora 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
Hernando Antonio Ranjel Jiménez. Asesor en Fitomejoramiento. 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 Zuñiga. Investigador Temporal en Fitomejoramiento. Ingeniero Agrónomo.²
Luis Antonio Gómez Laverde. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.¹
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.
Jershon López Gerena. Biotecnólogo. Biólogo, Ph.D.²
Hugo Arley Jaimes Quiñónez. Biólogo. Biólogo.²
Gerardo González González. Ingeniero Agrónomo. Ingeniero Agrónomo.²

Programa de Agronomía

Jorge S. Torres Aguas. Director. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
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
Jaime Alberto Urbano Paz. Investigador Temporal en Mecanización Agrícola. Ingeniero Agrícola.²
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 Perredo Vidal. Química. Química.²
Nicolás Javier Gil Zapata. Ingeniero de Procesos Químicos. Ingeniero Químico, Ph.D.
Jorge Iván Socarras Díaz. Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.²
Jairo Moreno Lemos. Investigador Temporal. Ingeniero Químico.²
María Luisa Guzmán Romero. Microbióloga. Bacterióloga.¹
Zunny Tatiana Daza Merchan. 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
Cesar Fabiany Cañón Saa. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.²
Diego Fernando Cobo Barrera. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.²
Alexander Montoya Guerrero. Ingeniero Electrónico. Ingeniero Electrónico.²
José Andrés Chamorro Cuaran. Ingeniero Electricista. Ingeniero Electricista.²

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
Angie Franco Mejía. Grupos Transferencia de Tecnología. Ingeniera Agrónoma.²
Diego Zamorano Álvarez. Validación de Tecnología. Ingeniero Agrónomo.²
Alejandro Estrada Bedon. 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.
Carlos Andrés Osorio Murillo. Analista SIG. 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.

Siglas, símbolos y abreviaturas

De instituciones y grupos

ALUR	Alcoholes de Uruguay
Asocaña	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
BSES	<i>Bureau of Sugar Experimental Stations</i>
Cenicaña	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
Ciat	Centro Internacional de Agricultura Tropical
Cidca	Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar (México)
CNIAA	Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica
Cimpa	Centro de Investigación para el Mejoramiento de la Panela
Cogancevalle	Cooperativa de Ganaderos del Centro y Norte del Valle del Cauca
Colciencias	Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas"
Corpobid	Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
EEAOC	Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombres"
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FEDECACAO	Federación Nacional de Cacaoteros de Colombia
GTT	Grupo de Transferencia de Tecnología
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
Icontec	Instituto Colombiano de Normas Técnicas
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
ISSCT	Sociedad Internacional de Técnicos de la Caña de Azúcar (sigla en inglés)
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
Procaña	Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña
SENA	Servicio nacional de aprendizaje
SHMS	Servicio Meteorológico e Hidrológico de Suecia
Stab	Sociedad de Técnicos Azucareros y Alcohólicos de Brasil
Tecnicaña	Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar
UCSD	Universidad de California, San Diego
UIS	Universidad Industrial de Santander
UNAL	Universidad Nacional de Colombia
Univalle	Universidad del Valle
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>

De variedades de caña

CC	Cenicaña Colombia
Co	Coimbatore
CP	Canal Point
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ITV	Instituto Tecnológico Veracruzano
LT Mex	México
MZC	Mayagüez Colombia
N	Natal Sudáfrica
POJ	Profstation Öost Java
Q	Queensland
SP	Sao Paulo

Otras

AEPS	Agricultura específica por sitio
AFLP	<i>Amplified fragment length polymorphism</i>
AMMI	<i>Additive main effects and multiplicative interaction</i>
ARE	Azúcar recuperable estimado
ART	Azúcares reductores totales
Biocom	Plan colombiano de investigación + desarrollo + innovación en biocombustibles
BPM	Buenas prácticas de manufactura
CATE	Corte de caña, alce, transporte y entrega de la materia prima a la fábrica
CDF	Dinámica de fluidos computacional
CE	Conductividad eléctrica
FEA	Análisis por elementos finitos (sigla en inglés)
Eta	Evapotranspiración actual
Etp	Evapotranspiración potencial
Ev	Evaporación (medida en el tanque clase A)
EVI	<i>Enhanced vegetation index</i>
GGPS	Grandes grupos de preparación de suelos
GPS	Sistema de posicionamiento global (sigla en inglés)
GPRS	<i>General packet radio service</i>
HACCP	Análisis de peligros y control de puntos críticos
HAZOP	<i>Hazard and operability</i>
HPLC	Cromatografía líquida de alta eficiencia (sigla en inglés)
LSD	Escaldadura de la hoja
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
NIR	Infrarrojo cercano, espectroscopia (sigla en inglés)
ORP	Potencial de oxidorreducción
OVM	Organismos vivos modificados
PAZ-PAC	Planta de azúcar-planta de etanol
PTAR	Planta de tratamiento de aguas residuales
ppm	Partes por millón
QTL	<i>Quantitative Traits Loci</i>
Renova	Modelo económico para apoyar la decisión de renovación en cultivos de caña de azúcar
RMA	Red Meteorológica Automatizada
RSD	Raquitismo de la soca
Rto	Rendimiento
SEF	Sistema Experto de Fertilización
SCMV	Virus del mosaico común de la caña de azúcar
SCSMV	Virus del mosaico rayado
SCYLV	Virus de la hoja amarilla
SIG	Sistema de información geográfica
Simces	Sistema de información para el manejo de caña específico por sitio
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
URE	Uso racional de energía
VTF	Ventilador de tiro forzado
VTI	Ventilador de tiro inducido

Referencias bibliográficas

Chase G., 2002. Solid Notes 10. Hopper Desing. Disponible en <www.engineering.uakron.edu/~chem/fclty/chase/Solids/SolidsNotes10%20Hopper%20Desing.phd> Consultado el 08-04-2008.

Doorembos, J. y Kassam, A.H. 1986. Yield response to water. FAO. Irrigation and Drainage. Paper 33. Roma. 194 p.

Publicación Cenicafía

Comité editorial

Adriana Arenas Calderón
Álvaro Amaya Estévez
Camilo H. Isaacs Echeverry
Edgar Fernando Castillo Monroy
Jorge Ignacio Victoria Kafure
Jorge Stember Torres Aguas
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

Diseño de carátula y diagramación

Alcira Arias Villegas

Fotografías

Archivo Cenicafía

Preprensa e impresión

Feriva S.A.
Cali, Colombia

Se terminó de imprimir
el 14 de marzo de 2009

