



cenicaña

Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia

Informe Anual 2016





cenicaña

Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia

Informe Anual 2016

Fotografías de carátula: Andrea Campiño Blanco.

Plantas de caña de azúcar.

Laboratorio de suelos (abajo).

Fotografía de contra carátula: Banco de imágenes de Cenicaña.

Lisímetros de pesaje utilizados en experimentos de manejo de aguas.

Publicación Cenicaña

ISSN 0120-5854

Cita bibliográfica

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali. 2017.

Informe Anual 2016. Cali, Cenicaña. 112 p.

Producción editorial

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Cenicaña.

Tiraje

800 ejemplares

Dirección postal

Calle 58 norte No. 3BN-110

Cali, Valle del Cauca, Colombia

Estación experimental

San Antonio de los Caballeros, Vía Cali-Florida km 26

Tel: (57-2) 687 66 11

www.cenicana.org

buzon@cenicana.org



Guía de navegación

Para ampliar información o acceder a algunas herramientas y servicios se incluye un código de barras bidimensional (QR Code) que permite ingresar desde un dispositivo móvil a la página correspondiente en www.cenicana.org

Para utilizar el código es indispensable descargar en el móvil un lector de códigos QR, disponible de manera gratuita en App Store o Android Play Store.

Una vez instalado el lector, ábralo y apunte la cámara hacia el código QR. En unos segundos aparecerá la información en la pantalla.

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.



Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

El Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña, es una institución privada, sin ánimo de lucro, que se financia con aportes directos de trece ingenios azucareros del valle del río Cauca y sus proveedores de caña. Los pilares de su gestión son: Azúcar, energía, sostenibilidad y diversificación. A través de la investigación y la prestación de servicios especializados, el Centro apoya la gestión de conocimiento y la innovación tecnológica en la agroindustria colombiana. Fundado en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, Asocaña.

Misión

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

Visión

Ser un Centro de excelencia en investigación e innovación a nivel mundial, generador de tecnologías que hagan competitivo el sector agroindustrial de la caña de azúcar de Colombia, reconocido por los donantes como una inversión rentable; por su personal, como un sitio ideal para trabajar y desarrollarse; por la comunidad científica, como un centro creativo y de calidad; y por la sociedad, como una entidad valiosa.

Junta Directiva 2015 – 2016

Juan José Lülle Suárez
Presidente

Einar Anderson Acuña
Secretario

Principales

Juan José Lülle Suárez
Presidente Incauca S.A.

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

Mauricio Iragorri Rizo
Gerente general
Ingenio Mayagüez S.A.

Rodrigo Belalcázar Hernández
Gerente general
Ingenio Manuelita S.A.

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

Andrés Rebolledo Cobo
Gerente general
Ingenio Pichichí S.A.

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

Luis Fernando Londoño Capurro
Presidente
Asocaña

Rodrigo Villegas Tascón
Representante de los
cultivadores afiliados a Asocaña

Carlos Hernando Molina Durán
Presidente Junta Directiva
Procaña

Guido Mauricio López Ochoa
Procaña

Santiago Fernández Vallejo
Azucari

Suplentes

Gonzalo Ortiz Aristizábal
Gerente general
Ingenio Providencia S.A.

Gustavo Barona Torres
Gerente AgroRiocas
Riopaila Castilla S.A.

Carlos Eduardo Quintero Arizala
Gerente financiero y comercial
Ingenio Mayagüez S.A.

Daniel Galvis Mantilla
Gerente de campo
Ingenio Manuelita S.A.

Camilo Jaramillo Marulanda
Gerente
Ingenio María Luisa S.A.

Jaime Vargas López
Gerente general
Ingenio Carmelita S.A.

Reinaldo Arango Gómez
Asistente de gerencia
Ingenio Central Tumaco

Claudia X. Calero Cifuentes
Directora de gestión social
y ambiental
Asocaña

Bernardo Silva Castro
Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

Carlos Hernando Azcárate Tascón
Vicepresidente Junta Directiva
Procaña

Juan Manuel Salcedo Cabal
Procaña

Humberto Ramírez Arango
Azucari

Comités de la Junta

Comité Ejecutivo

Presidente
Luis Fernando Londoño Capurro
Presidente Asocaña

Comité de Programas

Presidente
Jaime Vargas López
Gerente General
Ingenio Carmelita

Comités de Investigación

Comité de Campo

Presidente
Juan Pablo Rebolledo R.
Gerente de campo y cosecha
Ingenio Mayagüez S.A.

Comité de Cosecha

Presidente
Mario Andrés Restrepo R.
Jefe de cosecha
Ingenio Mayagüez S.A.

Comité de Fábrica

Presidente
Gustavo Torres Muñoz
Gerente de fábrica
Riopaila Castilla S.A. (planta Castilla)

Personal directivo 2016

Álvaro Amaya Estévez
Director general

Einar Anderson Acuña
Director administrativo

Jorge Ignacio Victoria Kafure
Director Programa de Variedades

Javier Alí Carbonell González
Director Programa de Agronomía

Nicolás Javier Gil Zapata
Director Programa de Procesos de Fábrica

Einar Anderson Acuña
Jefe encargado Servicio de Análisis Económico
y Estadístico

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

Jaime Hernán Caicedo Ángel
Jefe Servicio de Tecnología Informática

Adriana Arenas Calderón
Jefe Servicio de Información y Documentación

Luis Eduardo González Buriticá
Superintendente de la Estación Experimental

Informe Anual 2016

Contenido

Mensaje del presidente de la Junta Directiva 2015-2016, Juan José Lülle Suárez	6
Informe del director general, Álvaro Amaya Estévez	8
El clima en el valle del río Cauca 2016	17
Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca 2016	23
Programa de Variedades	29
Programa de Agronomía	41
CATE: Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica	49
Programa de Procesos de Fábrica	53
Servicio de Análisis Económico y Estadístico	63
Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología	69
Servicio de Tecnología Informática	79
Servicio de Información y Documentación	81
Superintendencia de la Estación Experimental	85
Anexo	87
Apéndice	103

Los retos de la agroindustria de la caña de azúcar en medio de una coyuntura inquietante



Para nadie es un secreto que en los últimos años la agroindustria azucarera colombiana ha tenido que navegar por aguas turbulentas.

Además de la tradicional volatilidad de los precios internacionales del producto y de las cada vez más severas fluctuaciones climáticas, se han presentado otros factores que comprometen la rentabilidad del sector: la rebaja del techo del arancel del azúcar del 117% al 70% cuando se aplican los mecanismos que regulan el Sistema Andino de Franjas de Precios; la disminución al 15% — y ahora, en proximidades al 10% — del arancel que originalmente era del 20%; y la amenaza de importar etanol carburante de Estados Unidos, con altos subsidios y sin arancel, son algunos de los factores que causan mayor preocupación.

Es imperativo trabajar más y con mayor ahínco en mejorar las eficiencias en los procesos fabriles, en las operaciones de cosecha y de campo, en la gestión administrativa y la comercialización.

Tenemos que ser eficientes en la optimización de los ingresos y en el control de los costos en toda la cadena productiva, lo que involucra a todos los actores, particularmente a los proveedores de caña y a los ingenios.

También debemos actuar y profundizar más en el conocimiento de temas como la cogeneración de energía eléctrica, con investigaciones sobre la utilización de los residuos agrícolas de cosecha, la producción de alcoholes de origen celulósico o de segunda generación y la optimización de procesos biotecnológicos involucrados en la sucroquímica y el desarrollo de bioplásticos.

En estas acciones tiene un papel relevante el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña, lugar común para ingenios y proveedores de caña.

Cenicaña es el mejor ejemplo de la unión de intereses de estos dos actores de la cadena, quienes aportan para el funcionamiento del Centro el 0.65% de sus ingresos individuales y lo hacen con compromiso, convencimiento y gustosamente, puesto que reconocen la trascendencia de la investigación para el buen suceso de las actividades agrícolas y fabriles del cultivo de la caña de azúcar.

El aporte del Centro de Investigación al sector ha sido grande en sus casi 40 años de existencia. Durante muchos años Colombia ha sido el país con la mayor productividad en caña de azúcar en el mundo y, prácticamente, el 100% del área sembrada en caña de azúcar tiene variedades desarrolladas por Cenicaña.





En este campo de las variedades Cenicaña ha sido particularmente exitoso, al punto que ellas se siembran también en otros países. Naturalmente, no hay una variedad perfecta, pero por lo general las variedades CC, por sus características positivas, sobresalen frente a las demás.

Lo anterior se complementa con el enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS), que ofrece variedades y paquetes tecnológicos para el manejo del riego, el drenaje, la fertilización y demás labores para las diferentes zonas agroecológicas del valle del río Cauca, lo que le ha permitido al país mantener un lugar de preeminencia en el mundo de la caña de azúcar.

A esto se suman los avances del Programa de Procesos de Fábrica, que coadyuvan en la optimización de la actividad fabril; y los desarrollos del proyecto CATE para las actividades de cosecha, con lo cual se consolida una labor investigativa integral para beneficio del sector.

Pero los retos no terminan aquí; por el contrario, cada vez son mayores. Tenemos que continuar por la senda de la productividad y la eficiencia y aprovechar los desarrollos del Centro de Investigación con la adopción de la tecnología disponible, porque está demostrado que siempre se puede superar lo logrado.

En el valle del río Cauca ya no hay margen para crecer por la vía de la expansión territorial; sólo podremos hacerlo si aumentamos la productividad y ello debe estar acompañado de un mayor valor agregado en nuestros productos. En este escenario, es imposible abarcarlo todo; por eso es preferible focalizarnos en lo que más sabemos hacer. Así se vislumbra el aporte de Cenicaña para el futuro: buscar cada vez metas más altas y lograrlas. Ese es su compromiso y la voluntad de sus directivos y su capital humano.

Juan José Lülle Suárez

Presidente Junta Directiva
2015-2016

Investigación, transferencia de tecnología y capacitación: claves para las metas de productividad al 2030



El clima predominante en el valle del río Cauca, con la influencia de El Niño durante 2015 y su prolongación hasta el primer semestre de 2016, causó descensos significativos en la producción y la concentración de sacarosa en algunos meses del año y algunos sitios de la región.

Las condiciones climáticas, caracterizadas por una menor precipitación en 2015 y altas temperaturas en 2016 –particularmente de la temperatura mínima–, condujeron a una reducción considerable de la disponibilidad de agua de fuentes superficiales y a la restricción de su bombeo para riego y el uso de pozos.

Con respecto al año anterior, el 2016 fue similar en toneladas de caña por hectárea (TCH), con una producción de 117, mientras el rendimiento se redujo en 0.8 unidades porcentuales, lo que incidió en la disminución de 0.8 toneladas de azúcar por hectárea. La edad de cosecha se mantuvo en 12.7 meses.

Frente a los efectos de la variabilidad climática y los extremos derivados del cambio climático, invertir en el desarrollo de tecnología y su transferencia a ingenios y cultivadores contribuye a garantizar la competitividad y rentabilidad de la agroindustria. La investigación realizada por Cenicaña, así como las nuevas propuestas que se pusieron en marcha este año buscan, precisamente, aportar en esa dirección para alcanzar las metas del sector al 2030.

La meta de acortar el periodo de selección de una variedad de caña de azúcar será factible con la información molecular y de campo que se encuentra en desarrollo. La caracterización de marcadores moleculares y la evaluación del impacto que tienen las tecnologías de edición de genomas en caña de azúcar serán pilares para el reto al 2030.

El uso de equipos de agricultura de precisión y la incorporación de sensores de tensión del agua en el suelo y de imágenes remotas contribuirán a obtener el mayor potencial de producción de las nuevas variedades y a orientar el manejo agronómico.

La cosecha de la caña está cambiando hacia la mecanización y la infraestructura de las fábricas ha tenido que adecuarse ante la realidad de una materia prima con características diferentes. El Programa de Procesos de Fábrica evalúa el impacto de las diferentes variables que afectan la extracción y la elaboración de azúcar y etanol en el nuevo escenario, y hace propuestas de mejora.





Además, para hacer un manejo ambiental sostenible se estudian y proponen alternativas para racionalizar el uso de insumos, utilizar equipos agrícolas adecuados y ejecutar prácticas responsables con el medio ambiente, desde los campos hasta las fábricas.

En los temas mencionados, este informe ilustra los hechos más relevantes de la investigación en 2016.

Variedades

El desarrollo de variedades con enfoque de agricultura específica por sitio continuó generando resultados para los tres ambientes del valle del río Cauca:

Para el ambiente semiseco, en las condiciones extremas del clima predominante en 2015 y parte de 2016 se seleccionaron variedades que superaron a CC 85-92 y CC 01-1940 en toneladas de sacarosa por hectárea (TSH) por la vía de la producción de caña y el contenido de sacarosa. Así, en los resultados de plantilla del estado III, series 2010 y 2011, sobresalieron las variedades CC 11-0132 y CC 10-019, las cuales superaron entre 20% y 27% en TSH a CC 85-92 y entre 8% y 14% a CC 01-1940 por la vía de tonelaje de caña y sacarosa.

En el mismo ambiente, en la prueba regional de las series 2004 a 2009 se destacaron en toneladas de azúcar por hectárea (TAH) las variedades CC 05-430 y CC 09-535 que superaron en 21% y 12% a CC 01-1940 y entre 30% y 40% al testigo CC 85-92, ambas por la vía de tonelaje de caña y sacarosa % caña. La variedad CC 01-1940, desarrollada para el ambiente húmedo, se incluyó en estas pruebas dado que ingenios y cultivadores la siembran en zonas secas.

En el ambiente húmedo, CC 01-1940 es la de mayor expansión por tener producción de caña y rendimiento similares a CC 85-92. En los resultados obtenidos en la plantilla de la prueba regional, series 2003, 2005 y 2006, para este ambiente sobresalió CC 06-648 por su mayor sacarosa (16.47%) frente a CC 01-1940 (15.6%). Aunque CC 06-648 no se caracteriza por su producción de caña, es importante en los cruzamientos como progenitor de variedades de alta sacarosa, para evaluar su producción de caña en los nichos de mejor adaptación y como alternativa en el manejo agronómico específico del cultivo.

En los estados iniciales de selección para el ambiente húmedo, las variedades CC 11-600, CC 11-595 y CC 11-606 también superan en producción de caña y sacarosa a CC 01-1940.



Para disminuir el riesgo sanitario a través de la resistencia genética, Cenicaña promueve la siembra de variedades genéticamente diferentes y resistentes a enfermedades, el uso de semilla sana y el control integral de plagas en todas las fincas.

La biotecnología y las herramientas moleculares se han incorporado en los desarrollos de Cenicaña para el diagnóstico de enfermedades, la producción de semilla limpia, la transformación genética y, más recientemente, para la búsqueda de genes de interés y marcadores moleculares que contribuyan a mayor precisión en la selección de nuevas variedades y en la reducción del tiempo para obtenerlas.

La producción de azúcar con variedades genéticamente modificadas no está en los objetivos inmediatos del sector colombiano de la caña de azúcar, igual que ocurre en otras industrias azucareras del mundo, pero se justifica conocer los procesos y el potencial de estas tecnologías. Actualmente, el Centro de Investigación trabaja con los genes disponibles y la normatividad vigente a fin de que la agroindustria cuente con el conocimiento y la capacidad para la producción de variedades genéticamente modificadas que se puedan utilizar para la producción comercial de azúcar o energía.

Un ejemplo de lo anterior es la inserción de genes para conferir resistencia a enfermedades en las variedades susceptibles de caña de azúcar de Cenicaña, por cuanto el riesgo de una epidemia en plantaciones comerciales se incrementa cuando predominan una o pocas variedades en los campos, condición que facilita la mutación de los patógenos. Con dicho propósito se incorporan genes de resistencia en las variedades. El objetivo es conservar su capacidad productiva, controlando o atenuando el efecto de una alta presión de enfermedades como el virus de la hoja amarilla, la escaldadura de la hoja o el raquitismo de la soca.

Con respecto a las plagas, el barrenador del tallo *Diatraea* spp. también representa riesgos para el cultivo. El control biológico ha demostrado su eficiencia si se realiza oportunamente, pero la presencia de nuevas especies de la plaga incrementa los riesgos. La más reciente investigación mostró que *Cotesia flavipes* logró parasitismos del 60% al 90% en las diferentes especies de *Diatraea*, con lo que aumenta la disponibilidad de enemigos benéficos naturales en el valle del río Cauca.





Agronomía

El manejo agronómico es tan importante como las variedades. En 2016, el agua, recurso vital para la producción de caña, fue limitada en algunos meses y áreas debido a la influencia del fenómeno de El Niño. La precipitación del año (1256 mm) fue superior a la de 2015 (931 mm) y la distribución y frecuencia de los días con lluvia fueron atípicas.

La investigación para mejorar la eficiencia en el uso del recurso hídrico incluye la determinación del consumo de agua de las principales variedades comerciales y la evaluación y validación de sensores para el monitoreo continuo de la tensión del agua en el suelo para programar el riego. La evaluación de sensores de tensión con diferentes tratamientos de riego y fertilización mostró que 80 kilos de nitrógeno (N) fueron suficientes para obtener altas producciones. La investigación continuará en más cortes para una mayor recopilación de datos que permitan realizar un análisis económico.

El microbioma del suelo contribuye a fijar nitrógeno de la atmósfera y a asimilar los nutrimentos disponibles naturalmente en el suelo o aplicados como fertilizantes. La investigación actual se enfoca en la búsqueda de microorganismos disponibles en la materia vegetal de diferentes variedades y en suelos. Resultado de esta investigación es la identificación de 111 aislamientos de distintos géneros de bacterias, cuya caracterización fenotípica y molecular mostró cepas de microorganismos con alto potencial como fijadores de N.

De otro lado, en conjunto con una compañía privada y un ingenio, Cenicaña evaluó el uso de vehículos aéreos no tripulados o drones para la maduración artificial de la caña en zonas de restricción. Según los estudios realizados, esta tecnología es una alternativa y un complemento a los equipos convencionales utilizados en las labores para incrementar la sacarosa en la fase final del cultivo.

Asimismo, con el uso de drones y equipos complementarios se obtuvieron imágenes digitales y modelos de elevación y superficie para la medición de variables de producción en el campo. Hoy se cuenta con datos de altura del cultivo como indicador de biomasa y se están validando modelos de aforo de caña para estimar la producción con resultados promisorios.



El uso de equipos para medición indirecta de las propiedades físico-químicas se está incorporando en la agricultura moderna. Cenicaña evalúa un perfilador de suelos que usa la inducción electromagnética para generar mapas de variabilidad del suelo. Esto complementa la información para modelos de crecimiento y producción.

En tecnologías de agricultura de precisión este año se avanzó en la obtención de mapas de productividad durante la cosecha, que orientan labores posteriores como fertilización y nivelación de precisión. En este proceso se identificó que la capacitación de los operarios es fundamental en la implementación de las tecnologías. En tal sentido, Cenicaña, en colaboración con los proveedores de las tecnologías, proyecta realizar capacitaciones que conduzcan a utilizarlas de manera más eficiente.

En el marco del proyecto CATE (corte, alce, transporte y entrega de la caña en fábrica) se logró reducir los costos de la operación de transporte en 11%. Este logro es fruto de acciones conjuntas para el uso de equipos de transporte de caña más livianos y de vagones de autovolteo.

Procesos de fábrica

Los pilares de la investigación en el Programa de Procesos de Fábrica son azúcar, energía, diversificación y sostenibilidad, cuatro temas que cobran una relevancia mayor con el incremento de la cosecha mecanizada. Precisamente, durante este año Cenicaña cuantificó una reducción de casi 2 puntos porcentuales en la extracción global de un ingenio cuando el contenido de materia extraña mineral en la materia prima se incrementó en 4%.

Pero el impacto de la cosecha mecánica por efecto de la materia extraña no es sólo en la extracción. La calidad de la materia prima se afecta por la presencia de metabolitos, indicadores de microorganismos que consumen sacarosa. La investigación desarrollada cuantificó las pérdidas de azúcar, identificó los sitios más vulnerables en el proceso y determinó acciones preventivas y de control. Lo anterior es relevante tanto en la producción de azúcar como de etanol. La cosecha mecanizada también incide en el color de jugos y en consecuencia implica mayores costos de limpieza y clarificación. En ese sentido se caracterizaron los precursores de color y se desarrollaron metodologías para su determinación.





En la investigación en energía se destacó la formulación y validación de una propuesta para el incremento de la eficiencia energética térmica del vapor en el proceso de calentamiento. Esta iniciativa logró disminuir en 25% el vapor requerido en los calentadores para alcanzar las condiciones adecuadas de calentamiento de salida del jugo.

Hoy también se cuenta con información sobre el impacto de la granulometría de los materiales de combustión en las calderas, lo cual orienta los criterios de diseño, operación y ajuste de las mismas. Durante el presente año el Centro de Investigación desarrolló un modelo que caracteriza la dinámica de las partículas en el hogar de la caldera.

Por otro lado, los estudios en diversificación se concentraron en la evaluación y caracterización de los residuos agrícolas de cosecha (RAC) de la caña de azúcar para la producción de briquetas. La información de las variables físicas, térmicas y mecánicas obtenidas con equipos diseñados en Cenicaña orientan los desarrollos requeridos para el aprovechamiento del RAC como combustible.

La sostenibilidad es un aspecto fundamental tanto en el campo como en los procesos fabriles. De ahí que se avance en estudios sobre huella de carbono, para cuantificar las emisiones a la atmósfera de los gases efecto invernadero de la agroindustria. Gracias a ello se estimó que las emisiones en la producción de etanol disminuyeron en los últimos años fundamentalmente por la reducción en el uso de carbón como combustible y por la mejora de la eficiencia energética en el proceso productivo.

Transferencia de tecnología

La adopción de tecnología es dependiente de las actividades de transferencia y la interacción permanente entre los investigadores de Cenicaña y los usuarios del sector.

Si bien los resultados de la investigación para los diferentes ambientes del valle del río Cauca son los que determinan las acciones para un manejo agronómico específico del cultivo, el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología se encarga de identificar y priorizar necesidades y diseñar estrategias para la implementación del enfoque de AEPS.



En ese sentido, una prioridad de los últimos años ha sido la capacitación de los agricultores a través de los asistentes técnicos de los ingenios y asistentes técnicos particulares que participan en el Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT).

Un seguimiento a la adopción de tecnologías mostró que luego de las capacitaciones del PAT se generaron mejores criterios para seleccionar variedades, definir prácticas de cultivo, hacer un mejor uso del agua y un adecuado monitoreo de *Diatraea*. Los resultados tangibles en la producción serán más evidentes a medida que se obtengan datos de productividad y se comparen con la tecnología convencional.

El clima en 2015 y 2016 fue adverso para la producción de caña y azúcar en la región. El conocimiento, las tecnologías y la transferencia realizada por Cenicaña, junto con el saber de ingenios y cultivadores, atenuaron de una u otra forma el impacto del clima en la productividad.

El promedio de producción de azúcar del sector para los tres primeros cortes en cada año desde 2011 al 2015 fue mayor al de la variedad CC 85-92 en el mismo período y cortes. Este resultado es fruto de la contribución de las nuevas variedades, el enfoque AEPS, la transferencia de tecnología y las acciones implementadas por ingenios y cultivadores. Esa mayor productividad también coincide con el incremento del área cosechada con las nuevas variedades (CC 93-4418 y CC 01-1940) y la disminución del área con CC 85-92 en cada uno de los años mencionados, como muestra el informe del Servicio de Análisis Económico y Estadístico.

Lo anterior sustenta la necesidad de fortalecer la capacitación a todos los niveles y en los temas que conjuntamente se han identificado como prioritarios. La Junta Directiva aprobó en 2016 la propuesta de construir un centro de capacitación adecuado a las necesidades del sector. Así, el Centro de Capacitación de la Agroindustria Azucarera empieza a operar en 2017 con un plan de capacitación para técnicos, supervisores y operarios de labores de campo y fábrica.

Servicios

En el desarrollo y logros de la investigación realizada en Cenicaña ha sido fundamental la participación de diferentes Servicios:

El Servicio de Análisis Estadístico y Económico apoya la investigación con metodologías de diseño experimental, análisis de resultados y evaluación del impacto





de las tecnologías. En 2016 colaboró con ingenios y cultivadores en el análisis de información comercial para orientar la AEPS, la toma de decisiones en la adopción de tecnología y la generación de modelos predictivos de la producción y el clima.

El Servicio de Tecnología Informática contribuye al desarrollo y respaldo tecnológico de la investigación. En 2016 trabajó en mejorar la conectividad de herramientas de información de la agroindustria y en garantizar la calidad de los datos de la Red Meteorológica Automatizada, la Red de Calidad del Aire PM10, la RTK y la Red de Monitoreo Hidrológico para el Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad, este último liderado por Asocaña.

Finalmente la información técnica en caña de azúcar y en temas afines a la investigación o de interés para la agroindustria está bajo la responsabilidad del Servicio de Información y Documentación, que este año empezó a implementar los requerimientos de la Ley General de Archivos y a administrar una herramienta interna para hacer seguimiento a los proyectos de investigación, desde su estructuración hasta la transferencia de los resultados a los usuarios del sector.

Proyección

En 2016, con la coordinación de Asocaña y la participación de gerentes y presidentes de ingenios, representantes de los cultivadores y directivos del Centro de Investigación, se realizó un ejercicio de prospectiva y proyección para el mejoramiento de la competitividad de la agroindustria y su posicionamiento en los años venideros.

En el ejercicio surgieron temas en los que es necesario reforzar e implementar nuevas acciones. Con respecto al papel de Cenicaña en la transferencia de tecnología y capacitación, así como en el análisis de prioridades que fortalezcan la investigación, el próximo año y en los siguientes se ejecutarán acciones que conduzcan a una mayor productividad.

Investigación colaborativa

Para el desarrollo de la investigación y oferta de servicios, se cuenta con el apoyo del sector, infraestructura y un grupo humano especializado. Sin embargo, también se debe aprovechar el conocimiento e información de otras entidades en temas afines y de interés. **Un segmento de esa información se comparte de manera gratuita; otra parte se adquiere en desarrollos colaborativos que requieren inversión.** Esa es la realidad del mundo globalizado.



En los proyectos de Cenicaña participan universidades locales y nacionales. Además, a escala internacional, se tienen convenios y relación con sus similares de las industrias azucareras de Brasil, Argentina, Ecuador, México, Guatemala, Estados Unidos, Australia, Suráfrica, China e India. Diferentes iniciativas en las áreas de biotecnología, fisiología, manejo ambiental y energía se realizan con universidades de Estados Unidos y Europa y centros de investigación de Francia, Alemania y Holanda.

Capital humano

La investigación de Cenicaña y la innovación y valor que generan en el sector han llevado a esta industria al primer lugar en productividad en el contexto azucarero mundial.

Aún hay espacio para mejorar y ese es el reto de nuestras acciones de hoy para alcanzar las metas al 2030. El logro de ellas será factible siempre y cuando ingenios, cultivadores e investigadores aúnen esfuerzos en los mismos objetivos.

No sólo los productos tangibles, como las toneladas de caña en el campo o los quintales de azúcar en las fábricas, representan un valor para el sector. Hoy el sector cuenta en Cenicaña con un capital de gran valor, representado en el conocimiento, la capacidad de análisis y visión de sus investigadores y colaboradores, que proyectan y desarrollan la tecnología para la competitividad, rentabilidad y sostenibilidad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar ante la influencia de factores macroeconómicos, sociales y de cambio climático.

Álvaro Amaya Estévez

Director general de Cenicaña

El clima en el valle del río Cauca 2016



El clima del valle del río Cauca en 2016 se caracterizó por la disipación durante el primer semestre de un fenómeno El Niño muy fuerte y por la presencia de un fenómeno La Niña en el segundo semestre.

Evolución de las condiciones en el océano Pacífico ecuatorial

El fenómeno El Niño que se formó en el océano Pacífico tropical en octubre de 2014 alcanzó su mayor intensidad (2.5°C) durante los meses de noviembre y diciembre de 2015. Este fenómeno y el ocurrido entre 1997 y 1998 son los Niños más fuertes del siglo XX y lo corrido del siglo XXI.

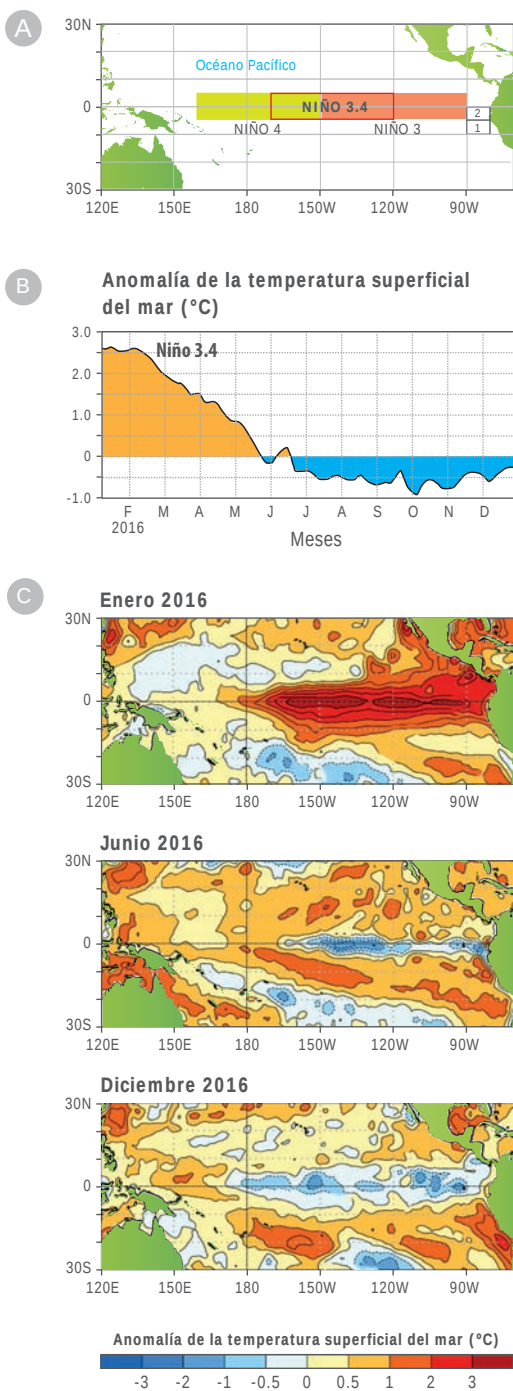
El 2016 inició bajo la fuerte incidencia de este fenómeno, el cual se disipó durante el transcurso del primer semestre del año. A partir de junio se dieron condiciones normales que prevalecieron también en julio.

En agosto, el océano Pacífico ecuatorial presentó una temperatura superficial del mar 0.5°C por debajo de su valor normal para la época, condición que se prolongó hasta diciembre, dando lugar así a la presencia de un fenómeno La Niña en dicho periodo (**Figura 1**).

En la Figura 1 se observan: A) zonas para la caracterización y seguimiento de los fenómenos El Niño y La Niña en el océano Pacífico ecuatorial. Se resalta la zona Niño 3.4, en la cual tienen lugar los fenómenos El Niño y La Niña, los cuales afectan los patrones climáticos en diferentes regiones del planeta; B) evolución, a través del año de la anomalía de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial; C) condiciones térmicas de la superficie del océano Pacífico tropical para tres distintas épocas del año.

Figura 1.

Evolución de la anomalía de la temperatura superficial del mar (°C) en el océano Pacífico ecuatorial durante 2016.



Fuente: NOAA.

Comportamiento del clima en el valle del río Cauca

Por efecto de El Niño que caracterizó el 2015, el primer trimestre de 2016 mostró anomalías climáticas muy fuertes de diferentes variables: la radiación solar, la evaporación y, especialmente, las temperaturas tuvieron valores muy por encima de lo normal; por el contrario, la humedad relativa, la precipitación y el número de días con precipitación mostraron valores muy por debajo de lo normal para la época.

El mismo tipo de anomalías climáticas del primer trimestre, pero más moderadas, se presentaron de manera generalizada en la región durante el segundo trimestre de 2016. El fenómeno El Niño desapareció en mayo, mes en el que la precipitación mostró un incremento inusitado (más de un 50% en promedio para la región).

Las variables climáticas retornaron a sus valores normales o cercanos a éstos en julio, cuando tan sólo el número de días con precipitación atmosférica mostró un valor alejado de su media climatológica (25% más alto).

Durante los primeros cinco meses del año la temperatura mínima media del aire mostró valores entre altos y muy altos, que sobrepasaron los 20.0°C en febrero, marzo y abril, dando lugar a anomalías positivas de gran magnitud (cercanas o por encima de 1.0°C). Esta situación condujo a una reducción considerable de la concentración de sacarosa en los cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca en este periodo.

Una situación similar, pero durante todo el primer semestre, se presentó en 1998, por lo que en aquel entonces también se registró descenso en la concentración de sacarosa. La Red Meteorológica Automatizada (RMA) entró en operación en septiembre de 1993 y por lo tanto no hay registros anteriores a esa fecha.

En agosto de 2016 las variables climáticas tuvieron el mismo comportamiento que en el primer trimestre del año, mostrando, a

destiempo, el mismo efecto de un fenómeno El Niño sobre el clima de la región.

En septiembre y octubre la precipitación presentó valores muy altos y altos respecto al medio mensual multianual (160% y 132%), mientras que las demás variables tuvieron valores cercanos a las respectivas medias climatológicas.

En diciembre, por efecto del fenómeno La Niña, descendieron por debajo de sus valores habituales las temperaturas, la radiación solar y la evaporación y se registraron valores altos de humedad del aire, precipitación y número de días con precipitación, con respecto a sus medios climatológicos multianuales (**Cuadros 1, 2 y 3. Figuras 2, 3 y 4**).

Cuadro 1.

Condiciones climáticas del valle del río Cauca. Resumen de valores medios y extremos por semestres. Años 2015 y 2016 *versus* año climatológico periodo 1994-2016.

Variable climatológica	Semestre 1			Semestre 2			Año		
	Clima	2015	2016	Clima	2015	2016	Clima	2015	2016
Temperatura mínima absoluta (°C)	12.8	14.3	15.3	11.3	13.7	11.3	11.3	13.7	11.3
Temperatura mínima media (°C)	19.0	19.1	19.8	18.6	19.0	18.5	18.8	19.0	19.2
Temperatura media (°C)	23.3	23.9	24.4	23.1	24.3	23.3	23.2	24.1	23.8
Temperatura máxima media (°C)	29.9	30.9	31.5	29.8	31.7	30.4	29.8	31.3	30.9
Temperatura máxima absoluta (°C)	37.8	37.5	37.3	39.2	37.1	37.9	39.2	37.5	37.9
Oscilación media diaria de temperatura (°C)	10.8	11.8	11.7	11.2	12.7	11.8	11.0	12.2	11.7
Radiación solar media diaria [cal/(cm²xdía)]	410	418	423	412	421	413	409	420	418
Evaporación (mm)	797	852	870	837	914	856	1656	1766	1725
Humedad relativa media (%)	81	76	77	79	74	78	80	75	77
Precipitación (mm)	685	553	618	580	379	638	1266	931	1256
Días con precipitación (No.)	91	71	81	86	60	94	177	131	175

Fuente: RMA, Cenicaña.



En los primeros cinco meses de 2016 la temperatura mínima media del aire presentó valores muy cercanos o superiores a los 20°C, situación que estuvo asociada a la reducción de la concentración de la sacarosa en los cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca en dicho periodo.

Cuadro 2.

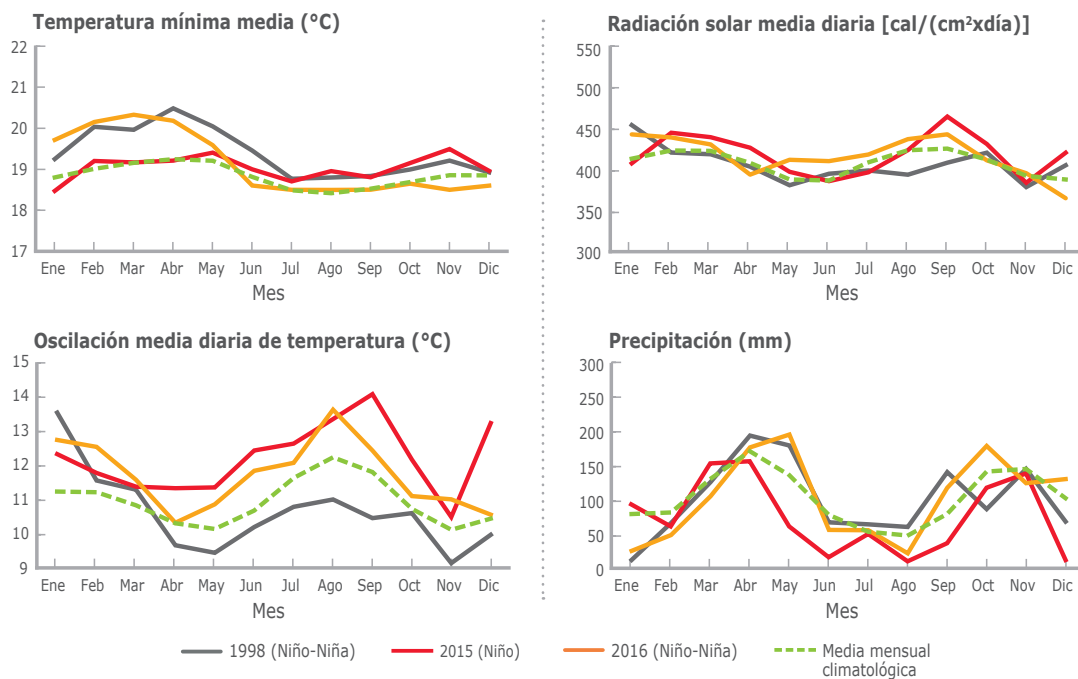
Condiciones climáticas del valle del río Cauca. Resumen de valores medios y extremos. Años 2010 a 2016 *versus* año climatológico 1994-2016.

Variable Climatológica	Año Clima	Año 2010 (Niño- Normal- Niña)	Año 2011 (Niña- Normal- Niña)	Año 2012 (Niña- Normal)	Año 2013 (Normal)	Año 2014 (Normal- Niño)	Año 2015 (Niño)	Año 2016 (Niño- Normal- Niña)
Temperatura mínima absoluta (°C)	11.3	14.1	12.3	13.3	12.3	12.9	13.7	11.3
Temperatura mínima media (°C)	18.8	19.0	18.5	18.7	18.9	18.8	19.0	19.2
Temperatura media (°C)	23.2	23.1	22.8	23.3	23.3	23.4	24.1	23.8
Temperatura máxima media (°C)	29.8	29.6	29.4	30.1	30.1	30.5	31.3	30.9
Temperatura máxima absoluta (°C)	39.2	37.8	35.8	36.5	34.7	37.3	37.5	37.9
Oscilación media diaria de temperatura (°C)	11.0	10.6	10.8	11.4	11.1	11.6	12.2	11.7
Radiación solar media diaria [cal/(cm²xdía)]	411	389	394	406	399	408	420	418
Evaporación (mm)	1656	1556	1573	1689	1621	1678	1766	1725
Humedad relativa media (%)	80	81	80	77	78	77	75	77
Precipitación (mm)	1266	1654	1636	1200	1166	1224	931	1256
Días con precipitación (No.)	177	201	204	166	169	174	131	175

Fuente: RMA, Cenicaña.

Figura 2.

Valores medios mensuales de cuatro variables atmosféricas para el valle del río Cauca. Años 1998, 2015 y 2016 *versus* año climatológico 1994-2016.



Fuente: RMA, Cenicaña.

Figura 3.

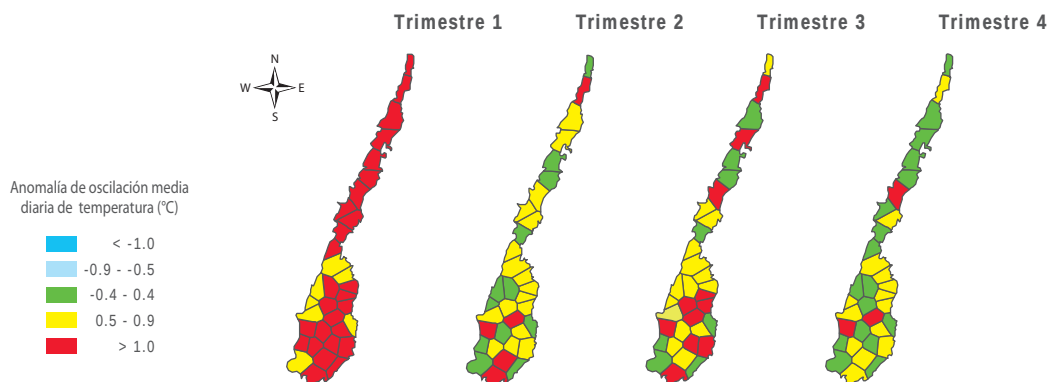
Valores medios y extremos anuales de variables atmosféricas del valle del río Cauca. Años 1994-2016 versus condiciones Niño-Niña.



Fuente: RMA, Cenicaña.

Figura 4.

Anomalía media diaria trimestral de oscilación de temperatura para las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada en el valle del río Cauca. 2016.



Fuente: RMA, Cenicafía.

Cuadro 3.

Resumen de anomalías climáticas en promedio para el valle del río Cauca. 2016.

Condición Niño-Niña	Meses												Trimestres				Semestres		Año
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T-1	T-2	T-3	T-4	S-1	S-2	
Índice Oceánico El Niño	2.2	1.9	1.5	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	1.9	0.6	-0.6	-0.8	1.2	-0.7	0.3
	Muy fuerte			Fuerte			Moderado			Niño débil			Normal		Niña débil		Moderada		Fuente

Variable climática	Meses												Trimestres				Semestres		Año
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T-1	T-2	T-3	T-4	S-1	S-2	
Temp. mínima media (°C)	0.9	1.1	1.2	0.9	0.4	-0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	-0.3	-0.2	1.1	0.4	0.1	-0.2	0.7	0.0	0.3
Temp. media (°C)	1.6	1.7	1.5	0.9	0.7	0.3	0.1	0.7	0.1	0.1	0.1	-0.3	1.6	0.6	0.3	0.0	1.1	0.1	0.6
Temp. máxima media (°C)	2.4	2.4	1.9	0.9	1.0	0.9	0.4	1.5	0.6	0.3	0.5	-0.2	2.2	0.9	0.8	0.2	1.6	0.5	1.1
Oscilación de temp. (°C)	1.5	1.3	0.8	0.0	0.7	1.1	0.4	1.4	0.6	0.3	0.9	0.0	1.2	0.6	0.8	0.4	0.9	0.6	0.8
Radiación solar (%)	108	104	102	97	106	106	103	104	104	100	101	94	105	103	104	99	104	101	103
Evaporación (%)	117	115	107	98	108	109	103	109	103	100	105	91	113	105	105	99	109	102	105
	Extrem. alto			Muy alto			Alto			Normal			Bajo		Muy bajo		Extrem. bajo		

Variable climática	Meses												Trimestres				Semestres		Año
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T-1	T-2	T-3	T-4	S-1	S-2	
Humedad relativa (%)	-6	-5	-2	-1	-2	-2	0	-4	0	0	0	2	-4	-2	-1	1	-3	0	-2
Precipitación (%)	40	57	88	109	155	77	95	47	160	132	93	134	61	114	101	120	88	110	99
Días con precipitación (%)	69	66	95	96	104	96	125	68	116	117	96	127	76	98	103	113	87	108	98
	Extrem. Bajo			Muy bajo			Bajo			Normal			Alto		Muy alto		Extrem. Alto		

Fuente: RMA, Cenicafía.

Anexo I. Comparativo multianual del clima en el valle del río Cauca. 1994-2016. Páginas 88-89.



código QR

INFORMACIÓN
METEOROLÓGICA Y
CLIMATOLÓGICA



Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca 2016

El análisis descriptivo y el comparativo de 2015 y 2016 se basa en los datos reportados por los ingenios Carmelita, Central Tumaco, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila-Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos, en relación con la producción de caña de azúcar, azúcar y etanol y la generación de energía eléctrica a partir de la caña de azúcar cosechada en tierras con manejo directo de los ingenios y en tierras de proveedores de caña (**Cuadro 4**).

Cuadro 4.

Principales indicadores de productividad. Totales y promedios de 29,102 suertes cosechadas en 2015 y 28,289 suertes cosechadas en 2016.

2015		2016
Área cosechada 201,121 hectáreas	-	Área cosechada 191,293 hectáreas
Variedades (% del área cosechada) CC 85-92 (54.0%), CC 01-1940 (12.4%) y CC 93-4418 (15.0%)		Variedades (% del área cosechada) CC 85-92 (45.4%), CC 01-1940 (21.3%) y CC 93-4418 (15.3%)
Número de corte 4.9		Número de corte 5.0
Edad de corte 12.9 meses	-	Edad de corte 12.7 meses
Caña molida 24,203,505 toneladas	-	Caña molida 23,221,931 toneladas
Azúcar producido 2,864,105 toneladas	-	Azúcar producido 2,549,716 toneladas
Etanol producido 455,222,000 litros	-	Etanol producido 433,835,000 litros
Energía eléctrica generada 513,643 megavatios por hora	+	Energía eléctrica generada 591,717 megavatios por hora



Anexo II. Indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. 2015-2016. Página 90.

Observaciones de campo

De acuerdo con el ciclo ENOS (El Niño Oscilación del Sur), la condición del océano Pacífico tropical durante 2016 fue de Niño-Niña. En enero continuó el calentamiento de la capa superficial del mar y persistió hasta mayo, de tal manera que los primeros cinco meses del año transcurrieron en condiciones del fenómeno El Niño. En junio y julio se dieron condiciones normales y, a partir de agosto, con el enfriamiento del océano, se registraron cinco meses de La Niña. En el valle del río Cauca, El Niño se manifiesta en precipitaciones bajas y La Niña, en precipitaciones altas.

Sobre el comportamiento de las variables de campo durante 2016, se observó lo siguiente (**Figura 5**):

- La edad de cosecha de la caña de azúcar fue menor en 2016, con una diferencia de 1.5% (-0.2 meses) con respecto a 2015. En el primer semestre se cosecharon cañas más jóvenes que en el segundo, lo que afectó negativamente los promedios finales de tonelaje y rendimiento. El número de cortes se mantuvo, en promedio, en 5 cortes.
- La productividad del cultivo en toneladas de caña por hectárea (TCH) aumentó progresivamente durante el 2016. Comenzó en 108 TCH en enero y terminó en 127 TCH

en diciembre. A partir de abril estuvo por encima de los registros mensuales de 2015, hasta alcanzar 0.7% más TCH en 2016. La restricción para el riego y el déficit hídrico que venían de 2015 y continuaron en los primeros meses del año siguiente afectaron las TCH del primer trimestre de 2016.

- El rendimiento comercial o porcentaje de azúcar recuperado por tonelada de caña molida tuvo un decremento de 6.6% en comparación con 2015. Las anomalías del clima del primer trimestre de 2016 (temperatura mínima alta: 1°C por encima del promedio histórico) y del segundo trimestre (precipitación alta: 47 mm mayor) se vieron reflejadas en los valores de rendimiento del segundo trimestre, cuando se tuvieron los registros más bajos de la historia: 10.1% en promedio, con el valor mínimo de 9.8% en julio. En el segundo semestre, las altas precipitaciones asociadas a la condición de La Niña también afectaron negativamente los rendimientos del periodo (**Cuadro 5**). En la **Figura 6** se muestra el comportamiento promedio del rendimiento en este tipo de años (Niño-Niña).

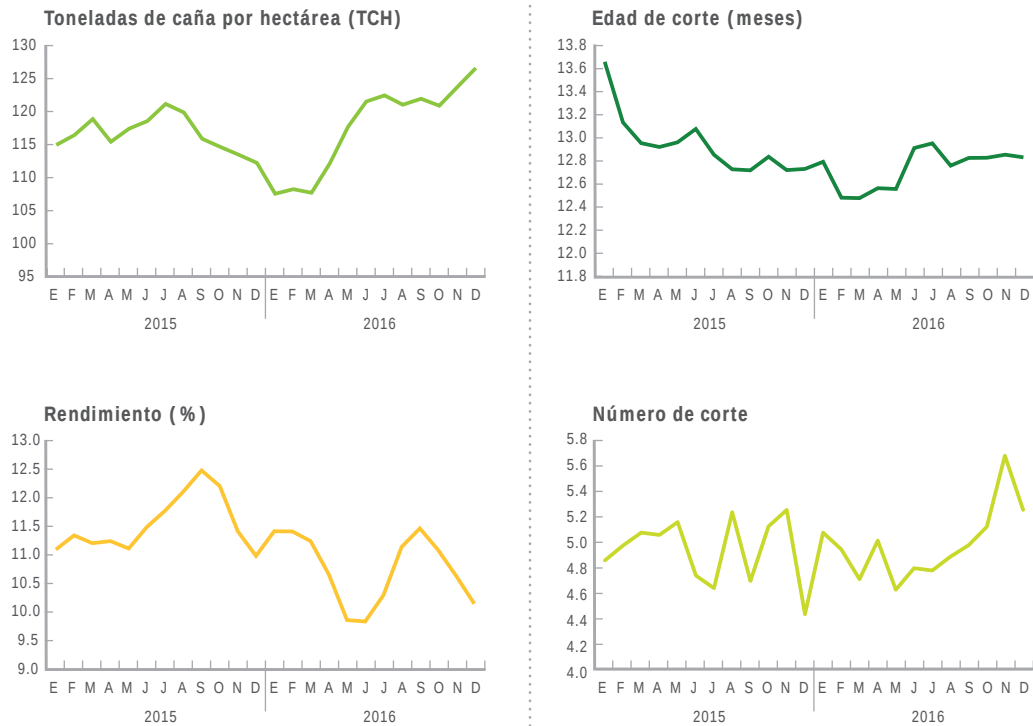
- En el comparativo anual por ambientes, todos mostraron disminución del rendimiento comercial y la producción de azúcar. Se destacó por mayor tonelaje de caña el ambiente húmedo (**Cuadro 6**).



La producción se afecta en gran medida por las temporadas del clima en la región y por las anomalías que provoca las condiciones de los fenómenos El Niño y La Niña. La variación de la producción depende de la magnitud de los eventos y su alternancia.

Figura 5.

Indicadores de productividad: TCH, rendimiento (%), edad de corte (meses) y número de corte. Datos de trece ingenios. 2015-2016.



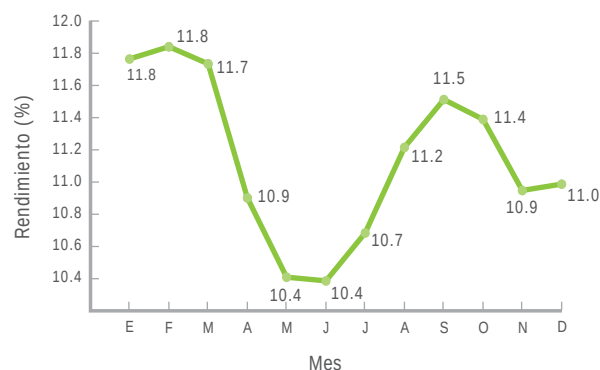
Cuadro 5.

Rendimiento comercial mensual de los años con climatología influida por la condición Niño en el primer semestre y condición Niña en el segundo semestre. Datos de trece ingenios. Años 1995, 1998, 2010 y 2016.

Mes	Rendimiento (%)			
	1995	1998	2010	2016
Enero	11.4	11.9	12.3	11.4
Febrero	11.9	11.9	12.2	11.4
Marzo	11.9	11.6	12.2	11.2
Abril	11.2	10.7	11.1	10.7
Mayo	10.9	10.3	10.6	9.9
Junio	10.9	10.4	10.4	9.8
Julio	11.2	10.9	10.4	10.3
Agosto	11.3	11.5	10.9	11.2
Septiembre	11.8	11.6	11.1	11.5
Octubre	11.4	11.8	11.3	11.1
Noviembre	11.1	11.3	10.7	10.7
Diciembre	11.5	11.5	10.5	10.5

Figura 6.

Comportamiento promedio del rendimiento comercial mensual de los años con climatología influida por la condición Niño en el primer semestre y condición Niña en el segundo semestre. Datos de trece ingenios. Años 1995, 1998, 2010 y 2016.



Cuadro 6.

Indicadores de productividad de la caña de azúcar en tres ambientes de cultivo en el valle del río Cauca. Valores promedio ($\pm$) la desviación estándar. 2015-2016.

Indicador	Ambiente húmedo 		Ambiente piedemonte 		Ambiente semiseco 	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
TCH	111.3 $\pm$ 25.7	115.6 $\pm$ 26.9	100.5 $\pm$ 25.3	99.2 $\pm$ 30.2	121.1 $\pm$ 24.7	121.3 $\pm$ 27.7
TAH	12.8 $\pm$ 3	12.4 $\pm$ 2.9	11.8 $\pm$ 3.2	10.8 $\pm$ 3.4	14 $\pm$ 3	13.1 $\pm$ 3.2
TCHM	8.8 $\pm$ 2	9.2 $\pm$ 2.1	7.9 $\pm$ 1.9	7.7 $\pm$ 2.3	9.5 $\pm$ 1.9	9.6 $\pm$ 2.1
TAHM	1.01 $\pm$ 0.23	0.99 $\pm$ 0.23	0.92 $\pm$ 0.24	0.84 $\pm$ 0.26	1.1 $\pm$ 0.23	1.04 $\pm$ 0.24
Rto. (%)	11.5 $\pm$ 1.1	10.7 $\pm$ 1.1	11.8 $\pm$ 1.3	10.9 $\pm$ 1.3	11.6 $\pm$ 1.2	10.8 $\pm$ 1.2
Edad (meses)	12.7 $\pm$ 1.2	12.7 $\pm$ 1.2	12.9 $\pm$ 1.3	13 $\pm$ 1.3	12.9 $\pm$ 1.1	12.8 $\pm$ 1
Corte (No.)	4.6 $\pm$ 3.6	4.7 $\pm$ 3.7	4.1 $\pm$ 3.1	4.3 $\pm$ 3.2	5.2 $\pm$ 4.1	5.2 $\pm$ 4.1



Anexo III. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2016. Página 91.



código QR

PROYECCIÓN DE LA
PRODUCTIVIDAD PARA LA
AGROINDUSTRIA.



código QR

SISTEMA DE
RECOMENDACIÓN DE
VARIEDADES.



Variedades de caña de azúcar

Las variedades CC 85-92, CC 01-1940 y CC 93-4418 fueron las más cosechadas en 2016. La variedad CC 85-92 aún pondera la producción de la industria azucarera en 45%, pese a que el área cosechada con ella disminuyó en 8.6% con respecto a 2015. El área cosechada con CC 01-1940 aumentó

en 9%; con CC 93-4418 no hubo cambios (**Cuadro 7**).

El censo de las variedades sembradas al 31 de diciembre de 2016 ubica la CC 85-92 en el 38.6% del área, 5.1% menos que en 2015. Al finalizar el año, la variedad CC 01-1940 alcanzó la cuarta parte del área y dos puntos más (27%, creció 32%), en tanto CC 93-4418 disminuyó en 1% (**Cuadro 8**).

Cuadro 7.

Participación de las variedades comerciales y semicomerciales en el área cosechada. Datos de 13 ingenios. 2015-2016.

Variedad	Participación en el área cosechada (%)	
	2015	2016
CC 85-92	54.01	45.41
CC 01-1940	12.37	21.28
CC 93-4418	15.04	15.34
CC 84-75	4.30	3.03
SP 71-6949	1.56	1.75
CC 01-1228	1.59	1.53
CC 93-4181	1.06	1.06
CC 01-746	0.46	0.94
CC 97-7170	0.67	0.88
V 71-51	1.00	0.83
PR 61-632	0.86	0.75
CC 98-72	0.78	0.75
RB 73-2223	0.64	0.68
CC 93-3826	0.78	0.66
CC 00-3257	0.34	0.65
CC 92-2198	0.50	0.50
CC 93-3895	0.27	0.25
CC 01-678	0.13	0.20
CC 92-2804	0.22	0.13
CC 03-154	0.12	0.12
Otras	3.33	3.27

Cuadro 8.

Participación de las variedades comerciales y semicomerciales en el área sembrada. Datos de 13 ingenios. 2015-2016.

Variedad	Participación en el área sembrada (%)	
	2015	2016
CC 85-92	43.7	38.6
CC 01-1940	20.7	27.3
CC 93-4418	14.6	13.7
CC 84-75	3.1	2.3
SP 71-6949	1.6	1.8
CC 01-1228	1.4	1.3
CC 01-746	0.8	1.0
CC 97-7170	0.8	1.0
CC 93-4181	1.0	0.9
RB 73-2223	0.7	0.8
CC 00-3257	0.6	0.8
CC 98-72	0.7	0.7
V 71-51	0.8	0.6
CC 92-2198	0.6	0.6
PR 61-632	0.7	0.6
CC 93-3826	0.6	0.5
CC 01-678	0.2	0.3
Pancoger	0.1	0.9
Misceláneas y otras	4.4	4.1
Renovación	3.0	2.3



Observaciones de fábrica

En el comparativo de los indicadores de productividad de 2015 y 2016, durante el último año se registró descenso de los totales de caña molida, azúcar producido y etanol e incremento de la producción de energía eléctrica y su venta al Sistema Interconectado Nacional, SIN.

La molienda disminuyó en 981,574 t (-4.1%), la producción de azúcar en 314,389 t (-11%) y la producción de etanol en 21,4 millones de litros (-4.7%). En contraste, la generación de energía, que en 2016 alcanzó 1,417,633 MWh, aumentó 2.7%; el 41.7% de la energía generada en 2016 se entregó al SIN, de modo que las ventas crecieron en 15.2% (**Cuadro 4, Anexo II**).

Aunque las mayores diferencias en caña molida tuvieron lugar durante el primer semestre (-696,223 t en 2016), los mayores descensos en producción de azúcar ocurrieron durante el segundo semestre (-182,056 t). La situación se atribuye a la influencia del fenómeno de La Niña, que a partir de agosto de 2016 y hasta diciembre afectó la calidad de la caña y, con ella, la eficiencia en la recuperación de sacarosa en fábrica. El rendimiento real con base en 99.7% Pol disminuyó en 6.9% entre años, de 11.73% en 2015 a 10.92% en 2016.

Además de las condiciones de crecimiento de la caña, el incremento de área con cosecha mecanizada y la edad de la caña al corte también afectaron la calidad de la materia prima. Así, el promedio anual de sacarosa aparente (% caña) se redujo de 13.39% en 2015 a 12.5% en 2016, la pureza del jugo diluido pasó de 87.15% a 86.13% y la recuperación de sacarosa en fábrica, de 87.32% a 86.99%, respectivamente.

En relación con las pérdidas de sacarosa se registró disminución de las pérdidas indeterminadas en 2016 (-8.1%, en parte por la reducción en 70% de ellas en un ingenio donde se realiza un trabajo colaborativo con Cenicaña) y aumento de las pérdidas en bagazo y cachaza (4.6% y 9.9% más, respectivamente). Las diferencias se asocian con el incremento de bagazo (% caña), que en 2016 presentó un contenido de humedad mayor que en 2015, y con el aumento de cachaza (% caña), que en algunos ingenios presentó un contenido de sólidos insolubles en jugo diluido mayor en 2016 con respecto a 2015. Las pérdidas en miel final permanecieron constantes entre años, lo que se asocia con menor porcentaje de área con cosecha mecanizada en los ingenios azucareros no duales, en promedio.



Programa de Variedades

MISIÓN

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

El seguimiento al desarrollo comercial de nuevas variedades Cenicaña Colombia en los tres ambientes del valle del río Cauca muestra 13 variedades con resultados positivos en productividad, lo que las convierte en alternativas de siembra favorables en las distintas zonas agroecológicas. En ambiente semiseco: CC 01-678, CC 01-746, CC 97-7170, CC 93-4418 y CC 93-4181. En ambiente húmedo: CC 01-1940, CC 03-469, CC 06-489 y CC 09-874. En ambiente de piedemonte: CC 00-3257, CC 00-3771, CC 91-1606 y CC 99-2461.

En las actividades de investigación continuó el proceso de obtención de variedades en los distintos ambientes y estados de selección. En este informe se destacan los resultados de pruebas regionales para ambiente semiseco, series 2004-2009; ambiente húmedo, series 2003 y 2005-2006; y ambiente de piedemonte, serie 2003.

Con el propósito de apoyar y acelerar el desarrollo de variedades con herramientas de biotecnología se probaron nuevas metodologías para la producción de callo embriogénico que resultaron en mayor porcentaje de la recuperación de tejido vegetal de mejor calidad y se identificaron marcadores genéticos asociados a la producción de sacarosa y grados brix.

En cuanto a sanidad vegetal se amplió el conocimiento sobre las especies del barrenador del tallo, *Diatraea* spp., y sobre los insectos benéficos para mejorar su control biológico. Se encontró evidencia de la eficiencia en campo de *Cotesia flavipes* para las cuatro especies del barrenador presentes en el valle del río Cauca y se comprobó su adaptación en los ecosistemas de cultivo en la región.

Con respecto al manejo de las enfermedades, el análisis de las estadísticas de los servicios ofrecidos a ingenios y proveedores durante el año confirma la importancia de implementar medidas de prevención en el manejo de fitosanitario.

Desarrollar variedades con enfoque AEPS

Ambiente semiseco

Estado III, series 2010-2011. Se cosechó la plantilla de tres experimentos de los cuatro que conforman este estado III de selección. En total se evalúan 48 variedades (cinco de la serie 2010 y 38 de la serie 2011) y cinco testigos; los resultados a continuación se presentan con respecto a CC 85-92.

Los experimentos están establecidos en tres zonas agroecológicas, así: zona 11H0 (ingenio Mayagüez, hacienda Balsora e ingenio Manuelita, hacienda Florencia); zona 11H1 (ingenio Castilla, hacienda Chamorras); y zona 5H3 (ingenio Riopaila, hacienda Venecia). La edad de cosecha de los tres experimentos estuvo entre 12.3 y 14.4 meses después de la siembra. Las medias fueron:

- 13.5% de sacarosa (% caña)
- 163 TCH
- 18.4 TAH
- 21.8 TSH

En sacarosa (% caña) se destacaron las variedades CC 10-082, CC 11-0320, CC 10-096, CC 11-0115, CC 11-0028, CC 11-0346, CC 11-0306, CC 11-0372, y CC 11-0249 con valores entre 10% y 14% más que CC 85-92. Los testigos CC 93-3826 y CC 85-92 produjeron 15.1% y 13.1%, respectivamente.

En TCH sobresalieron CC 11-0129, CC 10-019, CC 11-0132, CC 11-0067, CC 11-0010, CC 11-0026, CC 11-0218 y CC 11-0426, con una producción entre 11% y 17% más que CC 85-92, cuya media fue 147 TCH.

En TSH se destacaron CC 10-019, CC 11-0132, CC 11-0346, CC 11-0067, CC 11-0213, CC 11-0204, CC 11-0433, CC 11-0010 y CC 11-0249, con 12% y 27% más que CC 85-92, cuya media fue 21.0 TSH.

Prueba regional, series 2004-2009.

Se cosechó la plantilla de los siete experimentos que conforman esta prueba regional. En total se evalúan 13 variedades y seis testigos;

los resultados se presentan con respecto a CC 85-92.

Los experimentos están establecidos en cinco zonas agroecológicas, así: zona 11H0 (ingenio Providencia, hacienda Marsella; ingenio Mayagüez, hacienda Balsora e ingenio Manuelita, hacienda Florencia); zona 11H1 (ingenio Castilla, hacienda Chamorras); zona 11H3 (Incauca, hacienda García Abajo); zona 6H1 (ingenio Sancarlos, hacienda Ballesteros); y zona 5H3 (ingenio Riopaila, hacienda Venecia). La edad de cosecha de los siete experimentos estuvo entre 12.6 y 16.3 meses después de la siembra. Las medias fueron:

- 14.3% de sacarosa (% caña)
- 165 TCH
- 23.6 TSH

En particular, las medias de los testigos fueron: CC 85-92 (13.8% de sacarosa, 154 TCH y 20.6 TSH); CC 93-3826 (14.9%, 147 TCH y 21.8 TSH); y CC 01-1940 (14.0%, 174 TCH y 24.4 TSH).

Por sus valores altos de TSH se destacaron las variedades CC 09-535 (22.8 TSH) y CC 05-430 (28.3 TSH), lo que significó entre 27% y 34% más toneladas de sacarosa por hectárea que el testigo CC 85-92. Los valores fueron alcanzados tanto por la vía de sacarosa como por las toneladas de caña por hectárea.

Otras variedades que mostraron valores altos de TSH por la vía de TCH, estadísticamente diferentes a la variedad CC 85-92 fueron CC 05-230, CC 09-066, CC 09-246 y CC 09-702. Aunque los contenidos de sacarosa no fueron estadísticamente diferentes a CC 85-92, sí mostraron tendencia a ser superiores.

En sacarosa % caña las variedades CC 05-16, CC 05-231 CC 05-430 y CC 09-235 fueron estadísticamente diferentes de los testigos.

Ambiente húmedo

Prueba regional, series 2003, 2005 y 2006. Se cosechó la plantilla de los cuatro experimentos que conforman esta prueba re-

gional. En total se evalúan siete variedades y tres testigos; los resultados se presentan con respecto a CC 85-92.

Los experimentos están establecidos en cuatro zonas agroecológicas, así: zona 3H3 (Incauca, hacienda Cañaveralito); zona 10H5 (ingenio Mayagüez, hacienda La Joya); zona 5H5 (ingenio Sancarlos, hacienda Mallorca); y zona 6H1 (ingenio Riopaila, hacienda Riopaila). La edad de cosecha de los cuatro experimentos estuvo entre 12.8 y 15.1 meses después de la siembra. Las medias fueron:

- 15.1% de sacarosa (% caña)
- 133 TCH
- 19.9 TSH

En sacarosa (% caña) se destacó CC 06-648 que superó al testigo CC 85-92 en 12% más sacarosa. La variedad CC 85-92 produjo 14.7% de sacarosa, con un rango entre 14.01% y 17.16%.

En TCH se destacaron CC 03-469 y CC 05-664, que produjeron 5% y 4% más que CC 85-92, respectivamente, y fueron estadísticamente iguales a CC 01-1940. El testigo CC 85-92 produjo 134 TCH, con un rango entre 88-156 TCH.

En TSH se destacaron CC 03-469, CC 06-643 y 06-648, que produjeron entre 4% y 7% más que CC 85-92 y fueron estadísticamente iguales a CC 01-1940. La media del testigo CC 85-92 fue 19.6 TSH, rango entre 13.6-22.9 TCH.

Ambiente de piedemonte

Estado I, serie 2016. El experimento estuvo conformado por 79 familias y cinco testigos, ubicado en la zona agroecológica 30H0 (ingenio Mayagüez, hacienda San José del Pindo). A partir de la población inicial de 7110 genotipos se seleccionaron 330 genotipos, lo que equivale a una presión de selección de 4.6%.

Estado II, serie 2014. El experimento estuvo conformado por 327 variedades y seis testigos, ubicado en la zona agroecológica 6H1 (ingenio Providencia, hacienda María

Ingenio). Para la selección se evaluaron diámetro del tallo, altura, población, sacarosa (% caña) y TCH estimado. Se seleccionaron 74 variedades, lo que equivale a un 22.6% de presión de selección.

Prueba regional, serie 2003. Se cosechó la primera soca de cuatro experimentos de esta prueba regional. En total se evalúan ocho variedades y cuatro testigos; los resultados se presentan con respecto a CC 85-92.

Los experimentos están establecidos en cuatro zonas agroecológicas, así: zonas 2H1 y 26H1 (ingenio Mayagüez, hacienda San José del Pindo); zona 29H0 (ingenio Pichichí, hacienda Lorena); zona 22H0 (ingenio Providencia, hacienda Piedechinche). La edad de cosecha de los experimentos estuvo entre 11.8 y 14.6 meses después de la siembra. Las medias fueron:

- 14.7% de sacarosa (% caña)
- 97.2 TCH
- 14.3 TSH

En particular, las medias de los testigos fueron: CC 85-92 (15.1% de sacarosa, 100 TCH y 15.1 TSH); CC 84-75 (15.3% de sacarosa, 109 TCH y 16.7 TSH); y CC 01-1940 (14.6% de sacarosa; 117 TCH y 17.1 TSH).

En el análisis combinado a través de los dos cortes se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas entre los ingenios. Entre variedades se hallaron diferencias significativas para la variable sacarosa (coeficiente de variación de 7.5) y diferencias altamente significativas para la variable TCH (coeficiente de variación de 13.3).

En sacarosa (% caña) el testigo CC 84-75 ocupó el primer puesto y CC 85-92, el tercero. En TCH la CC 84-75 ocupó el segundo lugar y CC 85-92, el tercero. La CC 01-1940 fue estadísticamente diferente a CC 85-92 sólo en TCH, superándola en 17%. La variedad CC 03-1059 se posicionó en segundo lugar para la variable sacarosa con un promedio de 15.2%; sin embargo, no tuvo diferencias significativas frente al testigo de referencia para esta variable y en TCH estuvo por debajo.

Mejorar el desarrollo de variedades con biotecnología

Producción de callo embriogénico y avances con biobalística

En la investigación en transformación genética para mejorar el proceso de desarrollo de variedades, Cenicaña emplea dos técnicas.

Una de ellas utiliza la bacteria *agrobacterium tumefaciens* para la inserción de genes de interés en las plantas de caña de azúcar. La eficiencia de esta técnica depende, entre otros factores, de la producción de tejido vegetal (callo embriogénico) de alta calidad.

Cenicaña incorporó una nueva metodología con la cual se logró recuperar 69% de callo embriogénico de mejor calidad, en comparación con la metodología tradicional que sólo permitía recuperar un 27% (**Figura 7**).

Adicionalmente utilizando el aminoácido cisteína se logró disminuir la oxidación que ocurre durante las incisiones producidas en la inducción de callo embriogénico, al pasar de 20.2% de explantes no fenolizados a 78.2% de explantes sin fenolización.

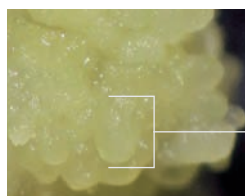
Por otro lado, respecto a la transformación genética mediante bombardeo de partículas (biobalística), se establecieron las condiciones óptimas del protocolo de Southern Blot, el cual mejoró la resolución de las bandas para detectar el número de copias del gen que determina la resistencia al antibiótico (kanamicina) en plantas transformadas.

Asimismo, se comprobó la presencia del RNA mensajero en 6 plantas transformadas con el gen 1SD, que confiere resistencia a las enfermedades escaldadura de la hoja y raquismo de la soca. El siguiente paso con estas plantas será validar la resistencia a estas dos enfermedades.

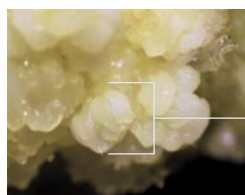


Figura 7.

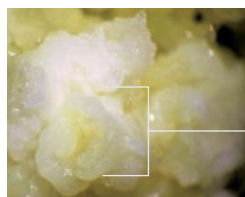
Estructuras embriogénicas de explantes de caña de azúcar observadas al estereoscopio (10X) en diferentes estadios de desarrollo.



Globular
escutelar



Embrión
escutelar
temprano



Embrión en estado
escutelar tardío

Genotipificación de variedades y transcriptoma de caña de azúcar

A través de estudios de asociación genotipo-fenotipo (GWAS) se avanzó en la identificación de marcadores moleculares SNP para predecir la aparición de caracteres de interés agronómico en nuevas variedades de caña.

Durante 2016 se realizó una segunda ronda de análisis y se identificaron trece marcadores genéticos asociados a la producción de sacarosa y cinco a la producción de grados brix.

Los análisis indicaron que del grupo de marcadores para sacarosa, tres de ellos explicarían el 37% de la variabilidad en la producción de esta característica; mientras que uno de los cinco encontrados para grados brix explicaría el 10% de la variabilidad. Estos resultados serán validados en experimentación a nivel de laboratorio.

En esta investigación también se identificaron 35 marcadores moleculares SNP que servirán para diferenciar los 220 genotipos que hacen parte del proyecto Asociación genotipo-fenotipo y con los que se espera diferenciar todos los individuos del banco de germoplasma de Cenicaña.

Con la unidad de biotecnología del CIAT se verifica si estos marcadores se pueden evaluar con una tecnología diferente a la secuenciación de ADN para implementarlos rutinariamente en el proceso de identificación de variedades.

De otro lado, en el laboratorio de biotecnología se ensambló un transcriptoma de caña de azúcar compuesto por secuencias de ARN de los genes que se activan durante periodos de estrés hídrico.

Un transcriptoma es un conjunto de transcritos o secuencias de ARN que se producen en un momento determinado al interior de una célula y que finalmente se convierten en proteínas. El transcriptoma no es un genoma, puesto que no incluye todas las otras regiones que no son genes como las secuencias reguladoras y de función desconocida.

El transcriptoma, ensamblado a partir de los datos de secuenciación de las variedades CC 01-1940, CC 93-4418, CC 93-7711, MZC 74-275 y SP 71-6949, representa una importante herramienta para la investigación en biotecnología puesto que contiene más de 65,000 secuencias que se pueden utilizar para identificar genes de interés y apoyarán futuros proyectos de transformación genética para el desarrollo de variedades más eficientes y productivas.



SNP (Single Nucleotide Polymorphisms): funcionan como una huella molecular que permite diferenciar a cada una de las variedades.

GWAS (Genome-wide association study): estudio de asociación del genoma completo.

Aumentar la productividad con cultivos sanos

Evaluación de semilla importada

Contar con fuentes de resistencia a diferentes enfermedades es fundamental para garantizar la sanidad del cultivo. Por eso, en 2016 un grupo de 21 variedades de caña de azúcar procedentes de Australia, Brasil, Colección mundial, Mauricio, México, y Sur África se incorporó al proceso de mejoramiento genético de Cenicaña para su evaluación en los ambientes húmedo, semiseco y piedemonte (**Cuadro 9**).



Cuadro 9.

Semilla de variedades importadas por Cenicaña para evaluación. 2016.

Procedencia	Variedades
Australia	Q 155, Q 200, Q 204, Q 206, Q 209, Q 210, Q 211, Q 212, Q 213, Q 215
Brasil	CTC 3, CTC 5
Colección mundial	D 11-35, IJ 76-381
México	MEX 69-430, LTMEX 93-354, LTMEX 93-636, ITV 92-1424
Mauricio	M 96/82, M 261/78
Sur África	N 23

Para garantizar su sanidad, cada una de las variedades se sometieron a los respectivos tratamientos térmicos, limpieza por cultivo de meristemos y diagnóstico serológico y molecular, resultando negativas a enfermedades sistémicas como raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD), virus de la hoja amarilla (SCYLV), carbón y cuarentenarias como Fiji y el mosaico estriado.

Adicionalmente, para establecer el estado I, serie 2018, se entregó al área de mejoramiento semilla sexual procedente de cruzamientos realizados en Tapachula-México, certificadas y autorizadas por el ICA como libres de problemas sanitarios.

Evaluación de variedades en desarrollo

Se evaluaron un total de 104,589 clones con los siguientes resultados:

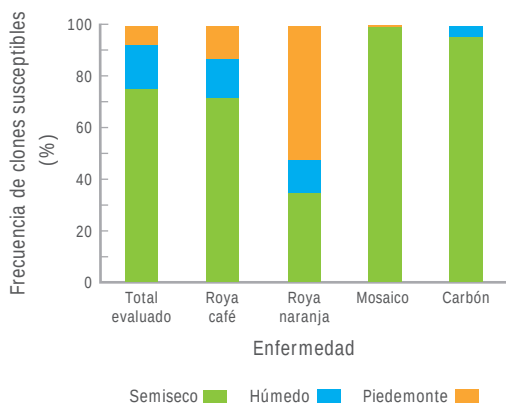
- El ambiente semiseco presentó la mayor frecuencia de clones susceptibles para roya café y carbón, mientras que el ambiente de piedemonte lo fue para la roya naranja (**Figura 8**). Probablemente una mayor expresión de la susceptibilidad de los clones en estos ambientes de selección es favorecida por las condiciones de suelos poco profundos y de menor fertilidad.

- La mayor frecuencia de clones susceptibles a mosaico (SCMV) en el ambiente semiseco se debe a la inoculación artificial del virus que se realiza en la estación experimental de Cenicaña.

- 86.9% de los clones evaluados calificó como resistente a las cuatro enfermedades; 9.6% resultó susceptible a roya café; 0.51%, a roya naranja; 3.2%, a mosaico; y 0.02%, a carbón.

 **Figura 8.**

Frecuencia de clones susceptibles a cuatro enfermedades (royas café y naranja, mosaico y carbón) por ambiente de selección. 2016.



- La mayor cantidad de clones eliminados por susceptibilidad se debió a roya café (10,000 clones).

- El 86.9%, 80.1%, 88.6% y 100% de los clones de los estados I, II, III y pruebas regionales, respectivamente, resultaron con resistencia combinada a las cuatro enfermedades.

- En el estado I se eliminaron más clones susceptibles a roya café y mosaico; en los estados II y III se incrementó la frecuencia de clones susceptibles a carbón; y en las pruebas regionales no se detectaron clones susceptibles a las cuatro enfermedades.

Efecto de la roya café en la producción de CC 85-92

En una prueba experimental se constató que no se presentaron diferencias significativas en producción de caña y azúcar en la variedad CC 85-92 (plantilla) cuando se aplicaron fungicidas para controlar la roya café.

La prueba consistió en hacer aplicaciones semanales hasta los ocho meses de edad de tres ingredientes activos de fungicidas: Mancozeb (450 g/ha), Azoxistrobim + Tebuconazole (750 cc/ha), Azoxistrobin + Difenconazole (750 cc/ha) y un testigo sin aplicación.

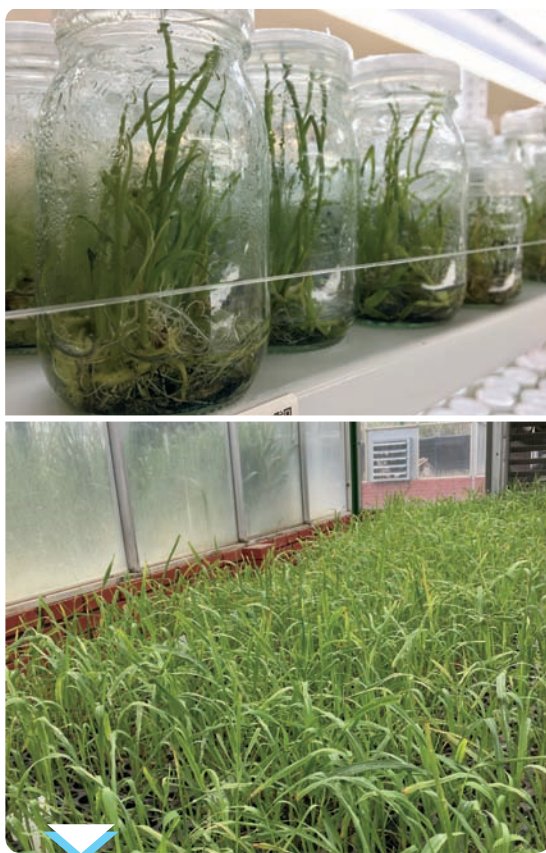
Se observaron diferencias en severidad frente al testigo a los 4.1 meses en las parcelas tratadas con Azoxistrobim + Tebuconazole, donde la mezcla redujo el nivel de la infección, seguido de Azoxistrobin + Difenconazole y finalmente Mancozeb; sin embargo, no hubo diferencias significativas en producción.

Semilleros sanos de CC 01-1940

Debido al aumento de los niveles de incidencia de raquitismo y de la hoja amarilla en CC 01-1940, Cenicaña continuó multiplicando masivamente esta variedad por el sistema de cultivo de meristemas y de yemas individuales para establecer semilleros tipo fundación.

En el ingenio Sancarlos (donde se han registrado bajos niveles de prevalencia e incidencia de las dos enfermedades) y en la Estación Experimental de Cenicaña se establecieron tres semilleros fundación con plantas meristemáticas. A los semilleros se les aplicó ácido salicílico para prevenir la reinfección con el virus y disponer de semilla para el establecimiento de semilleros básicos sanos en el 2017.

Es necesario realizar un diagnóstico oportuno de enfermedades sistémicas como el raquitismo de la soca y la hoja amarilla, especialmente en esta variedad, y mantener una adecuada desinfestación de herramientas de corte para prevenir la infección de semilleros en cada una de las etapas de multiplicación.



Plantas meristemáticas de la variedad CC 01-1940 en proceso de multiplicación *in vitro* y endurecimiento en invernadero, antes de la siembra definitiva en campo.

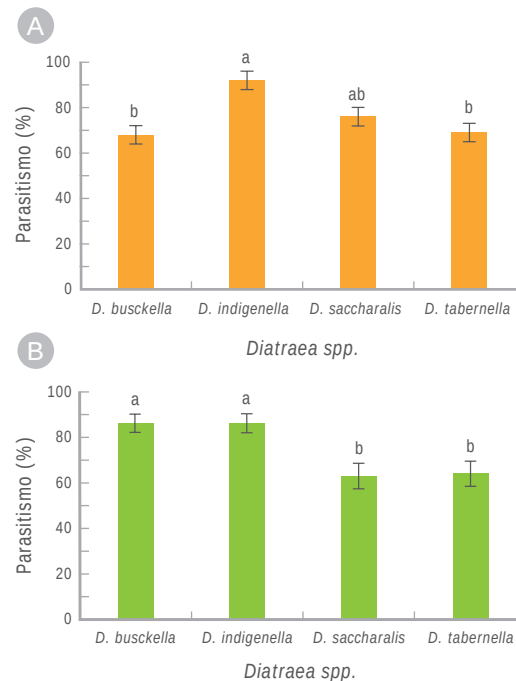
Cotesia flavipes: evaluación, distribución e identificación molecular

Cenicaña realizó ensayos que sugieren que el uso en campo de *Cotesia flavipes* como controlador biológico no estaría limitado a la presencia de una especie de *Diatraea* en particular.

En pruebas realizadas en el laboratorio de Entomología con dos fuentes de *C. flavipes*, provenientes de una cría comercial y otra recolectada en caña panelera en el departamento de Santander, se logró parasitismo en todas las especies de *Diatraea* por encima del 60% o hasta 90%, en el caso de *D. indigenella* (**Figura 9**).

Figura 9.

Parasitismo por *Cotesia flavipes* en larvas de *Diatraea* spp., en una fuente comercial (A) y una de campo (B). 2016.



» Barras con letras diferentes en cada fuente de *Cotesia flavipes* indican diferencias estadísticas según prueba Tukey.

Con base en estos resultados se puede plantear un enfoque preventivo de liberaciones en sitios en donde todavía no está registrada la presencia de *D. tabernella* y/o *D. busckella*, para avanzar en la adaptación del parasitoide antes de la llegada de las dos nuevas especies; y en los sitios con *D. indigenella* y/o *D. saccharalis* para realizar un control efectivo sobre ellas.

Con el propósito de despejar dudas sobre las especies de *C. flavipes* que se han liberado en la región como alternativa para enfrentar brotes de *Diatraea*, el Centro de Investigación también confirmó la identidad genética de todos los especímenes de *C. flavipes* utilizados en el valle del río Cauca.

Este parasitoide ha sido liberado en el el norte del valle del río Cauca (ingenio Risaralda) y en la zona centro (ingenio Sancarlos), pero también se presentó parasitismo en áreas sin programas de liberación (ingenios Pichichí y Manuelita). Además, el complejo *Cotesia* comprende cuatro especies morfológicamente similares: *C. chilonis*, *C. sesamiae*, *C. nonagriæ* y *C. flavipes*, prácticamente imposibles de distinguir mediante la observación morfológica de la taxonomía convencional.

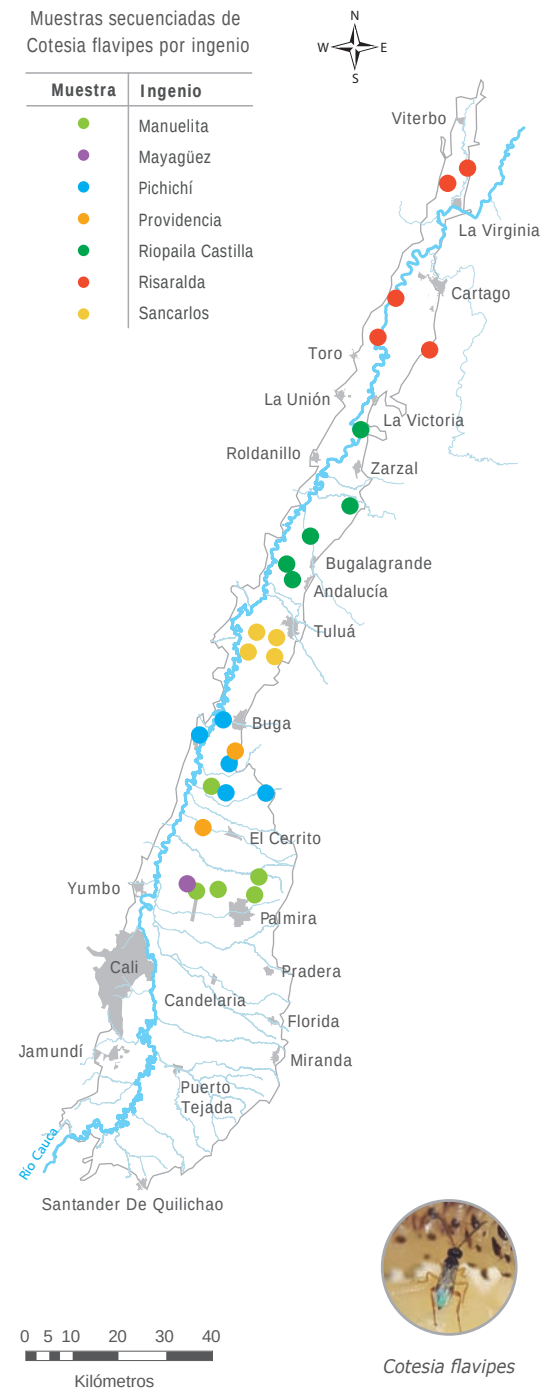
De acuerdo con lo anterior, se realizó un análisis molecular para su identificación, que también incluyó muestras de *Cotesia* recuperadas de caña panelera provenientes de Santander, en donde el parasitoide se encuentra establecido desde la década del setenta.

Las pruebas realizadas confirmaron que la identidad genética de todos los especímenes correspondió a *Cotesia flavipes* y que actualmente se encuentra establecido entre Viterbo (Caldas) y Palmira (Valle) (Figura 10). Lo anterior demostró su adaptación exitosa a la región y que es una herramienta complementaria para el manejo de las diferentes especies de *Diatraea* en los sitios de alta infestación.



Figura 10.

Distribución de las muestras de *Cotesia flavipes* analizadas a nivel molecular y obtenidas en campo. 2016.



Estado actual del brote por *Diatraea* y manejo de la plaga

El incremento de daño causado por *Diatraea* spp. en los ingenios Risaralda y Sancarlos (lugares donde se detectó inicialmente) se logró atenuar, sin reducir los niveles de ataque a menos de 2.5% de entrenudos barrenados. En la zona centro-sur el daño se incrementó a valores por encima de 5% de entrenudos barrenados.

Durante una gira que se realizó a Brasil con el objetivo de fortalecer la capacidad técnica del sector para hacer frente a los barrenadores de la caña, se encontró que los planes de manejo para *Diatraea* consideran más alternativas de monitoreo durante todo el ciclo de cultivo y no solo en la cosecha, como se hace en la actualidad en el valle del río Cauca. Además, con la información obtenida se planifican las liberaciones de

benéficos, principalmente de *Trichogramma galloi* y *Cotesia flavipes*.

También se observó el uso de un hospedante diferente para la cría masiva de *Trichogramma*, lo que permite una mejor calidad del benéfico, y que las dosis de liberación, tanto para *Cotesia* como *Trichogramma*, son más altas a las utilizadas en Colombia.

En la gira técnica se realizaron capacitaciones sobre el barrenador gigante *Telchin licus* y se corroboró que las alternativas de manejo más eficientes se basan en el control químico, utilizando aspersiones con cortadora de cepa al menos un mes después del corte y controlando adultos, mediante aspersiones de insecticidas, ya sea en los campos de caña o en los refugios circundantes en donde las mariposas suelen posarse antes de pasar al cultivo.

Difusión de recomendaciones



A través de los Comités de Sanidad Vegetal, actividades de transferencia de tecnología y diferentes eventos con personal de los ingenios y cultivadores, en el 2016 Cenicaña insistió en la importancia de implementar medidas para prevenir ataques de la plaga y mitigar los daños causados por ésta:

- Establecer planes de manejo (evaluación y liberaciones) en los campos de ingenios y proveedores.
- Incluir diferentes parasitoides, tanto de huevos (*Trichogramma exiguum*) como de larvas (Moscas y *Cotesia*), en los programas de control biológico.
- Trabajar en coordinación con los proveedores de insumos biológicos para regular las poblaciones de la plaga y hacer seguimiento a la calidad de los benéficos entregados.

- Trabajar de manera conjunta ingenios y proveedores para hacer frente a la labor de evaluación y manejo de la plaga.



Jornada de capacitación de asistentes técnicos particulares en evaluación de nivel de infestación de *Diatraea*.

Servicios de sanidad vegetal*

Inspección fitopatológica en campo y laboratorio



- **Inspecciones:** 27 haciendas de los ingenios La Cabaña, Manuelita, María Luisa, Providencia, Risaralda, Riopaila, Sancarlos y proveedores, correspondientes a 250 hectáreas, con cultivos entre los 2 y 10 meses de edad, y de 0 a 9 cortes.
- **Variedades evaluadas:** PR 61-632, RB 73-2223, CC 00-3257, CC 01-1940, CC 01-678, CC 01-746, CC 03-154, CC 03-469, CC 05-940, CC 05-948, CC 06-489, CC 06-791, CC 09-874, CC 85-92, CC 93-3826, CC 93-4181, CC 93-4418, CC 97-7170, CC 98-72, CC 99-2282 y CC 10-469.

Como resultado de las inspecciones se encontró roya café con alta reacción y severidad en la variedad CC 85-92 y baja reacción y severidad en CC 98-72, CC 97-7170, CC 03-154 y CC 03-469. También se observó baja incidencia de roya naranja en CC 97-7170, CC 98-72, CC 93-4181, CC 00-3257, CC 01-746, CC 03-469, CC 03-154, CC 10-469 y RB 73-2223; y baja incidencia de carbón en CC 00-3079. Entre los desórdenes abióticos se encontró estrés y amarillamiento por aplicación de herbicidas y deficiencias hídricas, al igual que mezclas con otras variedades.

Multiplificación y propagación de variedades



- 650,403 plantas de diferentes variedades se entregaron a ingenios, proveedores, entidades en convenio y experimentación.
- Variedades más solicitadas: CC 98-72, CC 01-746, CC 91-1606, CC 01-678, CC 93-4181, CC 97-7170, CC 00-3771, CC 93-4418, CC 99-2282, CC 85-92, CC 99-2461 y CC 01-1940. Se destaca que las mayores solicitudes de nuevas variedades fueron de proveedores.

Diagnóstico de enfermedades



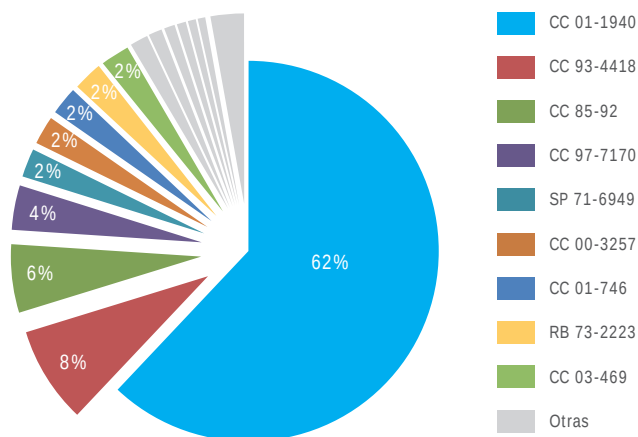
- Se evaluaron muestras provenientes de 5545.7 ha, entre lotes semilleros y comerciales, para un total de 10,405 análisis. Éstos incluyeron diagnóstico para raquitismo de la soca (RSD), escaldadura de la hoja (LSD), virus de la hoja amarilla (SCYLV), virus del mosaico (SCMV) y virus baciliforme (SCBV).
- 7113 análisis correspondieron a solicitudes externas de ingenios, proveedores y entidades en convenio, y 3292, a solicitudes internas de Cenicaña como apoyo a las investigaciones y servicios.
- Los ingenios que más enviaron muestras fueron Providencia, Riopaila-Castilla (Castilla), Risaralda, Mayagüez, Riopaila-Castilla (la Paila), Manuelita y Sancarlos.
- Las variedades más evaluadas fueron CC 01-1940, CC 93-4418 y CC 85-92 (**Figura 11**).

*Datos a 31 de diciembre de 2016.

Continuación. Servicios de sanidad vegetal*.

 **Figura 11.**

Distribución de las muestras que ingresaron al Servicio de Diagnóstico de Enfermedades según la variedad de caña de azúcar. 2016.



- Para el diagnóstico de raquitismo (RSD) y escaldadura (LSD) se realizaron 4692 análisis en 5565.5 ha (33% de lotes comerciales y 67% de semilleros). En lotes comerciales la incidencia fue del 0.8% y 0.33%, respectivamente; mientras que en semilleros fue de 1.5% y 0.18%.

La variedad más evaluada fue CC 01-1940 con incidencias de RSD y LSD en lotes comerciales del 1.2% y 0.2%, respectivamente; y del 2.2% y 0.1% en semilleros. La segunda variedad más evaluada fue CC 93-4418, con incidencia del 0.2% y 0.2% en semilleros. Para raquitismo se incrementaron levemente los niveles de incidencia en los últimos años, sin sobrepasar el nivel crítico establecido por la industria del 5% (**Figura 12**).

- Para hoja amarilla (SCYLV) se realizaron 2346 análisis mediante la metodología de RT-PCR y TBIA. El nivel de incidencia pon-

derada por área fue 9.6%, y se presentó en 834 lotes que corresponde al 46% del total de muestras (prevalencia o distribución).

La variedad CC 01-1940 fue la más evaluada con 3350.8 ha con una incidencia del 11%, prevalencia del 63% y un máximo detectado hasta 100%. La variedad SP 71-6949 resultó con el mayor nivel de incidencia (53%) y prevalencia o número de muestras positivas (86.6%), siendo una de las principales fuentes de inóculo del virus para nuevas variedades (**Figura 12**).

Se observó un consistente incremento de la prevalencia e incidencia de raquitismo y hoja amarilla desde 2014 en la mayoría de los ingenios (**Figura 13**). De ahí la importancia de establecer adecuadas medidas de manejo para prevenir que el raquitismo y la hoja amarilla se sigan diseminando.

Figura 12.

Incidencia y prevalencia del virus de la hoja amarilla por variedad. 2016.

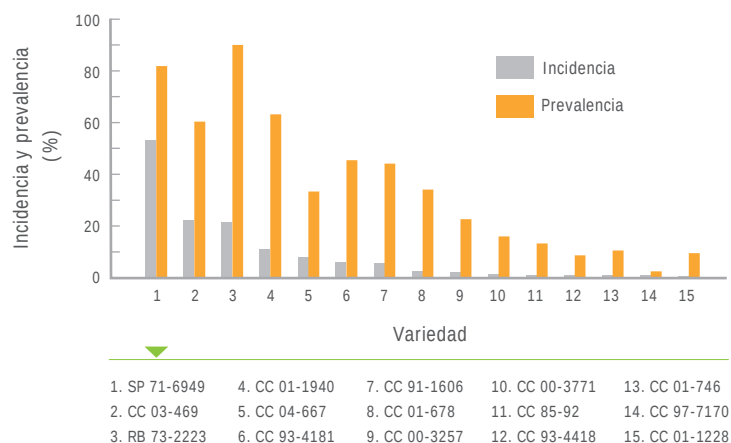
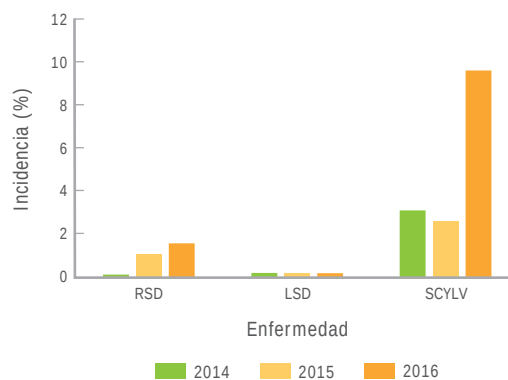


Figura 13.

Promedio de incidencia del raquitismo (RSD), escaldadura (LSD) y virus de la hoja amarilla (SCYLV) en la agroindustria. 2014-2016.



Prevalencia: distribución de la enfermedad. Proporción de lotes enfermos respecto al total analizado en un determinado tiempo.

Incidencia: cuantificación de la infección en la población. Número de hojas positivas en cada muestra compuesta por 20 hojas. Se expresa en porcentaje.

*Datos a 31 de diciembre de 2016.

Programa de Agronomía

MISIÓN

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

Durante 2016 el Programa de Agronomía amplió su conocimiento sobre el movimiento y comportamiento del agua en los suelos del valle del río Cauca, con lo cual se espera seguir afinando los criterios para el riego y su programación con enfoque de AEPS.

También se profundizó en el estudio de los suelos de la región como fuente de nutrición del cultivo y para conocer el impacto de éste en su estructura orgánica, con lo cual la agroindustria pueda avanzar hacia prácticas más sostenibles. Una de ellas es la utilización de microorganismos fijadores de nitrógeno como una alternativa de biofertilización.

Se probaron tecnologías de agricultura de precisión y percepción remota con el propósito de ofrecer un soporte técnico confiable que apoye las decisiones de innovación tecnológica en el manejo del cultivo.

Mejorar la eficiencia en el uso del agua para riego

Base de datos de propiedades hidroedáficas

Cenicaña inició la construcción de la base de datos de propiedades físicas e hidráulicas de los suelos más representativos del valle del río Cauca.

Esta primera etapa comenzó con las consociaciones Pachic Haplustolls (Palmira) y Typic Haplustolls (Manuelita) de las cuales se determinaron siete propiedades hidroedáficas: densidad aparente y real, humedad a saturación, humedad residual, retención de humedad, conductividad hidráulica saturada y distribución de partículas por tamaño.

Esta base de datos amplía el conocimiento sobre los factores que influyen en el movimiento del agua en los suelos de la región y, por lo tanto, contribuye a fortalecer el enfoque de agricultura específica por sitio utilizado por los cultivadores de caña. Esta base de datos, junto con el balance hidrológico predial, ofrece información fundamental para tomar decisiones de riego a nivel de suerte.

La construcción del banco de datos continuará en 2017 con otras consociaciones del valle del río Cauca.

Coefficientes del cultivo para CC 93-4418

Se determinaron los coeficientes del cultivo (K_c) para la variedad CC 93-4418, con los cuales se complementará el programa de balance hídrico priorizado.

El valor máximo de K_c fue 1.30, que se alcanzó a los 153 días después de la emergencia (**Figura 14**). Asumiendo que los valores máximos de K_c corresponden con la máxima tasa de extracción de agua por el cultivo, ésta se alcanzó entre los 136 y 170 días después de la emergencia de las plantas, lo cual coincide con la tasa de máximo

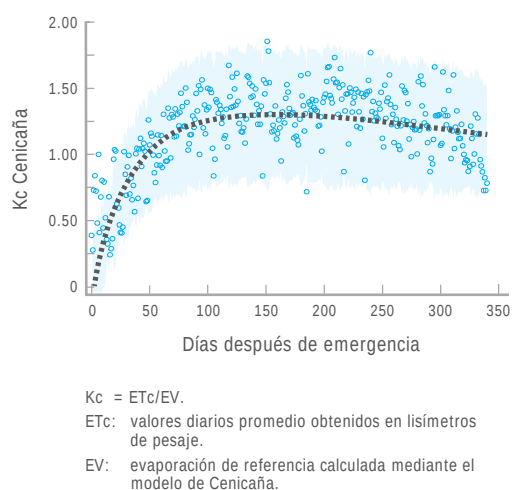
crecimiento reportada para el cultivo de caña para las condiciones del valle del río Cauca.

Actualmente, se avanza en la determinación de la evapotranspiración de las variedades CC 01-1940 y CC 85-92, mediante lisímetros de pesaje y sistemas de medición en tiempo continuo de la humedad y del potencial mátrico del suelo.



Figura 14.

Curva de K_c del cultivo de caña de azúcar para la variedad CC 93-4418. 2016.



Potencial mátrico y requerimientos nutricionales

Se avanzó en el conocimiento del rango de tensión o potencial mátrico del suelo en el cual una planta de caña de azúcar gasta menos energía tratando de extraer agua sin afectar la producción.

Durante el ensayo con las variedades CC 93-4418 y CC 01-746 a diferentes tensiones (-50, -75, -100 y -125 kPa), las mayores producciones de caña de azúcar se obtuvieron cuando se realizó el riego a tensiones entre -50 kPa y -75 kPa, rango consistente con las producciones obtenidas en invernadero.

El experimento continuará en más cortes, con otras variedades y rangos para consolidar datos que le den mayor soporte a la investigación.

Los resultados del proyecto permitirán definir criterios para el manejo del cultivo con enfoque AEPS, particularmente en las labores de riego.



Potencial mátrico: fuerza de succión (negativa) con la cual las partículas del suelo retienen las moléculas de agua. De su valor depende el gasto de energía que debe hacer la planta para extraer agua del suelo. Entre más negativo sea el valor de la tensión (unidades de kilopascales [kPa]) la planta debe realizar un mayor esfuerzo para obtener el agua.

Por otra parte, con el propósito de conocer la combinación más apropiada de riego y nitrógeno para que una planta exprese su potencial de producción, se inició un experimento con la variedad CC 93-4418 en el que se utilizó **el riego a diferentes potenciales mátricos** y dosis de nitrógeno (N) y se compararon las producciones.

Los resultados mostraron que la mejor producción de caña (186 t/ha) se obtuvo con la aplicación de 80 kg de nitrógeno por hectárea y del riego cuando el suelo alcanzó un potencial mátrico de -50 kPa. El tratamiento sin N y sin riego produjo 61 t/ha. (**Cuadro 10**).

El experimento continuará durante dos cortes para recopilar más información y realizar un análisis económico.



Cuadro 10.

Balance hídrico y producción de caña registrados en lisímetros de percolación bajo diferentes tratamientos de riego y fertilización. Primer corte. 2016.

Dosis de nitrógeno	Tratamiento de riego	ETc media (mm/día)	Drenaje (mm)	ETc total (mm)	Riego (mm)	Lámina total (mm)	TCH 2015-2016 (t/ha)
0	No riego	2.32	65	674	0	681	61.1 a
	-50 kPa	5.40	270	1636	895	1576	92.8 a
	-80 kPa	4.24	113	1298	705	1386	98.5 a
80 kg/ha	No riego	2.32	61	678	0	681	62.5 a
	-50 kPa	5.02	122	1506	895	1576	185.6 b
	-80 kPa	4.20	103	1293	705	1386	151.4 b
160 kg/ha	No riego	2.26	58	647	0	681	50.2 b
	-50 kPa	4.88	97	1471	895	1576	165.7 a
	-80 kPa	4.25	84	1298	705	1386	174.6 a

ETc: valores diarios promedio obtenidos en lisímetros de pesaje.

Valores de TCH con letras diferentes indican diferencias significativas según prueba Tukey.

Nuevas herramientas para la programación de los riegos



El Programa de Agronomía y el Servicio de Tecnología Informática (SETI) desarrollaron un sistema de bajo costo para monitorear de manera continua el potencial métrico del suelo, que sirve de complemento al balance hídrico en la programación de los riegos.

El sistema desarrollado interpreta y registra los datos tanto manual como automáticamente, está compuesto por sensores de potencial métrico, arduinos para el registro y almacenamiento de datos, sistema de alimentación y carga y transmisión de datos vía señal de radio (XBee) o celular. Adicionalmente, se creó un protocolo para la calibración de los sensores.

Esta herramienta hace parte de las aplicaciones que hoy se enmarcan en el concepto Internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés) que comprende la interconexión de los dispositivos electrónicos, la transmisión de la información en tiempo real y las acciones autónomas de los equipos.

En la actualidad, Cenicaña avanza en el desarrollo de equipos y sistemas que, a través de sensores, equipos de almacenamiento (datalogger), comunicación, procesamiento y visualización permitan conocer en tiempo real el estado del cultivo. Además, con el fin de masificar la tecnología desarrollada en la investigación se creó un sistema de almacenamiento de bajo costo para el uso de este tipo de herramientas.

Preservar los recursos naturales

Mediciones de materia orgánica

Con el propósito de ser más sostenibles en labores como la fertilización en el 2016 se trabajó en ampliar el conocimiento del comportamiento de la materia orgánica (MO) y su relación con la caña de azúcar.

Para ello se realizó un estudio de muestreo de suelo a diferentes profundidades con el objetivo de medir la cantidad (carbono total) y calidad (sustancias no húmicas o carbono lábil) de MO en diferentes condiciones de cobertura: gradual, bosque y cultivo de caña de azúcar (**Figura 15**).

Los resultados mostraron que el cultivo mantuvo niveles de carbono total comparables a los de los ecosistemas naturales; sin embargo, la fracción de carbono lábil fue menor en el lote con caña de azúcar. Estos resultados coinciden con los reportados en estudios realizados en otros países.

Se continuará la investigación en sitios en los cuales se ha utilizado vinaza y abonos verdes, para cuantificar el impacto en el suelo del carbono a disposición del cultivo.



Figura 15.

Sitios en la Estación Experimental de Cenicaña donde se realizó el muestreo de suelo. Bosque (A), lote con cultivo de caña (B) y gradual (C). 2016.



Microorganismos como fuente alternativa de N

Un total de 111 aislamientos de microorganismos presentes en los cultivos de caña de azúcar del valle del río Cauca conforman el cepario con el cual se busca avanzar en la identificación de fuentes alternativas de nitrógeno (N) que conduzcan, en un futuro, a mejores prácticas de fertilización.

La colección está conformada por 18 aislamientos pertenecientes al género *Azospirillum*, 59 del género *Azotobacter* y 34 de *Gluconacetobacter*.

Para la construcción del cepario se recolectaron suelos, raíces, tallos y hojas provenientes de cuatro variedades de caña de azúcar sembradas en los ambientes húmedo, semiseco y piedemonte.

Además de la capacidad de fijación de nitrógeno, los estudios incluyen la cuantificación de compuestos indólicos (generado-

res de crecimiento de las raíces de las plantas) para cada género bacteriano.

En ese sentido 12 aislamientos del género *Azospirillum spp*, 4 de *Azotobacter spp* y 7 de *Gluconacetobacter spp*, superaron significativamente al testigo en la producción de ácido indolacético.

Igualmente, se identificaron molecularmente 54 aislamientos bacterianos de las especies *Azospirillum brasilense*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* y dentro del género *Azotobacter* se identificaron cuatro especies: *Azotobacter chroococcum*, *vinelandii*, *salinestris* y *tropicalis*.

La investigación continuará con la cuantificación y selección de los aislamientos con mayor capacidad de fijación de nitrógeno y la amplificación, clonación, secuenciación, ensamble y búsqueda de marcadores moleculares (SNP) para correlacionar las tasas de fijación biológica de nitrógeno y realizar pruebas de inoculación *in vitro* e invernadero en diferentes variedades.

Monitoreo hidrológico del río Aguaclara



En conjunto con el SETI se fortaleció tecnológicamente el monitoreo hidrológico que se realiza en la cuenca del río Aguaclara, para conocer el impacto de las acciones de recuperación y conservación del Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad (FAPVS).

En ese sentido, se estableció un sistema de telemetría para que los sensores instalados en la cuenca transmitan los registros cada quince minutos y se desarrolló un visor de datos meteorológicos.

Por otra parte, la experiencia de Cenicaña en el marco de este proyecto hizo parte de la publicación *Bridging Theory and Practice for Hydrological Monitoring in Water Funds* (Teoría y Práctica para la Vigilancia Hidrológica en Fondos de Agua) que editó la Alianza Latinoamericana de Fondos de

Agua. Como parte de su gestión ambiental, Cenicaña también prestó apoyo técnico en proyectos regionales como el modelamiento del corredor del río Cauca y en metodologías para la delimitación de los humedales de la región.



Estación de monitoreo Chontaduro, cuenca del río Aguaclara.

Innovar con tecnologías de precisión y percepción remota

Drones para aplicación de agroquímicos

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

Tras las aplicaciones de prueba, Cenicaña realizó una evaluación preliminar sobre el desempeño del dron y pudo constatar que la operación es técnicamente viable, y que tanto ingenios como cultivadores pueden contar con otra alternativa para la aplicación de agroquímicos por vía aérea (**Figura 16**).

 **Figura 16.**

Vuelo de prueba del dron utilizado por el ingenio Risaralda para la aplicación de maduradores en caña de azúcar.



- » La descarga del agroquímico fue de 1.1 litros de mezcla por minuto, se voló a 30 km/h y con un ancho de franja de 5 metros, con lo cual se cubrió una hectárea en 4 minutos, con una descarga de 4.4 litros de mezcla.
- » El dron utilizado consta de un tanque de 15 litros de capacidad y un aguilón de 2.6 m de longitud con seis boquillas espaciadas cada 50 cm.

Teniendo en cuenta el tiempo invertido en giros, cambio de baterías, aprovisionamiento de la mezcla y tiempo de trabajo (entre 6:00 a.m. y 10:00 a.m., (horario con condiciones ambientales favorables), se podrían aplicar alrededor de 8 hectáreas de madurador por hora y cerca de 32 hectáreas diarias. Actualmente con un avión ultraliviano se pueden aplicar entre 150 y 200 hectáreas diarias.

Con tarjetas hidrosensibles, marcadas durante una de las aplicaciones de madurador se midió el número de gotas por cm², el cual fue de 13.5, y se estimó el tamaño de las gotas (350 a 500 μ), parámetros que se ajustan a lo requerido en una aspersión aérea de maduradores.

Validaciones del volante eléctrico y cosecha con autoguía

En pruebas de validación realizadas al volante eléctrico con señal de subscripción satelital Terrastar, con el cual se pueden realizar labores de guiado con errores promedio de dos pulgadas, se constató que el equipo representa una alternativa frente al sistema de autoguía.

El volante eléctrico ofrece las ventajas de menor costo, mayor facilidad de instalación y mayor portabilidad; sin embargo es necesario evaluar la repetitividad (a corto y largo plazo) de la señal de subscripción satelital Terrastar.

También se realizaron evaluaciones a la cosecha con sistema autoguía que, frente a una cosechadora convencional, mostró ventajas en cuanto a la cantidad de caña dejada en el campo, puesto que los equipos involucrados en la labor tienen una trayectoria con menor error de desviación respecto a las líneas del cultivo.

El uso del sistema autoguía en cosechadoras de caña de azúcar no reduce el impacto del tráfico de maquinaria sobre el suelo, puesto que éste depende de la humedad del suelo al momento de la labor.

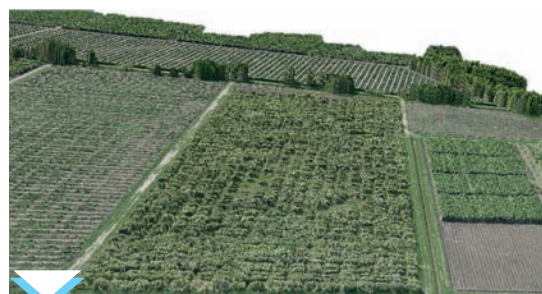
Durante las evaluaciones realizadas también se constató que es necesario realizar el surcado con sistema autoguía o en su defecto georreferenciar los surcos, con el objetivo de mejorar los parámetros de calidad del corte. Igualmente, se evidenció la necesidad de que tanto las casas comerciales como Cenicaña realicen programas de capacitación dirigidos especialmente a los operarios de las cosechadoras.



Validación de piloto guiado con volante eléctrico.

Caracterización del cultivo a partir de imágenes digitales

- **Altura del cultivo:** Se empleó un dron y puntos de control para tomar imágenes y generar modelos digitales de elevación que, junto con modelos digitales de superficie, permitieron estimar la altura de las plantas con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.52. La investigación continuará para mejorar el coeficiente mediante el uso de equipos GNSS de doble frecuencia.
- **Aforo de producción:** Utilizando drones y una cámara con banda Red Edge se realizaron estimaciones de producción de un cultivo de caña de la variedad CC 93-4418. El modelo arrojó un R^2 de 0.8 con un error estándar de 12.5 t/ha. Cenicaña continuará con la investigación utilizando diferentes sensores hasta mejorar los errores, de tal manera que ingenios y cultivadores cuenten con más herramientas para estimar la producción del cultivo.



Modelo de altura de un cultivo de caña de azúcar.

Inventario de equipos de agricultura de precisión en la agroindustria



Equipos disponibles:

- 2013: 87
- 2015: 182
- 2016: 281



Equipos más utilizados:

- Mapas de productividad: 98
- Fertilización de precisión: 54
- Piloto automático: 53
- Nivelación de precisión: 13

Nuevas herramientas para el manejo del cultivo con enfoque AEPS



Con el propósito de avanzar en el manejo agronómico de la caña de azúcar con un enfoque de agricultura específica por sitio, permanentemente Cenicaña busca alternativas para minimizar los efectos de la variabilidad de los sitios de siembra y obtener el rendimiento potencial del cultivo.

En ese sentido, a partir de este año se empezó a utilizar el perfilador, herramienta que a través de señales electromagnéticas genera mapas que marcan la conductividad eléctrica aparente (CEap) del suelo para caracterizar a un alto nivel de detalle los sitios de cultivo. Los datos de CEap estarán asociados a variables físicas y químicas del suelo, índices de vegetación y productividad (**Figura 17**).

Inicialmente la herramienta se ha utilizado en áreas experimentales para obtener resultados más precisos y poder desarrollar tecnologías que respondan cada vez más a las necesidades específicas de los cultivadores e ingenios.

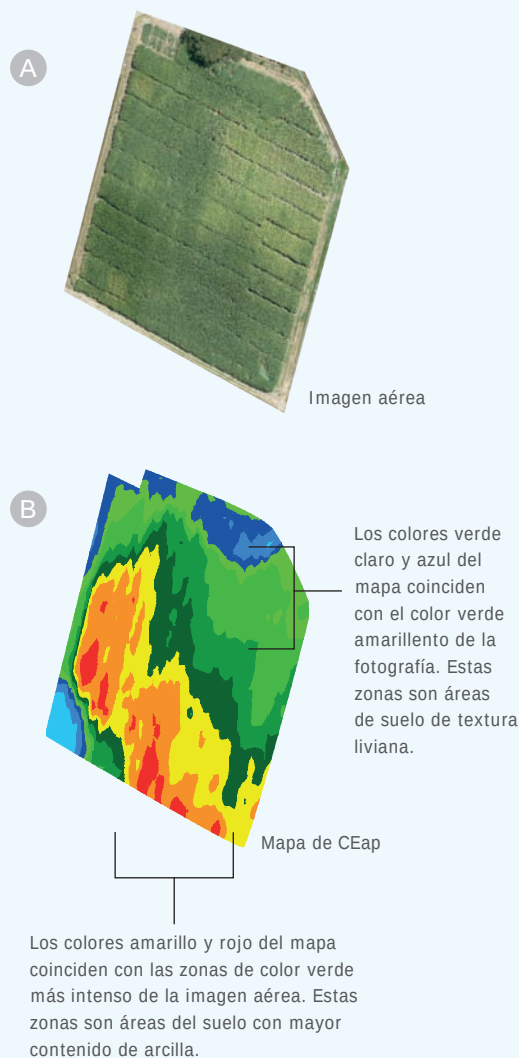
Cenicaña también empezó a estructurar el estudio detallado de suelos en formato de base de datos y avanzó en la validación de tecnologías de minería de datos, que permitan combinar dicho estudio con datos cartográficos.

De esta manera se espera contar con una herramienta dinámica que ofrezca ventajas tanto para la planificación del manejo del cultivo por parte de ingenios y cultivadores como para la investigación.

Con esta base de datos convertida en herramienta interactiva se podrá avanzar en nuevas aproximaciones de la zonificación agroecológica y/o grupos homogéneos de suelos, cuantificar áreas con características específicas, como la profundidad del horizonte, por ejemplo; y realizar labores más precisas y eficientes. En el 2017 se continuará con la validación de las tecnologías y concluirá la construcción de la base de datos.

Figura 17.

Comparación de la imagen aérea del lote 19 de Cenicaña (A) con el mapa de CEap (B) generado con el perfilador.



» El perfilador genera una señal electromagnética que registra la intensidad que retorna al perfilador. La intensidad de la señal está asociada principalmente a la humedad del suelo, textura y contenido de sales.

CATE:

Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica *

MISIÓN

Mejorar los estándares tecnológicos y la logística del sistema de cosecha y transporte con la finalidad de disminuir los costos de la operación y obtener mejoras económicas en el sector productivo.

En 2016 se completaron cinco años de seguimiento a los vagones de mínimo peso de descarga lateral y alta, cuyos datos revelaron la eficiencia, rentabilidad y sostenibilidad de estos sistemas en las labores de cosecha y entrega de caña en las fábricas.

Los datos recopilados y su análisis muestran una reducción de costos frente a sistemas convencionales y confirman que con su adopción los ingenios contribuyen a disminuir los efectos de la flota de cosecha y de transporte sobre los suelos y el aire.

Asimismo, para saber de qué manera la variedad de caña de azúcar incide en la logística de la cosecha, el proyecto continuó evaluando la densidad de carga de las variedades y en este periodo lo hizo con CC 01-1940. En 2015 se había realizado con la variedad CC 93-4418.

Con la instrumentación de componentes de la cosechadora y la construcción de una celda de carga para pruebas de dinamometría comenzaron los estudios para ampliar el conocimiento de la operación de las cosechadoras, identificar pérdidas de rendimiento y diseñar alternativas para mejores prácticas de mantenimiento.

* A partir del segundo semestre de 2016, el proyecto de investigación es coordinado por el Programa de Agronomía.

Mejorar la eficiencia en la cosecha y transporte de la caña

Seguimiento a los vagones de mínimo peso

Un análisis a la operación del transporte utilizando vagones de mínimo peso, tanto de descarga lateral como de descarga alta, demostró la estabilidad de la tecnología en cuanto a la reducción de los costos y, por consiguiente, la rentabilidad y eficiencia de estos sistemas para las labores de cosecha y entrega de caña en las fábricas.

En 2016 se completaron cinco años de seguimiento a la operación, con los siguientes resultados:

- Respecto a la operación de transporte con vagones HD 20000, los vagones de mínimo peso de descarga lateral tipo 24000 transportaron 20% más de caña (24.3 toneladas en promedio) y hubo una reducción de 11% en costos.

- La operación de cosecha y recepción de los ingenios Riopaila-Castilla, Mayagüez y Manuelita con vagones de descarga alta de bajo peso estructural tipo 24000, 30000 y 32000 evidenciaron una disminución en el costo del transporte de 12% en promedio.

Densidad de carga de CC 01-1940

Continuó la evaluación de la densidad de carga de las variedades de caña de azúcar con el propósito de conocer el impacto de éstas en la eficiencia del transporte a las fábricas.

En la evaluación, realizada en 70 vagones para caña larga y picada, la variedad CC 01-1940 registró valores promedio de densidad de carga de 289 kg/m³ para el transporte de caña larga y de 408 kg/m³ para la caña picada. CC 85-92 registró valores promedio de densidad de carga de 280 kg/m³, para el transporte de caña larga y de 397 kg/m³ para la caña picada.

Al comparar las densidades de carga de CC 01-1940 y CC 85-92 se observó un incremento en el promedio de 3.2% para el



Transbordo de caña mecanizada a vagones de transporte DL 24000.

transporte de caña larga y de 2.8% para la caña picada.

Las evaluaciones de densidad de carga continuarán durante 2017 con otras variedades, con el fin de documentar las características de cosecha de las variedades promisorias desarrolladas por Cenicaña.

Mantenimiento de equipos de cosecha

Se avanzó en la búsqueda de alternativas que contribuyan a determinar el estado operativo de una cosechadora, con el propósito de garantizar la eficiencia y rentabilidad de las labores del corte mecánico.

En ese sentido, se instrumentó el disco portacuchillas de la caja base de una cosechadora para comparar los valores reales de la velocidad del corte con los valores teóricos (suministrados por el fabricante) y determinar así pérdidas de rendimiento.

Identificar estas variaciones sirve como indicador de mantenimiento por cuanto la disminución en la eficiencia volumétrica del sistema hidráulico puede ser causado por desgastes de los acoples y del cuerpo de bombas y fisuras, que a su vez generan ineficiencias en el consumo de combustible. Además, conocer los valores reales de rotación de los cortadores de base también ayuda a explicar disminuciones en la calidad de corte.

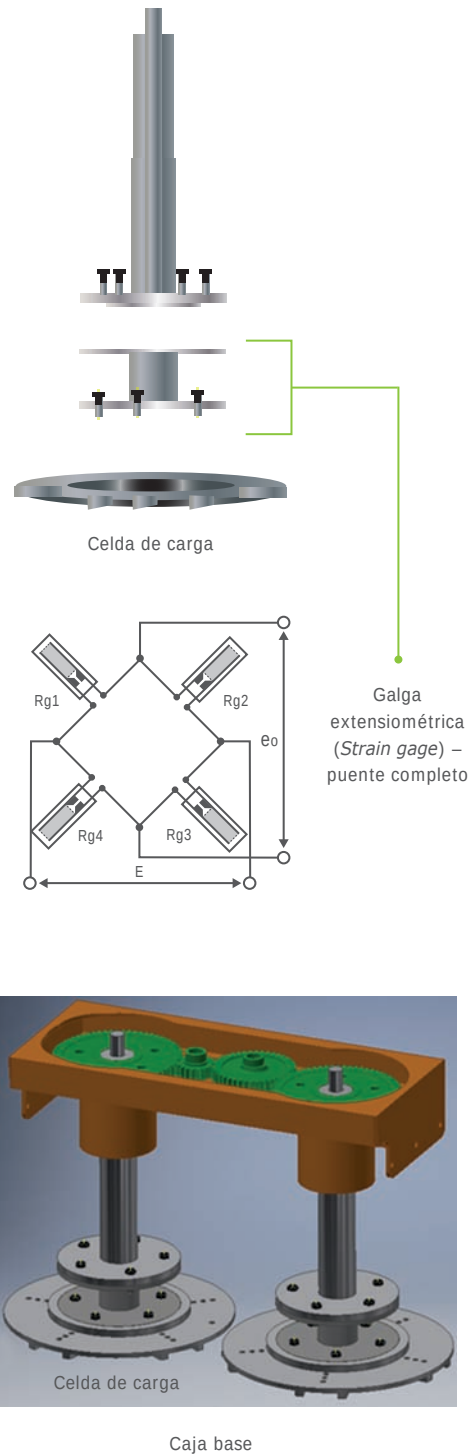
Las fisuras y desgastes en los componentes de la caja cortadora base son provocados por sobrecargas (resultado del impacto con rocas o el suelo desnivelado) que transfieren altos esfuerzos a los sistemas. Este efecto se corrige con elementos de protección tipo fusible o mejoras en los diseños con los cuales las máquinas se adapten mejor a las condiciones locales.

Para avanzar en esa dirección se inició la construcción de una celda de carga para pruebas de dinamometría (**Figura 18**), con el propósito de validar en tiempo real y bajo condiciones normales de operación las cargas a las que se somete el sistema.



Figura 18.

Celda de carga para pruebas de dinamometría.



Innovar con tecnologías de menor impacto ambiental

Caracterización de la flota de cosecha y transporte

Durante 2016 se evidenció un incremento en la adopción de vagones de autovolteo en los ingenios de la región, lo que contribuye a reducir la compactación de los suelos y la generación de dióxido de carbono.

Con el transbordo con vagones de autovolteo se ha fortalecido el uso de vagones de menor peso estructural exclusivos para el transporte de caña utilizando llantas de camión, que a su vez son de menor costo.

Información recolectada en 2016 en trece ingenios:

- 81% de los frentes de cosecha mecánica utiliza vagones de autovolteo y 19% realiza cadeneo con vagones de transporte tipo HD 12000 y HD 20000 en la suerte. En el 2015 el uso de vagones de autovolteo representaba 74%.

- De los 2380 vagones reportados, los más utilizados son: HD 12000 (42%), HD 20000 (27%) y DL 24000 (10%).

- En 2016, los vagones de transporte de mínimo peso tipo DL 24000, HD 24000, HD 30000 y HD 32000 aumentaron su participación a 30%. En el 2015 representaban el 24% de la flota.

- La evolución de la cosecha mecánica ha significado un incremento de la cantidad de vagones empleados al pasar de 21% en el 2015 al 34% en el 2016.

- El inventario de vagones de transporte cargados con autovolteo pasó de 51.6% en el 2014 a 74% en el 2016 (**Figura 19**).

- En el 2016 se incrementó el uso de vagones de mínimo peso con 47.6%, creciendo 15% respecto al 2014 (**Figura 20**).

Figura 19.

Evolución de la adopción de vagones de transporte usados en la cosecha mecánica según método de cargue. 2016.

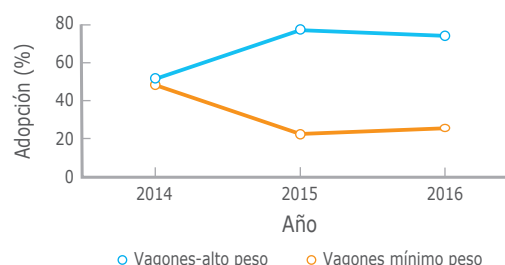
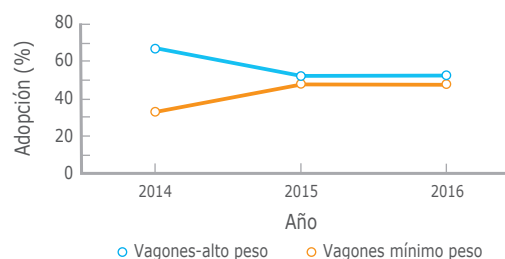


Figura 20.

Evolución de la adopción de vagones de transporte usados en la cosecha mecánica según peso estructural. 2016.



Programa de Procesos de Fábrica

MISIÓN

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

Con el propósito de mejorar la eficiencia en la producción de azúcar durante 2016 el Programa de Procesos de Fábrica amplió su conocimiento sobre el impacto de las variedades de caña de azúcar, la materia extraña y los microorganismos en el desempeño de las operaciones fabriles.

Producto de éstas y otras investigaciones se plantearon propuestas, modelos y metodologías que contribuirán a mitigar las pérdidas de sacarosa y a su recuperación, a mejorar el pH de los jugos y a evitar la generación de color.

En la producción de etanol y de cogeneración de energía se dieron pasos hacia procesos más eficientes y rentables al cuantificar las pérdidas por degradación microbiana de azúcares fermentables, lo que conducirá a la adopción de medidas correctivas durante el proceso fermentativo. También se comprendió el efecto de la granulometría de los diferentes combustibles en la eficiencia de las calderas y se propuso un sistema de control de temperatura en calentadores que reduce hasta un 25% el consumo de vapor.

La investigación hacia la diversificación estuvo enfocada al aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha (RAC), para lo cual se realizaron evaluaciones experimentales para la producción de briquetas y se adaptaron metodologías para la obtención de glucosa, a partir la celulosa presente en el RAC.

Para mitigar los impactos ambientales de los procesos fabriles a través de acciones de sostenibilidad, es necesario conocer en dónde está la industria y hacia dónde debe ir. Por eso Cenicaña estimó la huella de carbono en la producción de etanol de las seis destilerías del sector, donde se evidenció una reducción en las emisiones de gases efecto invernadero gracias a la mayor eficiencia energética.

Mejorar la eficiencia en la producción de azúcar

Caracterización de fibras y evaluación de materia extraña

Cenicaña implementó una metodología para ampliar el conocimiento del impacto de algunas características de las variedades de caña en los procesos fabriles, como la forma de la fibra.

La metodología separa fibras largas y cortas y médula de la fibra total de la caña de azúcar para identificar diferencias entre las variedades, que puedan estar relacionadas con la eficiencia de los procesos de extracción y combustión de bagazo (**Figura 21**).



Figura 21.

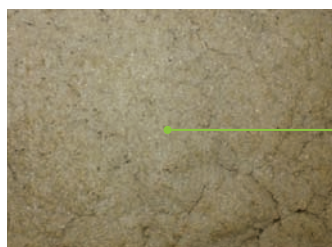
Caracterización de fibras de caña de azúcar.



Fibra larga
1 cm - 12 cm



Fibra corta
0.1 cm - 1 cm



Médula inferior
a 0.1 cm

Esta herramienta se empezó a utilizar con las variedades CC 85-92, CC 01-1940, y CC 93-4418 y las pruebas regionales de ambiente húmedo, y se proyecta utilizar en el proyecto Selección Asistida por Marcadores Moleculares, que avanza en la caracterización genotípica de 220 variedades.

Por otro lado, para conocer el efecto de la materia extraña mineral (restos de suelo) en el desempeño de las unidades de molienda se realizó una evaluación en un ingenio, en donde con una materia extraña de 4%, se evidenció una reducción de 97.1% a 95.5% de la extracción global. Este efecto se intensificó en los molinos con baja compactación y/o baja presión hidráulica de sus cabezotes.

Para comprender mejor este efecto, se realizaron experimentos con una prensa hidráulica para dos escenarios de presión (1300 y 2600 psi). Además, de identificarse un incremento del contenido porcentual de humedad en el bagazo, ésta se intensificó cuando la presión de la prensa fue más baja.

Como resultado de la investigación también se halló que más de 10% del contenido de cenizas de la caña en el tándem de molinos afecta la calidad del jugo diluido que ingresa a la fábrica. Una evaluación realizada a partir de un balance de cenizas mostró que en este nivel, la concentración de ceniza en el bagazo estuvo alrededor de 4% y 6%, por lo tanto el contenido de cenizas restante queda en el jugo diluido.

Indicadores de calidad microbiológica

La inversión de sacarosa por acción microbiana puede representar pérdidas de 32 qq/día de azúcar.

Para contrarrestar el impacto de los microorganismos en el proceso de elaboración de azúcar, se avanzó en estudios para establecer indicadores de calidad microbiológica de los jugos.

En ese sentido, se determinó que concentraciones superiores a 1000, 1000 y 200 ppm/°Brix, de dextranas, manitol y ácido láctico,

respectivamente, son indicadores de baja calidad microbiológica.

De manera complementaria, se cuantificó la recuperación de 2.82 qq/h de azúcar (estimados a partir de la producción de manitol) al implementar medidas para minimizar la inversión de sacarosa en los molinos, como monitorear los microorganismos y sus metabolitos, evitar la retención de bagazo en mazas, canales y tanques, ejecutar periódicos planes de limpieza y sanitización y aplicar biocidas.

Otro punto crítico de contaminación y disminución de la calidad microbiológica de los jugos de caña es la recirculación de corrientes de retorno, principalmente el jugo filtrado y los sumideros (recolección de derrames de tanques y aguas de lavado de equipos). Un estudio al respecto halló que la corriente del jugo filtrado y los sumideros son los mayores aportantes de ácido láctico (54% y 40%, respectivamente), y por lo tanto, presentan una alta carga microbiana que afecta los procesos de elaboración.

Metodología para cuantificar compuestos colorantes

Con el propósito de avanzar hacia el diseño de estrategias para reducir o mitigar el efecto de los compuestos colorantes en los materiales del proceso y contar con operaciones de producción de azúcar más eficientes y rentables, Cenicaña continuó con el desarrollo de metodologías para cuantificar estos precursores de color en el jugo diluido en diferentes niveles de mecanización (% de caña cosechada mecánicamente).

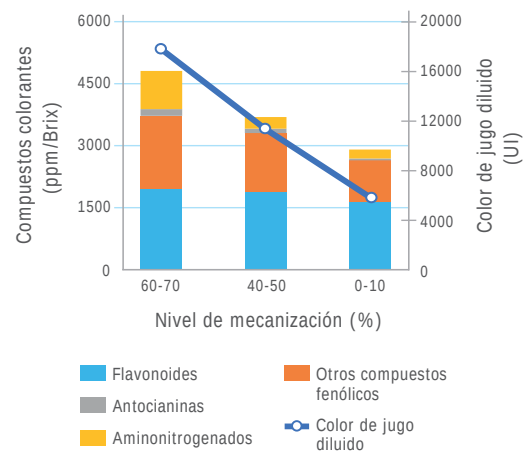
En los estudios realizados se observó mayor color en caña proveniente de cosecha mecanizada; asimismo, de los compuestos colorantes identificados, las antocianinas son los mayores contribuyentes, dando colores oscuros a pH ácidos a pesar de sus bajas concentraciones. Igualmente, en etapas posteriores del proceso, los compuestos aminonitrogenados, también en baja concen-

tración, generan compuestos de color alto (**Figura 22**).

El paso a seguir será adaptar las metodologías a los demás materiales como jugo claro, meladuras, mieles y azúcar.

Figura 22.

Comportamiento del color y de los compuestos colorantes en jugo diluido en diferentes niveles de mecanización. 2016.



Sistema para control de pH

En el proceso de elaboración de azúcar, el pH del jugo es una de las variables más relevantes a controlar. De hecho, se estima que un sistema de control de pH adecuado reduce las pérdidas de sacarosa por esta causa de 37 a 3 g/t caña.

Cenicaña desarrolló una metodología para mejorar los actuales sistemas de control de pH de los ingenios asegurando la estabilidad del parámetro. La metodología comprende los aspectos de agitación, medición, actuador, medio de encalado, prácticas de operación y estrategia de control de disturbios.

Mediante un modelo de simulación se encontró que debido a la variabilidad en el flujo de jugo en la fábrica, el sistema con estrategia de control de disturbios ofrece mayor confiabilidad que el sistema de control clásico. El sistema fue implementado en un ingenio piloto, en donde se redujo la desviación estándar de pH de ± 0.7 a ± 0.35 . Se continuará evaluando la herramienta metodológica en otros ingenios.

Modelamiento y simulación del proceso de cristalización

Las impurezas en el jugo diluido impactan directamente el proceso de cristalización en la producción de azúcar, puesto que modifican la respuesta de sobresaturación, reducen la velocidad de cristalización y hacen más adversas las condiciones para el proceso.

Ante esto, a partir de datos históricos y seguimientos al proceso de cristalización de los ingenios, Cenicaña validó un modelo ma-



- pH bajos (ácidos) en los jugos producen pérdidas de sacarosa por degradación fisicoquímica.
- pH altos (básicos) en los jugos generan incrustaciones en calentadores y evaporadores que ocasionan ineficiencias energéticas (consumos de vapor).

temático que simuló las plantas (A, B y C) en taches batch. Los resultados de comparación de valores reales y de simulación en todos los casos ofrecieron errores menores al 4%.

Con este modelo se diseñó y validó una estrategia de control moderna (sobresaturación-nivel) para el proceso de cristalización y se comparó en simulación con una estrategia de control tradicional ($^{\circ}$ Brix-nivel).

La segunda no fue capaz de mantener un valor estable de sobresaturación que garantizara mayor tasa de cristalización y de calidad del azúcar; mientras que la primera obtuvo una pureza de miel menor en 1%, lo que equivale a mayor producción de azúcar. La estrategia se implementará en un ingenio piloto.

Mejorar la eficiencia en la producción de etanol y cogeneración de energía

Desviación de azúcares fermentables por contaminación

En la producción de etanol, la destilación y deshidratación tienen eficiencias superiores al 99% y en la mayoría de los casos son estables; por su parte, la fermentación, debido a su interacción con variables operacionales, microbiológicas y fisicoquímicas, tiene eficiencias entre 88% y 92%, y por lo tanto impacta en la eficiencia global de la planta.

Para cuantificar el impacto y tomar medidas con las cuales se pueda mejorar la eficiencia en el proceso fermentativo es necesario avanzar en el conocimiento de la desviación de azúcares fermentables hacia metabolitos diferentes al etanol, que puedan provenir de microorganismos contaminantes o de condiciones de estrés para la levadura.

En este sentido, Cenicaña desarrolló una metodología para determinar el destino que toman los azúcares fermentables en el proceso, a partir de la cuantificación por cromatografía líquida de diferentes metabolitos.

En una destilería piloto la eficiencia de conversión de azúcares a etanol fue de 91.2%. El 8.8% restante de los azúcares fueron desviados: 1.6% a ácidos láctico, acético y propiónico por contaminantes bacterianos; 2.4%, a glicerol; y 0.1%, a ácido succínico por parte de la misma levadura; 2.2% de los azúcares no fueron metabolizados y se consideran residuales, mientras que 2.5% de los azúcares se desviaron a la formación de biomasa y otros compuestos que no fueron identificados (**Figura 23**).

Con esta misma metodología, se evaluaron dos escenarios diferentes para una destilería con capacidad de 357 m³ de etanol carburante.

Un análisis comparativo de los datos de producción en un escenario de baja contaminación por bacterias halló que 12,5 t/día de azúcares se desviaron a la formación de áci-

dos orgánicos. En un segundo escenario de alta contaminación, se cuantificó un desvío de 18.3 t/día adicionales de azúcares fermentables, dejando de producir 10,600 l/día de etanol.

Se proyecta tener la herramienta de balance de azúcares fermentables adaptada para cada una de las destilerías, con la cual se puedan monitorear estas desviaciones con las variables medidas rutinariamente en el proceso.

Simulación de control de temperatura en calentadores

La eficiencia en el uso de la energía térmica del vapor en el proceso de calentamiento está determinada por factores como el incremento de depósitos de las superficies y cambios en el régimen del flujo procesado, que finalmente afectan el paso del jugo hacia los calentadores.

En 2016 se validó un modelo dinámico para un calentador tipo tubo y carcaza que incluyó el incremento de depósitos e incrustaciones con el tiempo y se proyectaron los beneficios de la estabilidad de la temperatura del jugo a la salida del calentador. Se empleó un lazo de control clásico y un lazo de control propuesto (que ayude a mitigar los cambios inesperados del flujo de jugo hacia los calentadores) y se evaluó su desempeño en el tiempo ante la variación en las entradas:

- Cambio en “setpoint” de temperatura de salida del jugo (+2°C) a 20 segundos.
- Cambio en el flujo de jugo entrando (+10%) a 250 segundos.

Como resultado a 340 horas de operación del calentador, la variación de temperatura del jugo a la salida disminuyó de 85% con el control clásico a 40% con el control propuesto (**Figura 24**). Lo anterior significa 25% de ahorro del vapor requerido para alcanzar las condiciones de temperatura de salida del jugo, ante el escenario transitorio de cambio en el flujo de entrada. El modelo será implementado en un calentador real.

Figura 23.

Desviación de los azúcares que no se convirtieron en etanol (eficiencia fermentación 91,2%) en una destilería piloto. 2016.

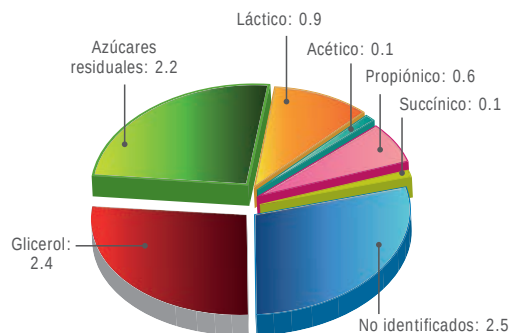
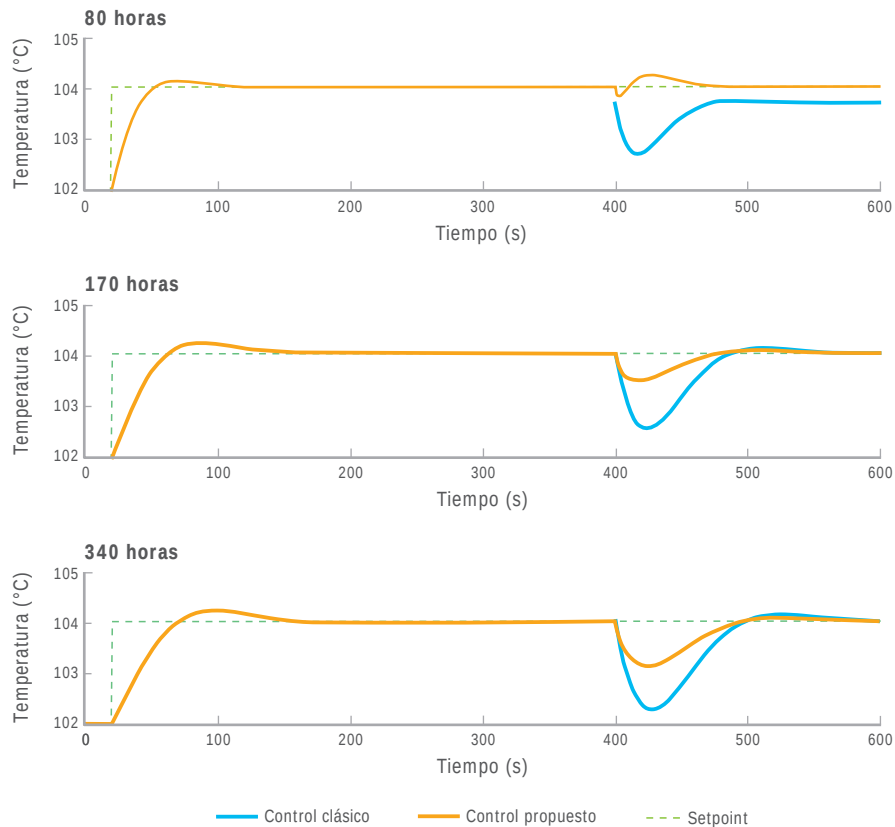




Figura 24.

Simulación de control de temperatura de salida del jugo y su desempeño en el tiempo. 2016.



Diagnóstico para mejorar la eficiencia en las calderas

Con el propósito incrementar la eficiencia térmica de las calderas garantizando una combustión completa, Cenicaña avanzó en estudios sobre la incidencia de la granulometría de los combustibles en el comportamiento aerodinámico en el hogar de la caldera y su efecto.

Para desarrollar una metodología que permita comprender los fenómenos involucrados en la combustión se realizó una simulación con Dinámica Computacional de Fluidos (CFD) del hogar de una caldera que quema conjuntamente carbón, bagazo y bagacillo, los cuales granulométricamente pueden va-

riar hasta 1.5 pulgadas en el caso del carbón, y entre 3 a 15 milímetros para el bagazo y bagacillo.

Se encontró que la combustión de partículas sólidas es altamente dependiente de la distribución granulométrica, ya que el proceso es influenciado por las trayectorias que estas toman y el tiempo de residencia al interior del hogar. Además, el tiempo de residencia promedio de las partículas de bagazo y bagacillo fue de 3.63 y 2.95 segundos, respectivamente.

Estos valores son acordes a los de los diseños de las calderas e indican que los modelos representan correctamente el comportamiento de las partículas al interior de la misma.

Innovar para la diversificación

Experimentos y metodologías para aprovechamiento de RAC

Cenicaña evaluó experimentalmente el proceso de producción de briquetas a partir de residuos agrícolas de cosecha (RAC) como una manera de explorar alternativas para su aprovechamiento en combustible.

La densificación de RAC en briquetas se utiliza comercialmente para otras biomásas y soluciona uno de los principales retos para aprovechar los residuos debido a su baja densidad energética (densidad RAC: 21 kg/m³; densidad de briquetas: 700 a 800 kg/m³).

La evaluación experimental tuvo como propósito comprender los efectos de las variables de presión, temperatura y tamaño de la partícula en las características físicas, mecánicas y térmicas del producto final, encontrándolas dentro de valores comparables con briquetas comerciales de madera o de paja de trigo.

Tener un mayor entendimiento del proceso de briqueteado de RAC permite continuar con la selección de tecnologías a escala piloto o comercial para evaluar la producción de briquetas.

Los residuos agrícolas de cosecha también pueden utilizarse para la obtención de productos de valor agregado como bioplásticos, solventes o etanol de segunda generación, para lo cual se aprovechan los azúcares simples presentes en ellos.

Con ese propósito, Cenicaña adaptó metodologías para cuantificar carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), cenizas y humedad presentes en los RAC y logró la conversión de celulosa a glucosa hasta un 65%.

También en ensayos preliminares para la obtención de etanol de segunda generación se alcanzaron concentraciones en vino de 20 g de etanol por litro de muestra, equivalentes al 68% de rendimiento.



La obtención de celulosa a partir de residuos agrícolas de cosecha hace parte de los estudios que realiza Cenicaña en etanol de segunda generación. Briquetas de RAC elaboradas a escala experimental.

Implementar acciones que contribuyan a la sostenibilidad de la industria

Medición de emisiones en la producción de etanol

Cenicaña estimó la huella de carbono de la producción de etanol carburante en Colombia, herramienta que permitirá identificar mejoras en procesos de alto impacto ambiental.

La huella de carbono se estimó a partir de información recolectada en seis plantas para los años 2010, 2013, 2014 y 2015, en formularios diseñados para cada una de las

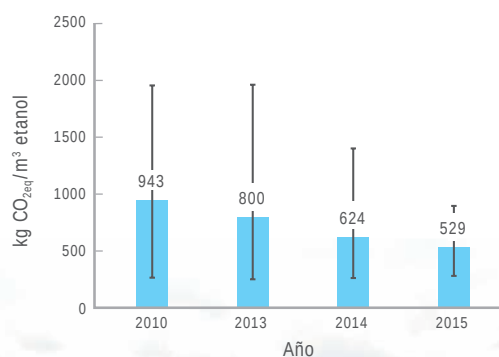
áreas involucradas en el proceso: campo, cosecha, fábrica, destilería, planta de generación de energía y tratamiento de efluentes, y se utilizó la metodología de análisis de impacto GWP IPCC 2007, desarrollada por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.

En la **Figura 25** se observa el promedio ponderado de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) de la producción de etanol carburante (las barras de error corresponden a los valores máximos y mínimos de GEI). La disminución de las emisiones a través de los años está asociada principalmente a la reducción del uso de carbón, como resultado del aumento de la eficiencia energética.



Figura 25.

Promedio ponderado y valores máximos y mínimos de las emisiones de GEI totales anuales de seis destilerías. 2016.



- » Las emisiones de Gases efecto invernadero (GEI) se expresan en términos de kg CO₂eq / m³ de etanol.
- » Se utilizó el software especializado Simapro 8®.



Calidad del agua en el proceso sucroenergético

Una de las principales acciones de gestión sostenible del agua en las fábricas es la recuperación de vapores condensados del proceso para ser utilizados, entre otros, como agua de alimentación en las calderas.

Debido a que estos vapores condensados pueden contaminarse con materiales de proceso, se desarrolló una metodología para diagnosticar la calidad del agua y estimar, a través de indicadores, los impactos potenciales sobre los componentes de los circuitos de agua. Uno de ellos es el Índice de Saturación de Langelier (ISL), que estima si las condiciones fisicoquímicas del agua favorecen la formación de incrustaciones que podrían llevar subsecuentemente a la corrosión de los componentes metálicos.

La metodología se aplicó en un ingenio piloto, donde se identificó una relación entre las mayores concentraciones de materia orgánica en condensados contaminados y los valores más bajos en la evaluación del ISL (-2.90 en promedio). Lo anterior indica que la presencia de materia orgánica trae consigo la caída en el pH del agua lo cual favorece una condición corrosiva.

Estos hallazgos condujeron a acciones correctivas en los equipos para el control de la contaminación de condensados, así como la optimización de los sistemas de tratamiento y acondicionamiento del agua. De esta manera, la industria entrega efluentes con menos cargas contaminantes y se está contribuyendo a una mayor recuperación de sacarosa.



Sistema de tratamiento de agua de lavado de caña. Ingenio Risaralda.

Servicios de laboratorios*



Laboratorio de suelos



ANÁLISIS DE SUELOS Y TEJIDO FOLIAR

6066 muestras procesadas:

- 2811 de suelos (41% solicitudes de donantes y 59% análisis internos para la investigación).
- 3255 de tejido foliar (11% solicitudes de donantes y 89% análisis internos para la investigación).



Laboratorio de análisis de caña



ANÁLISIS DE CALIDAD DE CAÑA

21,841 muestras de caña procesadas (incremento del 2.8% respecto al 2015).



ANÁLISIS DE CROMATOGRFÍA

2981 muestras procesadas:

- 1807 correspondieron a análisis de azúcares como sacarosa, glucosa, fructosa y glicerol.
- 1174 correspondieron a ácidos orgánicos como indicadores de deterioro y contaminación en procesos de fermentación y en pérdidas de sacarosa.



Laboratorio de cromatografía

*Datos a 31 de diciembre de 2016.

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

MISIÓN

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

Durante el 2016 el Servicio de Análisis Económico y Estadístico realizó diferentes estudios con el objetivo de ofrecer a ingenios y cultivadores alternativas y herramientas que contribuyan a mejorar su rentabilidad y la competitividad del sector.

En ese sentido, para identificar las circunstancias en que determinados ambientes de cultivo pueden ofrecer mejores productividades se analizó el comportamiento de indicadores como las toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM) en diferentes condiciones.

Como una manera de validar las ventajas de la adopción varietal con enfoque AEPS se midió el impacto en productividad de las nuevas variedades cuando se ubican en los ambientes adecuados y se incrementa el área de siembra.

Asimismo, se propusieron modelos y análisis de datos climatológicos para entender el efecto de la variación climática en el desarrollo y producción del cultivo de caña de azúcar.

Finalmente, se relacionan una serie de asesorías ofrecidas por el Servicio durante el año a los ingenios con el propósito de entregarles análisis más precisos sobre la productividad y eficiencia de sus procesos fabriles.

Analizar alternativas para una mejor productividad

Expectativas de productividad en dos ambientes

Usualmente, las productividades en las zonas semisecas son superiores a las de las zonas húmedas, de modo que uno de los retos de Cenicaña es contribuir a mejorarlas en estas últimas.

Con el propósito de contar con información que respalde ese objetivo, el Servicio realizó un análisis para conocer el efecto en productividad de una variedad en el ambiente para el cual fue desarrollada. Un análisis inicial mostró **que la probabilidad de obtener valores superiores de toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM) es menor en las zonas húmedas que en las semisecas cuando en ambos ambientes se cultiva la variedad tradicional CC 85-92.** Sin embargo, esa probabilidad ha venido incrementándose con las variedades nuevas.

Para el análisis se caracterizó la distribución de las TAHM en dos periodos y escenarios:

- Periodo 2006-2010: variedad CC 85-92, cinco primeros cortes, en zonas de con-

dición húmeda y semiseca. En este período CC 85-92 alcanzó su mayor área cosechada en ambos ambientes.

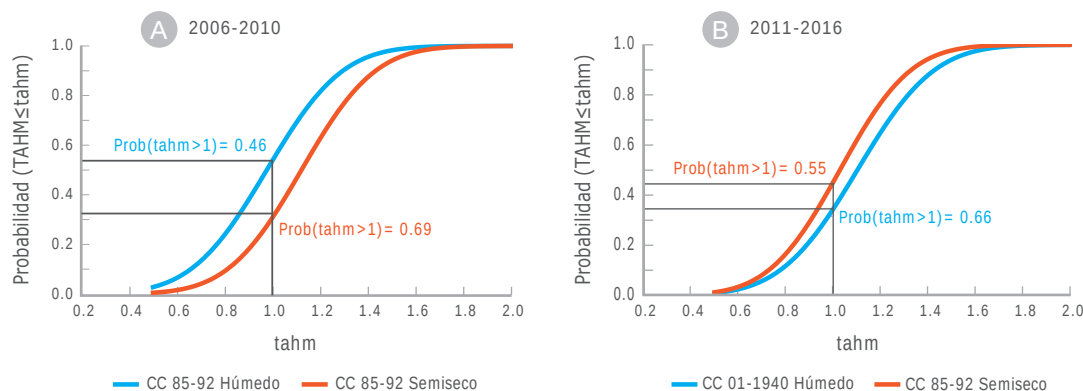
- Periodo 2011-2016: variedad CC 85-92, cinco primeros cortes, en ambiente semiseco; y variedad CC 01-1940, cinco primeros cortes, en ambiente húmedo. En este período CC 01-1940 empezó a ser adoptada.

En el periodo 2006-2010 la probabilidad de obtener TAHM por encima de cualquier valor fue siempre mayor o igual en el ambiente semiseco y en particular para $TAHM > 1$ fue de 0.69 (**Figura 26**). Por el contrario en el periodo 2011-2016 en el ambiente húmedo sembrado con CC01-1940 la probabilidad de obtener TAHM por encima de cualquier valor fue siempre mayor o igual que en el ambiente semiseco sembrado con CC 85-92 y en particular la probabilidad de obtener valores de $TAHM > 1$ fue de 0.66 para húmedo y de 0.55 para semiseco (**Figura 26**).

Los resultados evidenciaron que las zonas de ambiente húmedo sembradas con una variedad para esa condición pueden ser más eficientes en riesgo que las zonas semisecas con la variedad tradicional.

Figura 26.

Distribución acumulada de TAHM en ambientes húmedo y semiseco en 2006-2010 (A) y 2011-2016 (B) con CC 85-92 y CC 01-1940.



Impacto de nuevas variedades en la agroindustria

La ubicación de la variedad en el sitio para el cual fue desarrollada es un factor determinante del impacto de la variedad en las variables de productividad de la agroindustria.

Sin embargo, el que una variedad presente características de superioridad con respecto a la utilizada como testigo y tenga impacto a nivel de industria sólo se ve reflejado con un incremento considerable en el área sembrada.

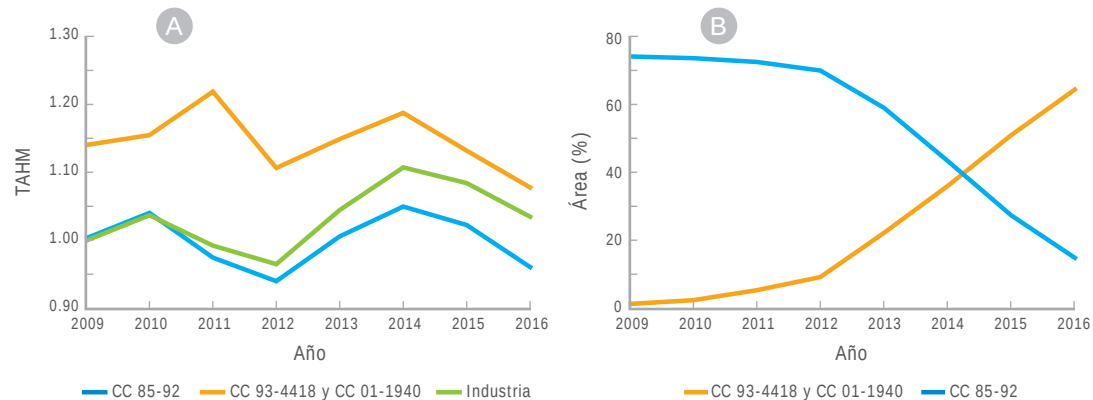
Para medir el impacto en la productividad de dos nuevas variedades se utilizaron los datos de las suertes cosechadas durante el periodo 2009-2016 para estimar los

promedios ponderados de los tres primeros cortes de CC 85-92, las nuevas variedades (CC 93-4418 y CC 01-1940) y el promedio de la industria (todas las variedades).

El análisis mostró que a través de este periodo hubo una constante de superioridad en las TAHM de las variedades nuevas respecto al testigo y que, a partir de 2011, el comportamiento de las toneladas de azúcar por hectárea mes de la industria empezó a ser superior al de la variedad CC 85-92 que marcaba el promedio del sector (**Figura 27**). Además, esta diferencia es mayor a medida que transcurren los años. Este hecho coincide con un incremento del área sembrada con las nuevas variedades y una disminución del área cosechada con CC 85-92 (**Figura 27**).

Figura 27.

TAHM promedio de la industria para los tres primeros cortes de CC 85-92 y las nuevas variedades CC 93-4418 y CC 01-1940 (A), con su respectiva participación en el área cosechada. 2009-2016 (B).



Análisis varietal para un ingenio

La siembra de diferentes variedades representa una ventaja para la agroindustria porque reduce los riegos de la aparición de enfermedades o plagas. Sin embargo, para que un ingenio amplíe sus opciones de siembra debe contar con un abanico varietal más eficiente en riesgo de producción que la variedad testigo.

Cenicaña realizó un análisis varietal con base en los registros de información comercial para un ingenio de la zona centro del valle del río Cauca en el periodo 2010-2016. Se utilizaron datos de los primeros tres cortes de un abanico varietal compuesto por las ocho variedades más cultivadas por el ingenio (CC 01-1228, CC 01-1940, CC 92-2804, CC 93-4181, CC 93-4418, CC 97-7170, CC 98-72 y CC 85-92) y se caracterizó la distribución de los indicadores de productividad TCHM y TAHM.

Según el ejercicio, la función de distribución acumulada mostró probabilidades entre

0.74 y 0.90 de obtener TCHM mayores a 9, con excepción de CC 92-2804 que presentó probabilidades similares a CC 85-92 que fue de 0.66 (**Figura 28**).

Con respecto a TAHM, comportamientos similares a CC 85-92 (0.55) los presentaron CC 01-1228 y CC 92-2804, mientras que las otras cinco variedades mostraron probabilidades de obtener TAHM mayores a 1.1 (entre 0.61 y 0.72, más altos que el testigo).

De acuerdo con lo anterior y dependiendo del indicador de interés, este ingenio dispone de un grupo de variedades más eficientes en riesgo que CC 85-92.

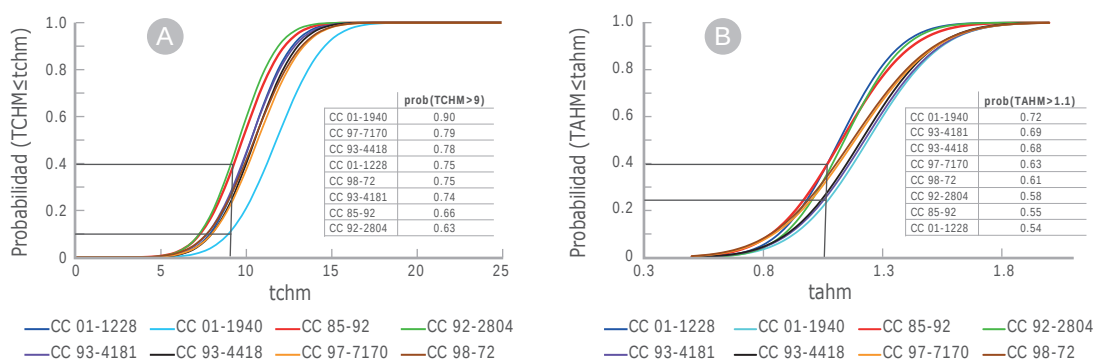
En ese sentido, por ejemplo, para TCHM las variedades a seguir sembrando, de mayor a menor probabilidad de obtener más de 9 TCHM, son CC 01-1940, CC 97-7170, CC 93-4418, CC 01-1228, CC 98-72 y CC 93-4181.

Para TAHM, las variedades de mayor a menor probabilidad de obtener valores mayores a 1.1 son: CC 01-1940, CC 93-4181, CC 93-4418, CC 97-7170 y CC 98-72.



Figura 28.

Función de distribución acumulada para TCHM (A) y TAHM (B) para un ingenio con su abanico varietal.



Eficiencia en riesgo: tipo de análisis que permite comparar tecnologías, en este caso variedades, para determinar las probabilidades de obtener valores inferiores a los que se toman de referencia. Ejemplo: para comparar las variedades A y B se tomó como referencia el valor de TCHM. Si son más bajas o iguales las probabilidades de que A obtenga siempre valores menores o iguales a cualquier valor de referencia, significa que A es más eficiente en riesgo que B.

Analizar las condiciones para un mejor rendimiento

Modelación de pronóstico de la temperatura mínima

La temperatura mínima tiene un impacto directo sobre la acumulación de sacarosa de la caña de azúcar y por lo tanto en su rendimiento comercial en azúcar.

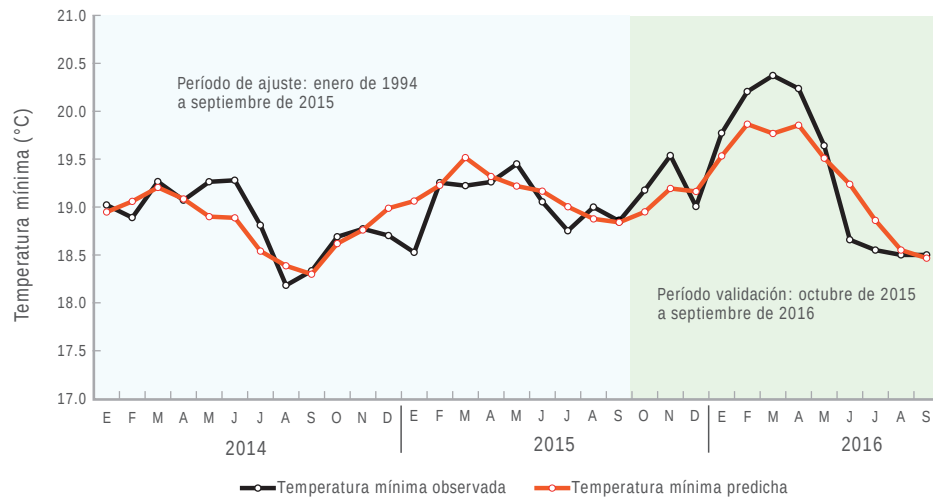
Cenicaña construyó un modelo de pronóstico para estimar la tendencia de la temperatura mínima promedio del valle del río Cauca a escala mensual, que sirve de herramienta de análisis de productividad.

El modelo utilizó la información de enero de 1994 a septiembre de 2016 consolidada en la Red Meteorológica Automatizada (RMA). Con los datos de enero de 1994 a septiembre de 2015 se ajustó el modelo que cuantifica el efecto de las diferentes teledetecciones que miden el clima oceánico; mientras que con los datos de octubre de 2015 a septiembre de 2016 se validó el modelo. Esto quiere decir que se proyectó la temperatura mínima media mensual entre octubre de 2015 y septiembre de 2016, como si este periodo aun no hubiera sucedido.

El modelo logró proyectar incrementos de la temperatura mínima como los sucedidos en 2016 (**Figura 29**).

Figura 29.

Proyección de la temperatura mínima con modelo de pronóstico a partir de datos de la RMA entre enero de 2014 y septiembre de 2015. 2016.



Servicios y asesorías para ingenios

- Determinación de la edad óptima biológica y económica para plantillas y socas de las variedades CC 01-1940, CC 85-92 y CC 93-4418 en Incauca. 2010-2015.
- Análisis de productividad de la interacción variedad por corte para los cinco primeros cortes para CC 01-1940 y CC 85-92 en Incauca.
- Análisis de productividad de la interacción variedad por corte para los cinco primeros cortes para la variedad CC 01-1940 y CC 85-92 en el ingenio La Cabaña.
- Estimación del efecto de diferentes factores (variedad, condición de clima, sistema de cosecha, edad, semana de maduración, etc) en el rendimiento del ingenio Providencia. 2012-2016.
- Análisis del rendimiento de la variedad CC 01-1940 en el ingenio Sancarlos. 2013-2016.
- Tendencias de los indicadores de productividad en función de la edad de cosecha para las variedades CC 01-1228, CC 01-1940, CC 85-92 y CC 93-4181 en el ingenio Manuelita.
- Eficiencia en riesgo de indicadores de productividad. Análisis comparativo de las variedades CC 01-1228, CC 01-1940, CC 01-746, CC 85-92, CC 93-4418 y PR 61-632 en el ingenio Manuelita.
- Análisis de la interacción zona agroecológica (11HO, 11H1, 6H1) por variedad (CC 01-1940, CC 01-678, CC 85-02 y CC 97-7170) para los indicadores TCH, TCHM, TAH, TAHM en el ingenio Manuelita..
- Eficiencia en riesgo de indicadores de productividad por zona agroecológica (11HO, 11H1, 6H1): análisis comparativo para las variedades CC01-1940, CC 01-746, CC 85-92 y CC 93-4418 en el ingenio Manuelita.
- Determinación de la edad óptima biológica y económica para plantillas y socas en el ingenio Manuelita. 2010-2015.
- Análisis del efecto de diez microorganismos y tres temperaturas y su interacción y comportamiento en el tiempo en las variables X, Y y W en el ingenio Providencia.
- Análisis de la variación de materia extraña y determinación de tamaño de muestra en el ingenio La Cabaña.
- Estimación de parámetros de indicadores de fábrica para el período 2000-2009 y 2010-2015 para los ingenios La Cabaña, Castilla y Manuelita.
- Análisis de las variables de degradación, mineralización y microbiológicas en la planta de compostaje de Incauca.
- Análisis de pérdidas indeterminadas en el ingenio Mayagüez.
- Análisis de color de la miel como función de mezclas de jugos por flujos. Relación entre color medido y calculado en el ingenio Mayagüez.
- Análisis de la información comercial del ingenio Laredo, Perú.
- Desarrollo, validación y actualización de modelos individuales de pronóstico de la productividad de caña para los ingenios Risaralda, Cabaña, Riopaila-Castilla, Manuelita y Mayagüez.
- Caracterización y zonificación de la productividad de la caña de azúcar a nivel de predios en el ingenio Carmelita
- Caracterización y zonificación de la productividad de la caña de azúcar a nivel de predios en el ingenio Riopaila.
- Caracterización y zonificación de la productividad de la caña de azúcar a nivel de predios en el ingenio Central Castilla.
- Análisis estadístico de todos los ensayos de aplicación de productos y fertilización del Ingenio Sancarlos.
- Análisis de sacarosa en el ingenio Providencia.
- Análisis de sacarosa en el ingenio Riopaila-Castilla.
- Análisis de productividad, comportamiento varietal y pronóstico de productividad en el ingenio Manuelita.
- Validación modelo de Aforo de Caña en el ingenio Pichichí.
- Análisis del efecto del compost en la productividad en el ingenio Mayagüez.
- Asesoramiento permanente en cada ensayo que se monta en el ingenio La Cabaña.
- Curso de estadística básica en el ingenio Pichichí.
- Análisis de datos históricos de producción en la hacienda El convenio del ingenio Mayagüez. 2010-2015: relaciones funcionales de indicadores de productividad en función de la edad de cosecha.
- Análisis de interacción de las variedades CC 01-1940 y CC 85-92 por zona agroecología para las variables de productividad y rentabilidad en el ingenio Manuelita.

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

MISIÓN

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

Para conocer las necesidades tecnológicas de los ingenios y proveedores de caña y el nivel de adopción de los desarrollos de Cenicaña, el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de tecnología (SCTT) realiza permanentemente actividades de investigación de mercado.

Este año se llevaron a cabo talleres participativos y entrevistas de seguimiento a las actividades de capacitación y de información como el Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT) y la Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT).

Las sugerencias y el análisis de los datos que dejaron estas actividades servirán de soporte a las estrategias de transferencia de tecnología que se pondrán en marcha en el 2017.

Precisamente para la realización de estas acciones este año concluyó la construcción de un centro de capacitación con capacidad para más de 135 personas, donde además de formar facilitadores del PAT, se ejecutará un programa de formación y entrenamiento para los cultivadores y mayordomos de fincas.

Durante este año también se validó con el apoyo de ingenios y cultivadores las ventajas tanto en productividad como en rentabilidad del enfoque AEPS frente al manejo que tradicionalmente hace un productor de su cultivo. En tres áreas de validación se probaron y compararon sistemas de riego, labores de fertilización y en general el manejo de agricultura específica por sitio.

Asimismo, para motivar la adopción de las tecnologías desarrollada e impulsadas por Cenicaña, el Servicio continuó con la producción de material divulgativo e integró las redes sociales al sitio web, como una manera de estar más cerca de todos los actores de la agroindustria de la caña de azúcar.

Conocer a los usuarios para promover la innovación tecnológica

La investigación de mercado para las tecnologías desarrolladas y promovidas por Cenicaña incluye la caracterización de los clientes actuales y potenciales (ingenios y proveedores de caña de azúcar), la identificación de sus necesidades tecnológicas y de capacitación, y hacer seguimiento al cambio técnico en la agroindustria.

La información básica producto de esta investigación de mercado es utilizada por el Servicio para enviar publicaciones, convocar eventos y administrar las claves de acceso a los diferentes programas y aplicativos disponibles en el sitio web, mientras que los datos de caracterización y seguimiento se emplean para el diseño de estrategias de transferencia.

Precisamente para avanzar en la identificación de necesidades tecnológicas del sector, en el 2016 se realizaron seis talleres en los que participaron gerentes de campo y jefes de proveeduría de los ingenios, personal de los programas de investigación y de los servicios de Cenicaña, representantes de los cultivadores y miembros activos de las juntas directivas de Asocaña, Procaña y Azucari.

Las conclusiones y recomendaciones que surgieron en los talleres serán incorporadas a la estrategia de transferencia que ejecute SCTT en el 2017.

Caracterización de proveedores y uso de tecnologías

Con la colaboración de 27 asistentes técnicos de once ingenios se recopilieron datos en 2662 fincas (119,345 hectáreas) de 2138 proveedores de caña para conocer el uso de las tecnologías promovidas por Cenicaña, características de los usuarios y asistencia a eventos de transferencia de tecnología y capacitación.

Los resultados revelaron que:

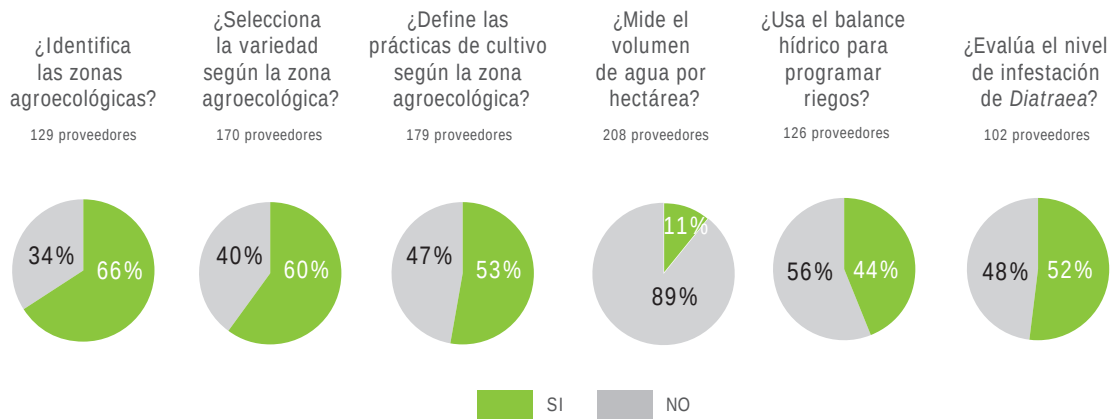
- 50% de los proveedores cuenta con el apoyo de un mayordomo.
- 33% de los proveedores asiste regularmente a las reuniones de la Red GTT.
- 31% de los proveedores ha participado en las actividades del PAT realizadas por los ingenios.
- 91% del área identifica las zonas agroecológicas de influencia.
- 66% del área realiza análisis de suelos para definir recomendaciones de fertilización.
- 14% del área realiza fertilización con equipos de precisión.
- 35% del área programa el riego con balance hídrico.
- 30% del área mide el volumen de agua aplicado por hectárea.
- 2.5% del área utiliza el riego con caudal reducido.
- 2.5% riega por goteo.
- 68% del área realiza liberaciones de insectos benéficos para control de *Diatraea* spp.

Seguimiento a la adopción tecnológica después del PAT

Un total de 336 proveedores fueron entrevistados para conocer la influencia del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica en sus decisiones de adopción de tecnología. Para ello, se determinó el porcentaje de proveedores que no utilizaba la tecnología antes de la capacitación y, luego, de esa población de proveedores, se determinó el porcentaje que comenzó a emplearla después de la capacitación (**Figura 30**).

Figura 30.

Sondeo realizado a proveedores no adoptantes después de participar en actividades del PAT. 2016.



Nuevo Centro de Capacitación

Para apoyar las actividades realizadas en el marco del PAT, Cenicaña construyó un Centro de Capacitación con capacidad para aproximadamente 135 personas y un área demostrativa de diferentes tecnologías.

En las nuevas instalaciones durante el 2017 se desarrollarán actividades de formación, actualización y entrenamiento diseñadas

especialmente para los cultivadores y mayordomos de fincas, además de la capacitación a los asistentes técnicos de los ingenios que se realiza desde 2015.

De esta manera se brindará acompañamiento técnico a los usuarios finales de las tecnologías, necesidad que quedó planteada en el análisis a los datos de seguimiento del Programa.



El nuevo Centro de Capacitación tiene capacidad para aproximadamente 135 personas y constará de un área demostrativa.

Impulsar la adopción de prácticas sostenibles

Actividades de la Red GTT

La Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) es una estrategia de trabajo cooperativo y participativo que busca mantener informados a los productores sobre la investigación de Cenicaña; promover las tecnologías producto de la investigación e intercambiar información técnica y económica sobre mejores prácticas.

Durante 2016 se llevaron a cabo 26 eventos, a los que asistieron el 68% de los productores convocados y se les ofrecieron charlas sobre los siguientes temas:

- Recurso hídrico: manejo del cultivo en épocas de El Niño y La Niña, sistemas alternativos de riego, pronóstico del clima y balance hidrológico (834 asistentes).
- Variedades de caña: opciones varietales para ambientes húmedo y semiseco, proceso de mejoramiento, comportamiento de las variedades por ingenio, indicadores de productividad, manejo de semilleros y evaluación del rendimiento (312 proveedores).
- Agricultura y cosecha de precisión (377 proveedores).

Adicionalmente se ofrecieron conferencias sobre sanidad vegetal, costos de producción vs punto de equilibrio, manejo de quemas, herramientas del sitio web, aprovechamiento de subproductos del cultivo de caña de azúcar, experiencias de agricultores innovadores, manejo de la fertilización y alternativas de fertilizantes y mapas de productividad.

En el último trimestre se realizaron eventos sobre análisis de productividad y proyecciones del ingenio, con la participación de 494 proveedores.



Anexo III. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2016. Páginas 94-96.



Reunión de GTT sobre tecnologías de riego realizada con proveedores del ingenio Mayagüez.



código QR

GTT: MEMORIAS
DE EVENTOS 2016.



Jornadas del PAT

En 2016 continuó la formación de facilitadores del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT) y se realizaron jornadas de capacitación para personal interno de los ingenios, proveedores de caña y asistentes técnicos particulares (**Cuadro 12**).

Cuadro 12.

Consolidado de capacitación del PAT en 2016.

Tecnología	Usuarios				Total capacitados
	Facilitadores de ingenios	Personal interno de ingenios	Proveedores de caña	Asistentes técnicos particulares	
Manejo del cultivo con enfoque de AEPS				44	44
Preparación de suelos		139	275		414
Reconocimiento de enfermedades de la caña de azúcar	115	212	462		789
Balance hidrológico	89	11		19	119
Conceptos básicos del suelo y su fertilidad	129				129
Evaluación del daño de <i>Diatraea</i> y su control				23	23



código QR

PAT: GUÍAS METODOLÓGICAS,
RECURSOS DIGITALES Y CONSOLIDADO
DE CAPACITACIÓN POR INGENIO.



Jornadas de capacitación en control administrativo del riego con personal de ingenios y proveedores.

Producción de material divulgativo

Con el propósito de generar interés y ampliar la información entre los usuarios de la agroindustria sobre la investigación y los desarrollos del Centro de Investigación, se produjo y distribuyó diferente material divulgativo. En 2016 salieron a circulación el Informe anual 2015, tres ediciones de la Carta Informativa y una Serie Técnica sobre la variedad CC 93-4418.

En apoyo al PAT se editaron las guías metodológicas *Reconocimiento de las enfermedades de la caña de azúcar en Colombia* y *Conceptos básicos del suelo y su fertilidad para la nutrición de la caña de azúcar* y las cartillas didácticas sobre preparación de suelos, reconocimiento de enfermedades y determinación del volumen de agua aplicado por hectárea en el riego por surcos.



Informe anual
2016



Cartas Informativas



Serie Técnica variedad
CC 93-4418



Guías metodológicas



Cartillas didácticas



Visibilidad y posicionamiento de Cenicaña



- Para hacer visible la investigación realizada por Cenicaña y sus contribuciones a la agroindustria de la caña de azúcar y, en general, a la agricultura, se gestionó la publicación de artículos en medios de comunicación externos, tales como las revistas de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña), la Cámara de Comercio de Cali y la casa editorial Publicaciones Semana.

- Se realizó la producción audiovisual de cinco videos de los Programas de Investigación y los servicios de Cenicaña para mostrar a la comunidad en general las principales líneas de investigación de la institución. Los productos audiovisuales estarán disponibles en el 2017.

- Se integraron las redes sociales Facebook, Twitter y YouTube con el nuevo sitio web www.cenicana.org, para divulgar noticias generadas por Cenicaña y temas de interés para la industria azucarera colombiana.



@cenicanacolombia



@cenicana



Cenicaña Colombia

- Estructuración de la arquitectura de navegación y prototipado de una aplicación móvil para el reconocimiento de enfermedades de caña de azúcar en el campo.

Validar con ingenios y cultivadores las ventajas del enfoque AEPS

El Servicio validó en áreas demostrativas diferentes tecnologías con el objetivo de mostrar cómo el enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS) ofrece ventajas en términos de productividad y rentabilidad. A continuación se detallan algunos resultados de las áreas de validación que se cosecharon en 2016.

Sistemas de fertilización y dosis

Ante la práctica común de aplicar altas dosis de fertilizantes en los cultivos de caña de azúcar, en una plantilla de la variedad CC 01-1940, zona agroecológica 8H3 (Incauca-hacienda Villadiego) se compararon tratamientos de fertilización con enfoque AEPS con

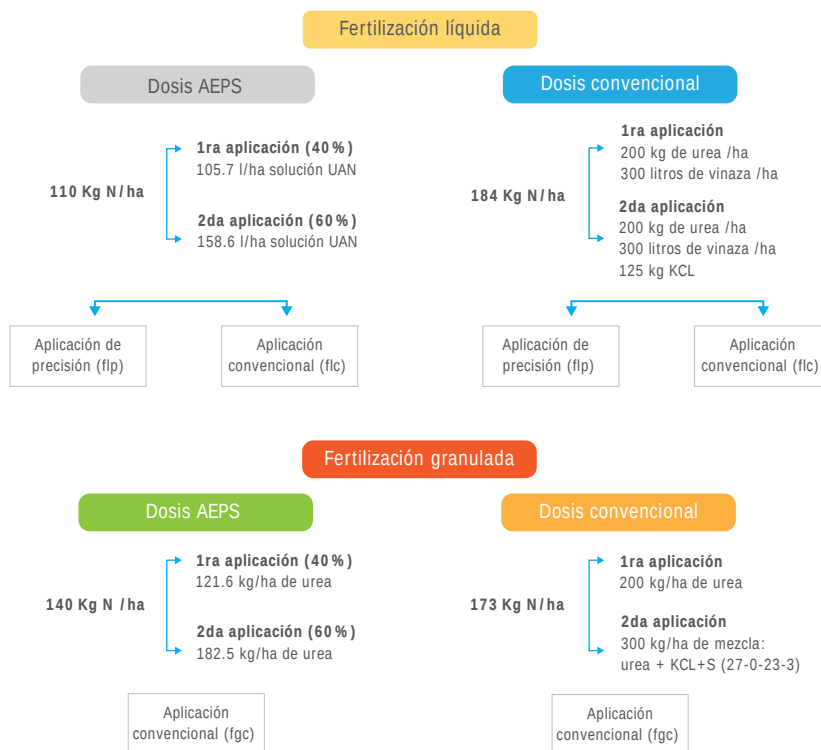
los tratamientos utilizados comúnmente por los cultivadores y su impacto en productividad y rentabilidad.

El análisis estadístico no mostró diferencias significativas para TCH ni rendimiento entre ninguno de los tratamientos (presentación fertilizante + método de aplicación + dosis): sin embargo, sí las hubo para rentabilidad a favor de los tratamientos que utilizaron las dosis con enfoque AEPS.

En el sitio se utilizó la fertilización líquida con aplicación de precisión (flp) y aplicación convencional (flc) y fertilización granulada con aplicación convencional (fgc). Con cada tecnología se usó la dosis recomendada por el Sistema Experto de Fertilización (AEPS) y la dosis empleada por el cultivador o convencional (**Figura 31**).

Figura 31.

Tratamiento de fertilización en área de validación. Zona agroecológica 8H3 (Incauca – hacienda Villadiego). 2016.



Principales resultados:

- Para el ingenio en tierras de manejo directo:
 - ▶ La rentabilidad expresada en \$/t de azúcar fue superior cuando se utilizaron las dosis de manejo AEPS en cualquiera de los tratamientos: 16% más con flc, 10% más con fgc y 8% más con flp.
 - ▶ La rentabilidad expresada en \$/hectárea fue superior en 20.7% con la flc + dosis AEPS en comparación con la misma tecnología y la dosis del productor.
- Para fincas de proveedores:
 - ▶ La rentabilidad expresada en \$/t (58 kilos de azúcar /t de caña) fue superior cuando se utilizaron la do-

sis de manejo AEPS respecto a la dosis convencional en cualquiera de los tratamientos: 8% más con flc y flp y 6% más con fgc.

- ▶ La rentabilidad expresada en \$/ha fue superior en 9% con flp + dosis AEPS en comparación con flp con dosis convencional.

Manejo AEPS

En un área de validación Cenicaña confirmó que el manejo con Agricultura específica por sitio es superior al manejo convencional en todos los indicadores de rentabilidad.

Para validar las ventajas del enfoque AEPS, éste se comparó con el manejo convencional en una zona agroecológica 11H0 (ingenio Providencia-hacienda CIAT), segundo corte (soca 1).

El manejo AEPS contempló la variedad CC 98-72, escarificación y aporque sin subsolación, riego programado con balance hídrico y el método de surco alterno y fertilización de precisión con la dosis recomendada por el Sistema Experto de Fertilización (SEF).

El manejo convencional (el utilizado por el productor) contempló la variedad CC 93-4418, subsolación profunda, escarificación y aporque, riego programado con balance hídrico y el método de surco continuo y fertilización con equipos y dosis convencionales.

Principales resultados:

- En TCH se presentaron diferencias estadísticas significativas: 14.6 toneladas adicionales a favor del manejo agronómico AEPS. En rendimiento (%) no se presentaron diferencias estadísticas significativas (**Cuadro 13**).

- La selección de la variedad de caña de acuerdo con la zona agroecológica fue la práctica de manejo de mayor impacto en la productividad y en rentabilidad del cultivo (**Cuadro 14**).

- Un análisis de utilidad \$/ha (58 kilos de azúcar /t de caña) mostró que el manejo convencional del cultivo con la variedad con enfoque AEPS (CC 98-72) produjo 31% más de utilidad frente al manejo convencional (**Cuadro 14**).

- Un análisis comparativo de la rentabilidad entre los dos manejos indicó que la utilidad tanto para fincas de manejo directo de los ingenios (\$/t azúcar) como para fincas de proveedores (\$/ha) fue estadísticamente superior cuando se realizó el manejo con enfoque AEPS, con diferencias de 39% y 27%, respectivamente (**Cuadro 13**).

Cuadro 13.

Análisis de productividad y utilidad operacional (\$/ha y \$/t azúcar) con manejo convencional y manejo AEPS. Zona agroecológica 11H0 (ingenio Providencia - hacienda CIAT). 2016.

Manejo agronómico	Productividad			Utilidad operacional (%)	
	TCH	Rto (%)	TAH	Proveedor (\$/ha)	Ingenio (\$/t azúcar)
Convencional	136.5	12.02	16.4	100	100
AEPS	151.13	12.88	19.4	127	139

Cuadro 14.

Análisis de productividad y utilidad operacional (\$/ha y \$/t azúcar) con manejo convencional y manejo AEPS, diferenciando la variedad de caña de azúcar. Zona agroecológica 11H0 (ingenio Providencia - hacienda CIAT). 2016.

Manejo agronómico	Productividad			Utilidad operacional (%)	
	TCH	Rto (%)	TAH	Proveedor (\$/ha)	Ingenio (\$/t azúcar)
Variedad convencional con manejo convencional	136.5	12.02	16.4	100	100
Variedad AEPS con manejo convencional	158.1	13.04	20.6	131	142

- Los costos de producción fueron inferiores en 18% con manejo con enfoque AEPS.
- Los tratamientos que incluyeron escarificación, cultivo abono con escardillo o araño y aporque permitieron una geometría de surco trapezoidal y una mejor conformación de las calles, mejorando así el avance del riego en los surcos y optimizando la labor de cosecha mecánica.
- El método de riego de surco alterno utilizado en el manejo con enfoque AEPS permitió un ahorro del 60% en el volumen de agua utilizado (m^3/ha) y una reducción del 27% de los costos, sin afectarse la productividad y el rendimiento del cultivo.
- La práctica de la fertilización de precisión con equipos de tasa fija ofreció diferencias estadísticas significativas en TCH: 10.91% más frente a la fertilización con equipos convencionales.

Sistemas de riego con enfoque AEPS

Cenicaña y el ingenio Pichichí demostraron en un área de validación que la escasez de agua puede no ser determinante en la productividad y rentabilidad de un cultivo, cuando se realiza un manejo con enfoque de Agricultura específica por sitio.

La validación se realizó con una plantilla en la zona agroecológica 29H0 (ingenio Pichichí – hacienda La Primavera).

El manejo AEPS incluyó la variedad CC 00-3257, riego por gravedad y surco continuo con caudal reducido y riego por goteo en surco continuo.

El manejo convencional contempló la variedad SP 71-6949 y riego por gravedad, surco continuo y ventanas que normalmente emplean los productores en el área.

Las dos variedades se sembraron en parcelas con los tres sistemas de riego. Durante todo el ciclo de cultivo se realizaron 31 riegos por goteo con una lámina de 16 mm por evento, 27 riegos con caudal reducido aplicando 34 mm por evento de riego y 9 riegos

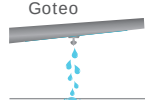
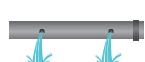
por ventanas con una lámina aplicada de 151 mm por evento.

Principales resultados:

- El ahorro en volumen de agua aplicado por hectárea en el ciclo de cultivo fue de 52% en riego por goteo y 11% en riego con caudal reducido con respecto al riego por ventanas. La pendiente del terreno ($>2\%$) favoreció el avance del agua en el sistema de caudal reducido con caudales entre 0.2 - 0.3 l/s por surco.
- No hubo diferencias estadísticas en la producción en toneladas de caña por hectárea (TCH) entre los sistemas de riego con enfoque AEPS, pero sí entre éstos y el riego por ventanas (**Cuadro 15**).
 - ▶ CC 00-3257 y SP 71-6949 fueron significativamente superiores en TCH con riego por goteo y caudal reducido, frente al riego por ventanas.
 - ▶ CC 00-3257 fue superior en rendimiento en azúcar con los diferentes sistemas de riego.

Cuadro 15.

Resultados de productividad y utilidad operacional del área de validación en una zona agroecológica 29H0 (ingenio Pichichí - hacienda La Primavera). 2016.

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

Servicio de Tecnología Informática

MISIÓN

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

En el 2016 el Servicio de Tecnología Informática (SETI) se encargó de que los datos recopilados por la agroindustria a través de sus redes de telecomunicaciones (Red Meteorológica Automatizada, RTK y PM10) cumplieran con estándares de calidad, tanto para la investigación, las operaciones agrícolas y fabriles, como para las actividades reguladoras de las autoridades ambientales del valle del río Cauca.

También continuó velando por la protección de la información de ingenios y cultivadores con el cumplimiento de protocolos y la puesta en marcha de nuevos esquemas de seguridad para las tecnologías desarrolladas y promovidas por el Centro de Investigación.

Asimismo, como se presentó en el capítulo del Programa de Agronomía, el Servicio prestó apoyo técnico y operativo al desarrollo de proyectos de investigación como el monitoreo continuo del potencial mátrico del suelo y al monitoreo hidrológico en la cuenca del río Aguacalara, con el desarrollo de sistemas que permiten la captura, procesamiento y transmisión de los datos recolectados en campo.

Garantizar la calidad de los datos de las redes de la agroindustria

Red de Calidad del Aire PM10

El Ideam acreditó la Red de Calidad del Aire PM10 de la agroindustria de la caña de azúcar en el cumplimiento de la norma NTC - ISO/ IEC 17025:2005, requisito fundamental para la renovación del permiso de quemar.

Con la acreditación, la entidad gubernamental garantiza la competencia técnica de la Red y de los datos que suministra cada mes a las corporaciones autónomas regionales sobre las partículas presentes en la atmósfera, por efecto de la quema de la caña de azúcar durante procesos de cosecha.

La Red opera desde 2005, es administrada por Cenicaña y cuenta con seis estaciones. Actualmente tiene un sistema de información cuyos datos son supervisados desde accesos remotos, lo que facilita la identificación y corrección de errores.

Red RTK

Con la Red RTK los equipos de agricultura de precisión utilizados en la agroindustria podrán ejecutar las labores de manera más eficiente y precisa. La Red entró en operación en el 2016 con la instalación de tres estaciones GNSS (Global Navigation Satellite System) y dos repetidoras.



Durante 2017 continuará la instalación de estaciones de la Red RTK y la configuración de los equipos con señales de 450 y 900 MHz.

Estas estaciones se suman a las otras cuatro que hacen parte del proyecto GeoRED del Servicio Geológico Colombiano y que se integraron a la Red RTK gracias a un convenio suscrito con Cenicaña.

La Red RTK estará conformada por siete estaciones base GNSS y diez repetidoras instaladas en las estaciones meteorológicas seleccionadas.

Mejorar la conectividad de las herramientas de información

Sistema de comunicación de sensores a través de plataformas web

Se desarrolló un software multipropósito que actúa como un intérprete lógico que identifica y separa los datos registrados a través de sensores.

Este programa es fundamental para hacer más ágil y eficiente el intercambio de información entre la plataforma de base de datos de Cenicaña y los sensores, cada vez más utilizados en la investigación y en las herramientas tecnológicas desarrolladas para ingenios y cultivadores.

Proteger la información de ingenios y cultivadores

Actualizaciones y registros

- Desarrollo de esquemas de seguridad para la plataforma del nuevo sitio web de Cenicaña, con el propósito de garantizar la protección de la información de ingenios y cultivadores disponible por este medio.
- Se generó la versión 2.0 del software SinPavesa que contempló mejoras a los módulos y al sistema de consultas internas y la implantación de filtros.
- Se inició el análisis de la información para formalizar el registro de las estructuras de bases de datos ante la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC), con lo cual se da cumplimiento del Régimen de Protección de Datos Personales.

Servicio de Información y Documentación

MISIÓN

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

Con el propósito de lograr un mayor reconocimiento y apoyo financiero a la investigación realizada por la agroindustria a través de Cenicaña, el Servicio de Información y Documentación hizo seguimiento a las convocatorias realizadas por Colciencias en 2016 y acompañó a los grupos de investigación para su participación en cinco de ellas.

De igual manera, para proteger la producción científica y técnica del Centro, así como su archivo institucional, se inició la implementación de la Ley General de Archivos y la actualización de la herramienta que permite hacer seguimiento a los proyectos de investigación desde su estructuración hasta la transferencia de los resultados a los usuarios del sector.

Finalmente para mejorar el acceso de ingenios y cultivadores a información de interés para la agroindustria, el Servicio amplió su catálogo de biblioteca a 41,400 documentos y continuó con la oferta de servicios a través del Catálogo de Biblioteca.

Garantizar la participación institucional en convocatorias

Convocatorias de Colciencias

Con el propósito de tener financiación externa para diferentes proyectos de investigación, Cenicaña está reconocido como centro tecnológico dentro del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SNCTeI),

lo que le permite competir por recursos públicos en convocatorias de Colciencias.

Para garantizar la participación de Cenicaña en dichas convocatorias el Servicio de Información y Documentación realiza seguimiento permanente a éstas y brinda acompañamiento a los grupos de investigación. Durante 2016, la institución participó en cinco convocatorias (**Cuadro 16**).

Cuadro 16.

Participación de Cenicaña en convocatorias de Colciencias. 2016.

Convocatoria	Grupo / proyecto	
Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del SNCTeI, 2015.	Grupo de Investigación en Procesos Azucareros	Clasificación A
	Agricultura Específica por Sitio	Clasificación B
	Macroproyecto de Alta Sacarosa Estable	Clasificación B
Convocatoria para proyectos de Ciencia, Tecnología e Innovación y su contribución a los retos de país 2016.	Edición del genoma del arroz como modelo para estudiar genes de estrés hídrico en caña de azúcar. <i>Grupo Macroproyecto de Alta sacarosa Estable.</i>	
Convocatoria Jóvenes Investigadores e Innovadores 2016.	Mejoramiento de la eficiencia de los sistemas de generación de vapor y energía eléctrica. Grupo de Investigación en Procesos Azucareros.	
Convocatoria para obtener deducciones tributarias por inversiones en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) 2016.	Desarrollo e implementación de herramientas moleculares para el mejoramiento de la caña de azúcar. Manejo Fitosanitario de enfermedades e insectos plaga de importancia económica y epidemiológica del cultivo de la caña de azúcar y panela en Colombia. Desarrollo de metodologías de última generación en mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades bajo el enfoque de Agricultura específica por sitio para el sector azucarero colombiano.	
Convocatoria para obtener deducciones tributarias por inversiones en I+D+i para 2017.	Diversidad microbiana en el proceso de producción de azúcar y alcohol carburante. Identificación de factores de estrés de la levadura y evaluación de estrategias para su mitigación. Nuevas metodologías para la estimación de nitrógeno (N) disponible en el suelo y para el afinamiento del manejo de la vinaza como bio-fertilizante en caña de azúcar. Evaluación de la cosecha mecanizada en el cultivo de la caña de azúcar de Colombia.	

Proteger la producción científica de la agroindustria

Sistema de Gestión de Proyectos

El Servicio también hace seguimiento a la investigación a través del Sistema de Gestión de Proyectos, herramienta tecnológica que permite monitorear los avances, la ejecución presupuestal, la producción documental y la transferencia de resultados, entre otros.

En el año se trabajó en la actualización de 50 proyectos de investigación, la estandarización de los informes y capacitaciones a los usuarios del sistema.



Página de inicio del Sistema de Gestión de Proyectos utilizado para hacer seguimiento a las investigaciones realizadas en Cenicaña.

Gestión documental y propiedad intelectual

Para tener un control sobre toda la documentación producida no sólo desde la investigación, sino en la gestión administrativa, Cenicaña comenzó a implementar las disposiciones de la Ley 594 de 2000 o Ley General de Archivos.

Para ello, se iniciaron consultorías y capacitaciones sobre instrumentos archivísticos y el uso de las tablas de retención documental que se aplicarán al archivo tanto en formato impreso como digital.

Asimismo, con el apoyo del Centro de Apoyo a la Tecnología y a la Innovación de la Superintendencia de Industria y Comercio se realizaron búsquedas para tecnologías susceptibles de protección vía patente y se inició el trámite para la renovación de la marca AEPS.

Ofrecer información actualizada al sector

Catálogo de biblioteca

- 41,400 documentos disponibles para consulta: (84% corresponde a temas de caña de azúcar, industria azucarera y etanol) y 16% a áreas complementarias como: suelos, aguas, biotecnología, microbiología, química y estadística.

- Se realizaron 3793 consultas al catálogo en línea y se atendieron 2609 usuarios en la sala de lectura.

- Se realizaron 264 consultas por correo electrónico y 3548 préstamos entre documentos, revistas y equipos.

- Se recibieron 73 solicitudes de artículos científicos y se enviaron 290 documentos electrónicos.

Uso de ingenios y cultivadores

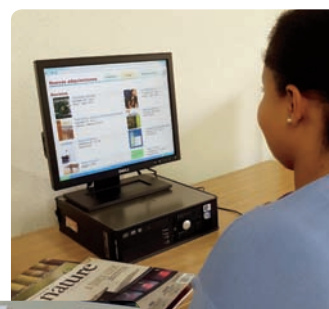
- Se atendieron 29 solicitudes de ingenios y cultivadores para el envío de documentos electrónicos (92 documentos enviados), 38 consultas en sala, diez préstamos de documentos y 5 solicitudes para compra de normas técnicas. Cinco ingenios hicieron uso de los servicios: Manuelita, Mayagüez, Riopaila-Castilla, Sancarlos y Risaralda.

Los servicios de biblioteca a la agroindustria

A través del Servicio de Información y Documentación de la Caña de Azúcar, el personal vinculado a la agroindustria de la caña de azúcar puede acceder al servicio de préstamo de documentos, envío de artículos científicos, préstamo interbibliotecario, fotocopia de documentos y compra de libros y normas técnicas.

Email: biblioteca@cenicana.org

Teléfono: 6876611 Ext. 5152, 5136 y 5135.



código QR

CATÁLOGO



Superintendencia de la Estación Experimental

● MISION

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

La investigación y la gestión institucional de Cenicaña requieren del soporte de la Superintendencia de la Estación Experimental, para ofrecer experimentos con resultados confiables, servicios oportunos y un entorno sano y agradable para desarrollarse profesionalmente.

En 2016 se implementaron diferentes tecnologías para hacer una mejor adecuación de los terrenos de los cultivos experimentales, ofrecer demostraciones y mejorar la prestación de servicios a ingenios y cultivadores.

El tema ambiental y social también ha sido un compromiso permanente de la Superintendencia. Por esa razón, este año continuaron las acciones por reducir el consumo de energía eléctrica y la exposición a elementos generadores de contaminación y se realizaron adecuaciones en las instalaciones para ofrecer mejores condiciones para los colaboradores del Centro de Investigación.

Implementar acciones tecnológicas y ambientales para ser más sostenibles

Instalaciones y equipos para la investigación

- Para garantizar la homogeneidad de las labores en los lotes experimentales utilizados en la investigación, a partir de este año Cenicaña cuenta con equipos Case AFS Autopilot y Field IQ que permiten realizar labores de preparación del suelo, levantamiento de cultivo y fertilización guiadas por GPS.
- Se instalaron sistemas de riego por goteo y caudal reducido en la vitrina de variedades para hacer demostraciones y capacitaciones sobre estas tecnologías. Los sistemas están en proceso de automatización.
- Para aumentar la eficiencia en la conducción del agua para riego en los lotes experimentales y disminuir pérdidas por infiltración se instalaron 360 m de tubería de conducción y dos hidrantes.
- En equipos empleados en los laboratorios de Fitopatología, Microbiología y Entomología se instalaron dispositivos de sobretensión para protegerlos de incrementos en la tensión de la red eléctrica. Esta medida garantiza la conservación del material utilizado en la experimentación y del que ingresa a los servicios de sanidad vegetal.

Adecuaciones para mejor manejo ambiental

- Gracias al trabajo conjunto de la comunidad de San Antonio de los Caballeros, entidades gubernamentales y Cenicaña, se implementó una solución temporal a las inundaciones que afectan al barrio La Cuarenta, vecino a la Estación Experimental.

El Centro de Investigación capta y drena los excesos de agua provocados por la falta de alcantarillado y actualmente apoya la gestión para dar una solución estructural a la comunidad.

- Continuó la implementación de medidas de ahorro de consumo de energía: 80% de las luminarias de la Estación Experimental se reemplazó por el sistema LED, se independizaron áreas para el encendido de bombillos y se ajustaron los horarios de encendido y apagado de los aires acondicionados.
- Se reemplazó el transformador principal del Centro de Investigación por un equipo libre de Bifenilos Policlorados (PCB), compuestos químicos contaminantes. De esta manera se da cumplimiento a lo estipulado en la Resolución 0222 de 2011 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que establece requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos con estos componentes.
- Con el propósito de mejorar las operaciones del casino institucional, se reemplazaron equipos como hornos y extractores por otros de menor impacto por ruido y consumo de aceite para la preparación de alimentos.



Instalación de riego en lotes experimentales.

Anexo

I.	RMA. Clima anual en el valle del río Cauca. Comparativo multianual 1994-2016	88
II.	Indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar 2015-2016	90
III.	Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2016	91
IV.	Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2016	94
V.	Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016	97

I. RMA. Clima anual en el valle del río Cauca. Comparativo multianual 1994-2016.

Temperatura mínima absoluta (°C)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor temperatura mínima absoluta			
1998	14.5	14.8	14.5
2008	14.4	14.2	14.2
2010	15.0	14.1	14.1
2005	15.5	14.0	14.0
1994	15.2	13.8	13.8
Años intermedios			
2000	15.6	13.8	13.8
1996	15.3	13.7	13.7
2015	14.3	13.7	13.7
1995	13.6	14.9	13.6
2006	15.0	13.6	13.6
1999	14.7	13.5	13.5
2007	13.4	13.6	13.4
2012	14.4	13.3	13.3
1997	15.4	13.2	13.2
2002	14.1	13.1	13.1
2009	15.1	13.1	13.1
2014	13.8	12.9	12.9
2004	12.8	13.7	12.8
Años de menor temperatura mínima absoluta			
2001	13.6	12.7	12.7
2003	14.6	12.6	12.6
2011	14.2	12.3	12.3
2013	14.0	12.3	12.3
2016	15.3	11.3	11.3
Clima	12.8	11.3	11.3

Temperatura máxima media (°C)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor temperatura máxima media			
2015	30.9	31.7	31.3
2016	31.5	30.4	30.9
2014	30.3	30.7	30.5
2009	29.7	31.1	30.4
2012	29.7	30.5	30.1
Años intermedios			
2013	30.1	30.1	30.1
1998	30.8	29.3	30.1
1997	30.8	30.8	30.0
2002	29.8	30.2	30.0
2003	30.1	29.6	29.8
2007	30.2	29.4	29.8
2005	29.8	29.8	29.8
2004	30.0	29.7	29.8
2006	29.5	30.0	29.8
2001	29.6	29.8	29.7
2010	30.5	28.7	29.6
1994	29.2	29.7	29.4
1995	29.9	29.0	29.4
Años de menor temperatura máxima media			
2011	29.4	29.4	29.4
2008	29.3	29.2	29.3
1996	28.8	29.2	29.0
2000	28.6	29.2	28.9
1999	28.7	28.7	28.7
Clima	29.9	29.8	29.8

Temperatura mínima media (°C)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor temperatura mínima media			
1998	19.9	18.9	19.4
2016	19.8	18.5	19.2
2005	19.5	18.8	19.1
2015	19.1	19.0	19.0
2010	19.399	18.578	19.0
Años intermedios			
2006	19.2	18.8	19.0
2009	18.9	18.9	18.9
1997	19.0	18.8	18.9
2002	18.9	18.8	18.9
2013	19.1	18.6	18.9
2003	19.1	18.7	18.9
2014	19.1	18.5	18.8
2007	19.1	18.5	18.8
2001	18.8	18.7	18.8
1994	18.8	18.6	18.7
2004	18.9	18.6	18.7
2012	18.8	18.5	18.7
1995	18.8	18.5	18.7
Años de menor temperatura mínima media			
2008	18.7	18.6	18.7
2000	18.8	18.5	18.7
1999	18.8	18.4	18.6
1996	18.7	18.4	18.6
2011	18.7	18.3	18.5
Clima	19.0	18.6	18.8

Temperatura máxima absoluta (°C)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor temperatura máxima absoluta			
1997	34.8	39.2	39.2
2009	37.8	38.9	38.9
2008	35.2	38.5	38.5
1998	37.6	38.3	38.3
2007	36.8	37.9	37.9
Años intermedios			
2016	37.3	37.9	37.9
2010	37.0	37.8	37.8
2001	37.7	36.2	37.7
2002	36.9	37.5	37.5
2015	37.5	37.1	37.5
2005	37.0	37.4	37.4
2014	37.3	36.1	37.3
2004	36.9	36.1	36.9
2006	35.5	36.8	36.8
2003	36.7	34.3	36.7
2012	36.5	36.5	36.5
1996	33.3	36.3	36.3
1995	36.1	34.8	36.1
Años de menor temperatura máxima absoluta			
2000	32.9	36.0	36.0
2011	35.0	35.8	35.8
2013	34.3	34.2	34.7
1994	33.0	34.4	34.4
1999	33.4	33.6	33.6
Clima	37.8	39.2	39.2

Temperatura media del aire (°C)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor temperatura media (años más cálidos)			
2015	23.9	24.3	24.1
2016	24.4	23.3	23.8
1998	24.3	23.0	23.6
1997	23.1	23.8	23.5
2009	23.1	23.9	23.5
Años intermedios			
2014	23.4	23.4	23.4
2002	23.3	23.5	23.4
2005	23.5	23.1	23.3
2013	23.5	23.1	23.3
2012	23.1	23.4	23.3
2003	23.4	23.0	23.2
2006	23.1	23.3	23.2
2004	23.4	23.0	23.2
2001	23.1	23.3	23.2
2010	23.9	22.4	23.1
2007	23.4	22.8	23.1
1994	22.8	23.1	23.0
1995	23.3	22.7	23.0
Años de menor temperatura media (años más fríos)			
2011	22.8	22.7	22.8
2008	22.7	22.7	22.7
1996	22.6	22.7	22.6
2000	22.5	22.8	22.6
1999	22.6	22.5	22.5
Clima	23.3	23.1	23.2

Oscilación de temperatura (°C)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor oscilación media diaria de temperatura			
2015	11.8	12.7	12.2
2016	11.7	11.8	11.7
2014	11.2	12.1	11.6
2009	10.8	12.2	11.5
2012	10.8	11.9	11.4
Años intermedios			
2002	10.9	11.4	11.2
1997	10.2	12.1	11.1
2013	10.9	11.3	11.1
2004	11.1	11.1	11.1
2007	11.1	10.9	11.0
2003	11.0	11.0	11.0
2001	10.8	11.1	11.0
2011	10.6	11.0	10.8
2006	10.3	11.3	10.8
1995	11.0	10.5	10.8
1994	10.4	11.1	10.7
2005	10.4	11.0	10.7
1998	11.0	10.4	10.7
Años de menor oscilación media diaria de temperatura			
2008	10.7	10.6	10.6
2010	11.1	10.1	10.6
1996	10.1	10.8	10.5
2000	9.9	10.7	10.3
1999	9.9	10.2	10.1
Clima	10.8	11.2	11.0

Continúa

Continuación. RMA. Clima anual en el valle del río Cauca. Comparativo multianual 1994-2016.

Humedad relativa del aire (%)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor humedad relativa (años más húmedos)			
1999	86	85	85
1998	83	84	84
1996	85	82	84
2000	84	83	84
1995	81	83	82
Años intermedios			
2001	83	83	82
1997	84	78	81
2010	79	83	81
2002	81	79	80
2011	81	80	80
2004	80	80	80
2008	80	80	80
2007	79	80	79
2005	81	78	79
1994	81	78	79
2003	79	78	78
2006	80	76	78
2009	81	76	78
Años de menor humedad relativa (años más secos)			
2013	78	77	78
2016	77	78	77
2012	80	75	77
2014	78	75	77
2015	76	74	75
Clima	81	79	80

Evaporación (mm)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor evaporación			
2015	852	914	1766
1994	821	907	1729
2009	785	940	1725
2016	870	856	1725
1995	862	847	1710
Años intermedios			
1997	788	899	1687
2012	786	894	1682
2014	794	879	1673
2002	819	853	1673
2007	835	834	1669
2003	816	833	1648
2001	797	848	1645
2004	836	802	1638
1998	830	803	1632
2006	761	848	1608
1996	774	834	1608
2008	811	778	1589
2013	769	810	1580
Años de menor evaporación			
2011	763	795	1558
2010	829	720	1549
2005	693	842	1535
1999	728	760	1488
2000	715	754	1469
Clima	797	837	1634

Precipitación (mm)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor precipitación (años más lluviosos)			
2008	960	704	1664
2010	635	1009	1654
2011	805	831	1636
1999	820	633	1453
1996	906	530	1436
Años intermedios			
2007	697	731	1428
2000	841	538	1380
1994	808	561	1386
2006	744	531	1276
2016	618	638	1256
1998	655	576	1231
2014	664	560	1224
2012	755	445	1200
1997	774	421	1196
2013	627	539	1166
2003	550	604	1153
2002	602	535	1137
2009	693	422	1115
Años de menor precipitación (años menos lluviosos)			
1995	521	582	1103
2005	543	544	1086
2004	461	559	1020
2001	527	458	985
2015	553	379	931
Clima	689	578	1266

Radiación solar [cal / (cm²x día)]			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor radiación solar			
1994	425	433	429
1995	430	417	423
1997	417	429	423
2002	413	429	421
2015	418	421	420
Años intermedios			
2001	421	419	420
2007	424	413	419
2003	426	410	418
2016	423	413	418
1996	410	421	416
2009	397	435	416
2006	407	422	415
1998	416	403	410
2004	413	403	408
2005	392	424	408
2014	402	414	408
2012	397	416	406
2008	412	394	403
Años de menor radiación solar			
1999	404	402	403
2013	396	401	399
2011	393	395	394
2000	389	397	393
2010	407	371	389
Clima	410	412	411

Días con precipitación (Nº)			
Año	Sem-1	Sem-2	Anual
Años de mayor número de días con precipitación			
2008	112	113	225
1999	111	99	210
2011	103	100	204
2000	113	90	203
2010	79	122	201
Años intermedios			
1996	113	85	197
2007	95	100	196
2005	86	95	181
1995	80	100	181
2006	101	79	180
1994	102	76	178
1998	82	95	178
2016	81	94	175
2014	94	80	174
2013	82	87	169
2009	95	72	167
2012	96	70	166
2003	79	82	160
Años de menor número de días con precipitación			
2001	86	74	159
2004	71	86	157
1997	92	58	150
2002	65	70	135
2015	71	60	131
Clima	91	86	177

II. Indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. 2015-2016.

Indicador	Trimestres 2016				Enero-Diciembre		Diferencia 2015-2016 % - oC	Desviación estándar 2016
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	2015	2016		
Campo (datos de trece ingenios) ¹								
Área neta sembrada en caña (ha)					232,517	238,204	2.4	
Área cosechada (ha)	51,038	42,457	56,107	41,690	201,121	191,293	-4.9	
Número de suertes cosechadas	7337	6537	8265	6150	29,102	28,289	-2.8	
Edad de corte (meses)	12.6	12.7	12.8	12.8	12.9	12.7	-1.5	1.1
Número de corte	4.9	4.8	4.9	5.3	4.9	5.0	1.0	4.0
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	107.9	117.3	121.8	123.6	116.7	117.5	0.7	29.0
Toneladas de caña por hectárea mes (TCHM)	8.6	9.3	9.6	9.7	9.1	9.3	2.1	2.3
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	12.2	11.9	13.4	13.1	13.5	12.7	-5.9	3.3
Toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM)	0.98	0.94	1.05	1.03	1.05	1.00	-4.7	0.25
Rendimiento comercial (%) ²	11.4	10.1	11.0	10.6	11.6	10.8	-6.6	1.2
Fábrica (datos de doce ingenios) ³								
Toneladas totales de caña molida ⁴	5,768,165	5,018,445	6,909,626	5,525,695	24,203,505	23,221,931	-4.1	
Toneladas totales de azúcar producido ⁵	662,652	517,707	770,238	599,119	2,864,105	2,549,716	-11.0	
Rendimiento real con base en 99.7% Pol ⁶	11.49	10.78	10.88	10.75	11.73	10.92	-6.9	
Fibra % caña	15.05	14.96	14.71	15.22	15.08	14.85	-1.5	
Sacarosa aparente en caña (%)	13.13	12.44	12.51	12.23	13.39	12.50	-6.6	
Pérdidas de sacarosa en bagazo % sacarosa caña	3.77	3.99	3.94	4.02	3.71	3.88	4.6	
Pérdidas de sacarosa en cachaza % sacarosa caña	0.49	0.56	0.55	0.70	0.52	0.57	9.9	
Pérdidas de sacarosa en indeterminadas % sacarosa caña	1.29	1.74	1.46	1.23	1.60	1.47	-8.1	
Pérdidas de sacarosa en miel final % sacarosa caña	6.71	6.75	6.72	6.51	6.69	6.67	-0.3	
Litros de etanol (miles)	118,345	93,602	118,903	102,985	455,222	433,835	-4.7	
Energía eléctrica generada (MWh) ⁷					1,380,721	1,417,633	2.7	
Energía eléctrica vendida (MWh) ⁷	170,333	129,859	150,636	140,888	513,643	591,717	15.2	
Clima (datos de 34 estaciones RMA) ⁸								
Precipitación (mm)	187	432	203	434	931	1256	34.0	
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	12.3	11.0	12.7	10.9	12.2	11.7	-4.0	
Temperatura mínima media (°C)	20.1	19.5	18.5	18.6	19.0	19.2	0.6	
Radiación solar media diaria [cal/(cm²xdía)]	438	407	434	392	420	418	-0.2	
Condición climática externa	Niño	Normal	Niña	Niña	Niño	Niño-Niña		

1. Ingenios Carmelita, Central Tumaco Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila-Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos. Central Tumaco reportó información hasta abril de 2016.
2. 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.
3. Todas las cifras de fábrica corresponden a promedios ponderados con respecto a las toneladas totales de caña molida reportadas por doce ingenios que participan en el Sistema de Intercambio de Información Estandarizada Interingenios: Carmelita, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila-Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos.
4. Toneladas totales de caña molida: Comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el período menos el saldo en patios al finalizar el período (existencias + caña entrada – saldo patios).
5. Toneladas totales de azúcar producido: Suma de las toneladas totales de las diferentes clases de azúcar producido incluyendo lo desviado a la producción de etanol.
6. Rendimiento real: Porcentaje (%) de azúcar neto (en peso) obtenido por tonelada de caña molida, en donde el azúcar neto corresponde al azúcar elaborado y empaquetado 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.
7. Datos reportados por XM S.A. ESP, entidad operadora del sistema interconectado nacional colombiano y administradora del mercado de energía en Colombia.
8. RMA: Red Meteorológica Automatizada de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

Valores medios multianuales 1994-2016	Precipitación (mm)	Radiación solar media diaria [cal/(cm²xdía)]	Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	Temperatura mínima (°C)
Primer trimestre	300	422	11.1	19.0
Segundo trimestre	389	398	10.4	19.1
Tercer trimestre	190	422	11.9	18.4
Cuartor trimestre	388	401	10.5	18.8

III. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2016.

Datos correspondientes a las variedades cosechadas en las diez zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana en 2016. Datos de trece ingenios.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (No.)
10H3	CC 85-92	384	2852	10.9	113.9	9.1	12.4	0.99	12.7	6.1
10H3	CC 01-1940	166	1361	10.4	140.5	10.9	14.6	1.14	13.0	1.9
10H3	CC 93-4418	94	679	10.6	124.4	9.5	13.2	1.02	13.1	3.5
10H3	CC 84-75	14	107	11.2	107.1	8.7	12.0	0.98	12.3	5.2
10H3	CC 93-3826	3	52	10.3	82.2	6.3	8.4	0.65	13.0	4.3
10H3	Varías	8	51	10.5	123.8	10.1	13.0	1.06	12.3	3.0
10H3	CC 98-72	5	48	10.8	131.3	11.2	14.2	1.21	11.9	3.5
10H3	V 71-51	10	42	9.9	130.4	11.3	12.9	1.11	11.6	7.9
			5192							
11H0	CC 85-92	654	5930	11.0	119.3	9.5	13.1	1.04	12.7	8.3
11H0	CC 93-4418	286	2871	11.1	123.2	9.7	13.7	1.08	12.8	3.5
11H0	CC 01-1940	166	1538	10.6	156.8	12.1	16.5	1.28	13.0	1.7
11H0	CC 01-1228	45	420	10.7	128.6	10.3	13.8	1.11	12.5	3.7
11H0	PR 61-632	30	413	10.5	125.8	10.3	13.2	1.08	12.2	9.2
11H0	CC 01-746	42	352	10.2	125.8	10.1	12.9	1.03	12.6	2.1
11H0	Varías	39	310	10.7	120.1	9.5	12.9	1.02	12.8	5.2
11H0	CC 84-75	37	302	10.7	112.5	8.9	12.0	0.95	12.7	8.7
11H0	CC 93-4181	29	255	11.2	127.7	9.8	14.2	1.09	13.1	3.7
11H0	CC 98-72	26	210	10.5	144.7	11.1	15.2	1.17	13.1	3.4
11H0	V 71-51	25	208	11.6	126.3	9.9	14.6	1.14	12.8	13.1
11H0	CC 97-7170	30	200	10.2	129.2	10.3	13.2	1.06	12.6	2.0
11H0	CC 92-2198	12	148	11.1	124.2	10.0	13.8	1.11	12.5	7.2
11H0	CC 93-3895	10	129	10.5	132.6	9.9	13.9	1.03	13.6	6.2
11H0	CC 93-3826	11	107	10.4	116.1	9.6	12.1	1.00	12.2	6.5
11H0	CC 01-678	7	58	10.2	119.2	8.7	12.2	0.89	13.7	2.6
11H0	RB 73-2223	10	44	9.7	109.0	9.2	10.6	0.89	11.9	1.9
			13,495							
11H1	CC 85-92	754	6357	11.1	119.4	9.4	13.3	1.04	12.8	8.4
11H1	CC 93-4418	445	4024	11.1	119.1	9.5	13.2	1.05	12.6	3.6
11H1	CC 01-1940	276	2420	10.5	148.8	11.5	15.6	1.20	13.0	1.7
11H1	CC 84-75	54	575	10.5	120.8	9.5	12.7	1.00	12.7	10.0
11H1	CC 01-746	54	548	10.9	121.3	9.8	13.2	1.07	12.4	1.5
11H1	Varías	59	449	10.8	118.0	9.4	12.7	1.02	12.6	4.3
11H1	CC 93-4181	48	383	11.0	118.8	9.3	13.1	1.03	12.8	3.9
11H1	CC 98-72	37	299	10.5	135.4	10.4	14.2	1.10	13.1	3.2
11H1	CC 01-1228	40	292	10.5	119.3	9.4	12.6	0.99	12.7	4.0
11H1	CC 97-7170	29	191	10.6	124.4	10.0	13.2	1.05	12.5	2.3
11H1	CC 93-3826	10	88	11.2	123.2	10.1	13.7	1.13	12.2	5.2
11H1	V 71-51	9	87	11.0	122.5	9.3	13.4	1.02	13.2	19.0
11H1	PR 61-632	13	82	10.5	113.3	8.9	11.9	0.93	12.8	9.4
11H1	RB 73-2223	11	79	10.7	110.4	8.4	11.9	0.90	13.4	1.6
11H1	SP 71-6949	9	64	10.5	115.7	9.8	12.2	1.02	12.0	3.0
11H1	CC 92-2198	5	54	9.6	131.7	10.3	12.6	0.99	12.7	7.9
11H1	CC 03-154	10	46	10.1	126.1	9.9	12.7	1.01	12.9	5.6
			16,038							

Continúa

Continuación. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2016.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (No.)
11H2	CC 85-92	321	2591	10.8	114.8	9.2	12.4	0.99	12.6	7.6
11H2	CC 93-4418	178	1439	11.0	120.7	9.7	13.3	1.06	12.6	3.5
11H2	CC 01-1940	131	1032	10.2	139.7	11.0	14.3	1.13	12.8	1.9
11H2	CC 93-4181	5	95	11.4	103.5	7.5	11.8	0.86	13.8	3.5
11H2	CC 84-75	15	90	10.1	106.8	8.4	10.8	0.84	12.9	9.5
11H2	Varias	14	85	11.4	123.5	10.2	14.1	1.17	12.1	3.9
11H2	CC 01-1228	8	73	10.8	99.4	8.3	10.8	0.90	12.1	3.9
11H2	SP 71-6949	7	65	10.6	112.1	9.1	11.8	0.96	12.4	3.3
11H2	PR 61-632	3	46	10.8	117.0	9.6	12.6	1.04	12.2	1.9
			5516							
11H3	CC 85-92	636	2988	10.8	109.6	9.2	11.8	0.98	12.1	8.9
11H3	CC 01-1940	337	1723	10.5	129.8	10.6	13.6	1.11	12.4	2.0
11H3	CC 93-4418	245	1503	10.7	110.9	9.2	11.8	0.98	12.1	3.6
11H3	CC 84-75	36	210	10.5	95.0	7.9	9.9	0.83	12.1	10.6
11H3	SP 71-6949	33	134	9.9	115.2	9.7	11.4	0.96	12.0	3.7
11H3	Varias	24	128	10.4	112.7	9.4	11.7	0.97	12.1	2.7
11H3	CC 01-1228	15	118	10.1	112.1	9.5	11.3	0.96	11.8	4.6
11H3	CC 97-7170	13	74	10.3	127.1	10.2	13.1	1.05	12.5	1.7
11H3	CC 00-3257	6	49	9.8	125.2	11.8	12.3	1.16	10.7	2.3
11H3	CC 92-2804	8	48	10.6	110.9	9.6	11.8	1.02	11.6	5.5
			6975							
15H1	CC 85-92	201	1898	10.7	115.4	9.3	12.4	0.99	12.5	8.0
15H1	CC 01-1940	58	587	9.9	148.1	11.7	14.7	1.16	12.7	1.8
15H1	CC 93-4418	56	475	11.2	115.7	9.3	13.0	1.04	12.6	3.4
15H1	CC 93-3826	13	138	10.7	131.8	10.6	14.0	1.13	12.4	5.7
15H1	CC 84-75	9	94	10.7	101.7	8.3	10.9	0.89	12.2	6.9
15H1	CC 01-1228	8	87	10.7	115.9	9.5	12.4	1.02	12.2	3.2
15H1	CC 92-2198	4	63	10.7	112.2	9.1	12.0	0.97	12.4	7.1
15H1	CC 97-7170	5	51	10.3	144.5	11.8	14.9	1.22	12.2	2.6
			3394							
1H1	CC 85-92	183	1369	10.9	102.6	8.1	11.1	0.88	12.7	5.9
1H1	CC 01-1940	83	831	10.6	127.0	9.9	13.5	1.05	12.8	1.8
1H1	CC 93-4418	50	396	10.9	100.6	7.8	11.0	0.85	13.0	2.8
1H1	CC 84-75	18	181	10.5	101.7	8.2	10.7	0.86	12.4	6.6
1H1	SP 71-6949	19	181	11.4	98.6	8.0	11.2	0.90	12.5	2.1
1H1	CC 93-3826	9	116	10.9	95.4	7.5	10.4	0.82	12.7	4.6
			3074							
5H3	CC 85-92	276	1984	10.8	113.0	8.8	12.2	0.95	12.9	5.3
5H3	CC 01-1940	131	1241	10.5	129.9	10.2	13.6	1.06	12.9	2.0
5H3	CC 93-4418	38	312	10.8	112.8	8.5	12.2	0.92	13.3	3.0
5H3	CC 84-75	19	202	10.6	107.9	8.7	11.4	0.91	12.5	7.7
5H3	Varias	10	64	10.2	120.0	9.0	12.2	0.92	13.4	3.4
5H3	CC 87-434	11	63	11.0	119.5	9.3	13.2	1.02	12.9	4.0
5H3	CC 92-2198	6	57	9.7	127.8	9.3	12.4	0.90	13.8	3.5
5H3	V 71-51	10	48	11.0	88.4	6.8	9.8	0.75	13.1	8.8
			3971							

Continúa

Continuación. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2016.

Zona agroecológica	Variedad	Número de suertes	Área cosechada (ha)	Rto. ccial. (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad (meses)	Corte (No.)
6H1	CC 85-92	1135	10802	11.1	116.7	9.3	12.9	1.03	12.6	7.6
6H1	CC 01-1940	452	4256	10.9	148.5	11.5	16.1	1.25	13.0	1.6
6H1	CC 93-4418	403	3490	11.1	113.3	8.9	12.6	0.99	12.8	3.3
6H1	CC 84-75	85	706	10.4	109.2	8.6	11.4	0.90	12.7	8.1
6H1	CC 97-7170	55	421	10.5	128.0	10.3	13.5	1.09	12.4	2.3
6H1	Varias	44	420	11.2	109.6	8.9	12.3	1.00	12.4	3.2
6H1	CC 01-1228	54	419	11.0	121.3	9.8	13.3	1.08	12.4	3.5
6H1	CC 93-4181	38	408	11.4	120.4	9.6	13.7	1.09	12.6	4.6
6H1	V 71-51	36	279	10.9	119.6	9.6	13.0	1.04	12.5	11.0
6H1	CC 98-72	38	242	11.1	131.4	10.6	14.5	1.17	12.6	3.4
6H1	RB 73-2223	43	213	9.2	114.0	9.5	10.5	0.88	12.1	2.3
6H1	CC 92-2198	21	213	11.0	117.1	9.1	12.9	1.01	12.9	6.0
6H1	SP 71-6949	20	197	10.0	91.0	7.4	9.1	0.74	12.4	2.3
6H1	CC 01-746	21	152	11.5	113.8	9.0	13.1	1.04	12.7	1.9
6H1	CC 93-3826	14	127	9.7	125.3	10.0	12.1	0.97	12.6	6.5
6H1	CC 01-678	12	87	11.7	105.2	8.5	12.4	0.99	12.4	1.9
6H1	PR 61-632	12	80	9.5	117.5	9.7	11.2	0.93	12.1	7.9
6H1	CC 00-3257	12	54	9.5	121.8	9.4	11.5	0.89	13.2	1.6
6H1	CC 92-2804	6	46	11.1	107.9	8.9	12.0	0.99	12.2	6.1
6H1	CC 93-3895	7	43	10.8	113.8	8.2	12.3	0.90	13.9	4.3
			22,656							
6H2	CC 85-92	199	1703	10.8	106.2	8.3	11.4	0.89	12.9	7.0
6H2	CC 01-1940	139	1176	10.7	131.1	10.2	14.1	1.09	13.0	1.8
6H2	CC 93-4418	86	705	10.7	113.1	8.6	12.1	0.92	13.2	3.2
6H2	CC 84-75	26	264	10.8	105.5	8.5	11.4	0.91	12.6	6.0
6H2	Varias	16	123	10.3	118.3	9.1	12.2	0.94	13.0	3.3
6H2	CC 01-1228	6	56	9.9	93.7	7.7	9.3	0.76	12.2	3.3
6H2	SP 71-6949	9	48	10.1	121.3	9.6	12.2	0.97	12.7	2.2
			4075							

IV. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2016.



Ingenio Carmelita

Septiembre

- Comportamiento y composición varietal del Ingenio.
- Presentación variedades (Hacienda La Primavera).
- Clima: Proyecciones segundo semestre 2016 y primer trimestre 2017.
- Variedades para ambiente semiseco y húmedo.
- Fertilización nitrogenada para la variedad CC 01-1940.

Diciembre

- Clima del valle del río Cauca y productividad de la industria azucarera de 2016. Proyecciones de 2017.
- Indicadores de fábrica.
- Situación actual y perspectivas del Ingenio 2016-2017.
- Lanzamiento página web del Ingenio.

Incauca

Marzo

- Manejo del riego en época de sequía prolongada, tecnologías más relevantes para ahorrar agua y costos.
- Beneficios de nuevas alternativas de métodos de riego: sistema de riego con mangueras perforadas, gravedad con ventanas, cañón viajero, aspersión y microaspersión.

Septiembre

- Acciones a desarrollar frente al fenómeno de La Niña y tecnologías más relevantes para las labores del cultivo en épocas de exceso de humedad.
- Comportamiento de las variedades en el Ingenio: resultados comerciales de las nuevas variedades a agosto de 2016. Comparación de las nuevas variedades nuevas vs CC 8592. Comportamiento de las nuevas variedades de acuerdo con el tipo de suelo.
- Experiencias de un productor innovador: prácticas de cultivo en una hacienda de 20 has con alta producción y rentabilidad.

Noviembre

- Propuestas del sector financiero para financiar a los proveedores del Ingenio.
- Productividad del Ingenio y de la industria en dos ambientes de selección enero-octubre de 2016.
- Cálculo del punto de equilibrio en la producción de caña de azúcar: fórmula, gráfica, ejemplos, limitaciones y conclusiones.
- Manejo de incendios en los cultivos de caña: normas y restricciones.

Ingenio La Cabaña

Junio y julio

- Clima en el valle del río Cauca: evolución primer semestre de 2016, pronósticos y predicción segundo semestre de 2016.
- Acciones efectivas para afrontar el fenómeno La Niña: recomendaciones para drenaje, labores mecanizadas, cosecha, fertilización y maduración en condiciones de alta humedad en el suelo.
- Manejo de la fertilización con micronutrientes en el cultivo de caña.
- Alternativas de control de malezas en el cultivo de la caña de azúcar.

Manuelita

Mayo

- Clima en el valle del río Cauca: evolución primer semestre de 2016, pronósticos y predicción segundo semestre de 2016.
- Acciones efectivas para afrontar el fenómeno La Niña: recomendaciones para drenaje, labores mecanizadas, cosecha, fertilización y maduración en condiciones de alta humedad en el suelo.
- Plan para atención de emergencias y control de inundaciones.

Octubre

- Variedades en el Ingenio: inventario en tierras de manejo directo y de proveeduría, primer semestre de 2016. Evolución de la composición varietal (2011-2016), productividad (2014-2016) y plan de expansión varietal.
- Proceso de mejoramiento genético de variedades de Cenicaña, indicadores de productividad por ambiente, oferta varietal, características, productividad, resultados y disponibilidad de plántulas.

Continúa

Continuación. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2016.

- Cosecha en el Ingenio: equipo humano para la cosecha, evolución de la cosecha mecanizada en verde, acciones de capacitación y reubicación de corteros, procesos de mejora de cosecha y control operacional en campo y patios.
- Fortalecimiento de capacidades de mujeres rurales (Asocaña).
- Trabajo infantil (Asocaña).
- Manejo y control de quemas en caña.
- Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Ingenio Mayagüez

Julio

- Administración del cultivo de caña de azúcar en proveeduría del Ingenio.
- Nuevas tecnologías en la labor cosecha del Ingenio disponibles para su implementación en finca de proveedores.
- Acciones efectivas para afrontar el fenómeno La Niña.

Diciembre

- Alternativas de control de malezas en el cultivo de la caña de azúcar.
- Comportamiento del clima durante el tercer trimestre de 2016. Proyección climática para el primer trimestre de 2017.
- Variedades promisorias para el Ingenio, proceso de mejoramiento de variedades de Cenicaña, indicadores de productividad por ambiente, oferta varietal, productividad y resultados comerciales.

Ingenio Pichichí

Julio

- Experiencia y proyección del Ingenio en la implementación del sistema de riego por goteo.
- Resultados de producción y análisis de rentabilidad de los sistemas de riego AEPS (por goteo y caudal reducido) y ventanas en un área de validación.
- Experiencia en el sistema de riego por goteo de dos proveedores del Ingenio.
- Producción y rendimiento en el cultivo de la caña de azúcar en relación con el clima.

Diciembre

- Balance general del Ingenio en 2016.
- Actualidad porcentajes de intensidad de infestación barrenador de la caña *Diatraea* spp. y control en el Ingenio.
- Producción y rendimiento en el cultivo de la caña de azúcar en relación con el clima en 2016.
- Comportamiento del clima durante tercer trimestre de 2016. Proyección climática para el primer trimestre de 2017.

Ingenio Providencia

Julio

- Clima del valle del río Cauca, evolución y proyección de 2016.
- Acciones efectivas para afrontar el Fenómeno de la Niña.
- Acciones realizadas por el Ingenio para evitar inundaciones.
- Programa para el manejo de hormigueros en jarillones.

Octubre

- Panorama general de la cosecha mecánica en Ingenio.
- Maduración inducida en caña de azúcar en cosecha mecánica.
- Resultados de validación comercial de tecnología con enfoque AEPS, segundo corte.
- Tecnologías de agricultura de precisión en cosecha mecánica.
- Práctica en campo.

Ingenio Riopaila-Castilla (planta Castilla)

Julio

- Avances en la evaluación del sistema autoguía en caña de azúcar: características, componentes, resultados y beneficios de sistemas de autoguía en siembra y cosecha de caña de azúcar.
- Uso de mapas de productividad.
- Experiencia y resultados de agricultura de precisión de la hacienda Balsilla.

Continúa

Febrero

- Balance Hidrológico de una unidad productiva: definición y diferencias con balance hídrico regional y balance hídrico para programación de riegos. Disponibilidad de agua y requerimiento de agua para el cultivo de caña.
- Labores de levantamiento de socas sin despaje.
- Manejo del cultivo de caña en época de sequía
- Opciones de riego más eficiente. Comparativo de consumo de agua por hectárea.

Ingenio Riopaila- Castilla (planta Riopaila)

Julio

- Avances en la evaluación del sistema autoguía en caña de azúcar: Características, componentes, resultados y beneficios de sistemas de autoguía en siembra y cosecha de caña de azúcar.
- Uso de Mapas de productividad.
- Experiencia y resultados de agricultura de precisión de la hacienda La Luisa.
- Fertilización en tasa variada - extracción por variedad.
- Demostración en campo equipos de aplicación.
- •Resultados con piloto automático en preparación y cosecha. Red RTK.

Ingenio Risaralda

Agosto

- Comportamiento del rendimiento de la caña de azúcar en el Ingenio 2016: cómo se forman los azúcares en la caña de azúcar, los diferentes factores que afectan la maduración, el efecto del clima en el rendimiento, cómo se comporta el rendimiento en las diferentes zonas climáticas. Datos de rendimiento en 2016 y conclusiones.
- Proyectos de mitigación y control de inundaciones.
- Aprovechamiento de subproductos del cultivo de caña de azúcar en el Ingenio.
- Experiencias de agricultores innovadores en la utilización de Fervink y uso de nuevas tecnologías.

Diciembre

- Desarrollo tecnológico agricultura de precisión en el Ingenio.
- Estado actual y perspectivas para el manejo de los barrenadores *Diatraea* spp. en el Ingenio.
- Perspectivas y proyecciones del Ingenio en el mercado azucarero.

Ingenio Sancarlos

Julio

- Tarifas de 2016 de labores mecánicas para proveedores de caña del Ingenio.
- Niño - niña y clima del valle del río Cauca, evolución y proyección segundo semestre de 2016.
- Alistamiento para el invierno.
- Acciones efectivas para afrontar el fenómeno de la Niña.
- Resultados de variedades pruebas regionales para ambiente semiseco.

Diciembre

- Normatividad y calidad ambiental.
- Clima del valle del río Cauca, evolución segundo semestre de 2016 y proyección de 2017.
- Manejo integrado de malezas.
- Exposición de variedades, seguimiento serie 11 en campo.
- Comportamiento de la productividad y proyecciones para el 2017.



código QR

GTT



V. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016.

Las referencias que se presentan a continuación corresponden a la producción bibliográfica del personal de Cenicaña registrada en el catálogo de la Biblioteca Guillermo Ramos Nuñez durante 2016. Los documentos pueden ser consultados en el sitio web institucional por los usuarios registrados o en la sala de lectura de la Biblioteca ubicada en la Estación Experimental de Cenicaña, donde se atiende al público en general de lunes a viernes entre 8:00 a.m. y 4:00 p.m.

Amaya Estévez, A. 2016. **Acciones para mitigar el impacto del cambio climático**. Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 2.

Amaya Estévez, A. 2016. **Caída en la productividad: oportunidad para aprovechar las opciones tecnológicas**. Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 2.

Amaya Estévez, A. 2016. **Investigación e innovación para afrontar los impactos del clima y los cambios tecnológicos del sector**. En: Informe Anual 2015. p.8-13. Cali: Cenicaña.

Amaya Estévez, A. 2016. **Mejorar la productividad es tarea de todos**. Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 2.

Ángel Sánchez, J.C.; Cadavid Ordoñez, M. y C.A. Ángel Calle. 2016. **Reconocimiento de las enfermedades de la caña de azúcar en Colombia: Guía metodológica**. Cali: Cenicaña. 99 p.

Ángel Sánchez, J.C.; Cadavid Ordoñez, M.; Victoria Kafure, J.I.; Palma Zamorano, A. E.; Ángel Calle, C.A.; Arévalo, C.E. y G. Tarazona. 2016. **Determinación de la incidencia y severidad de enfermedades de importancia económica en cultivos de caña de para la producción de panela en Colombia**. Cali: Cenicaña. 25 p.

Ángel Sánchez, J.C.; Cadavid Ordoñez, M. y C.A. Ángel Calle. 2016. **The race is on: review, advances and challenges for integrated and sustainable management of sugarcane brown rust and orange rust in Colombia**. En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 1776-1785.

Carbonell González, J.A.; Hincapié, E.; Muñoz Arbolea, F.; Caicedo Ángel, J.H.; Castrillón R., J.F.; Espinosa, E.M.; Diago, M. y J. Villa. 2016. **Aunar esfuerzos y recursos humanos, económicos y técnicos para el desarrollo e implementación de la segunda y tercera fase de la red de monitoreo de suelos en el Valle del Cauca en el marco del proyecto 1780**. Programa de Agronomía. Informe final. Convenio de Asociación CENICAÑA-CVC. Cali: Cenicaña; CVC. 25 p.

Castillo Morales, Y.L. 2016. **El salivazo de la caña de azúcar (*Aeneolamia varia*) y técnicas establecidas en el criadero de entomología en Buga, Valle**. Informe final de práctica. Buga: Centro Agropecuario SENA; Cenicaña. 16 p.

Cenicaña. Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. 2016. **Preparación de suelos**. Cali: Cenicaña. 35 p. (Cartilla didáctica No.1).

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Tras la huella de carbono de la agroindustria**. Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 10-11.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2016. **ABC del balance hidrológico**. Carta Informativa. 4,1. (Abril): 8.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cali 2016. **Comité de programas. Avances 2016**. Julio 25 de 2016. Cali: Cenicaña. 117 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2016. **Herramientas para estimar la incertidumbre en el balance de sacarosa**. Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 18-19.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2016. **Efectos de la materia extraña sobre el color del jugo de caña**. Carta Informativa 4, 2. (Julio): 15-16.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. 2016. **Productividad: enero-abril 2016**. Carta Informativa 4, 2. (Julio): 15.

Continúa

Continuación. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Claves al comparar tecnologías con resultados de información comercial.** Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 14.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Marcadores moleculares: hacia una mayor precisión del mejoramiento varietal.** Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 12-13.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **El retorno de la inversión en biotecnología no es rápido, pero será grande.** Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 10-11.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **PAT: el nuevo reto es el acompañamiento.** Carta Informativa, 4, 2. (Julio): 8-9.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Prevenir es mejor que drenar.** Carta Informativa, 4, 2. (Julio): 4-5.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **2015: indicadores de productividad.** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 12.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Cotesia flavipes: una alternativa para controlar el barrenador *Diatraea spp.*** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 13.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Agroindustria. 2015: indicadores de productividad.** Carta Informativa 4, 1. (Abril): 12.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Acuerdos mundiales que comprometen al sector azucarero.** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 9.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **"El éxito del PAT está en las actividades prácticas".** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 6-7.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **12 claves para que cuide su inversión en el riego por goteo.** Carta Informativa v.4 no.1. (Abril): 4-5.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia 2016. **Cenicaña recibe al Consorcio Internacional de Biotecnología de la Caña de Azúcar.** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 3.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Materia orgánica: formación y comportamiento.** Carta Divulgativa. 4, 3. (Diciembre): 14-15.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Alta producción de sacarosa, el reto en mejoramiento varietal.** Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 12-13.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Etanol: más de 10 años de producción.** Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 10-11.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2016. **Santa Lucía: un ensayo que dejó altas productividades.** Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 8-9.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2016. **Enfoque AEPS en piedemonte mejora la productividad.** Carta Informativa. 4, 3 (Diciembre): 6-7.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Adaptar y combinar: claves en los programas de control biológico.** Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 5.

Centro de Investigación de la Caña de azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Disponibilidad de RAC en áreas de interés establecidas.** Cali: Cenicaña. 89 p. (Documento de trabajo, no.760).

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Superintendencia de la estación experimental.** En: Informe Anual 2015. p.95-97. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Servicio de Información y Documentación.** En: Informe Anual 2015. p.91-93. Cali. Cenicaña

Continúa

Continuación. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Servicio de Tecnología Informática**. En: Informe Anual 2015. p.87-89. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología**. En: Informe Anual 2015. p.77-85. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Servicio de Análisis Económico y Estadístico**. En: Informe Anual 2015. p.69-75. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Programa de Procesos de Fábrica**. En: Informe Anual 2015. p.59-67. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **CATE: Corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica**. En: Informe Anual 2015. p.59-67. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Programa de Agronomía**. En: Informe Anual 2015. p.43-51. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Programa de Variedades**. En: Informe Anual 2015. p.29-41. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Producción de caña y azúcar en el valle del río Cauca**. En: Informe Anual 2015. p.21-27. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **El clima en el valle del río Cauca**. En: Informe Anual 2015. p.14-19. Cali: Cenicaña.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Informe Anual 2015**. Cali: Cenicaña. 131 p.

Cepeda Quevedo, A.M. 2016. **Efecto de la cantidad de residuos de cosecha de la caña de azúcar sobre el carbono lábil y carbono total del suelo**. Informe final de práctica. Palmira: Universidad Nacional de Colombia; Cenicaña. 34 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2016. **Colciencias reconoció al director del programa de variedades**. Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 3.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2016. **Comité de programas. Hechos destacados; proyecciones 2017**. Cali: Cenicaña. 116 p.

Cobo Barrera, D.F.; Lucuara Medina, J.E.; Ospina Patiño, A.F. y J.D. Montes Posso. 2016. **Strategies for increasing availability and milling performance at Colombian mills**. En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 109-118.

Cobo Barrera, D.F.; Pereddo Vidal, S.C. y Gil Barrera, N.J. 2016. **Water management in the sugar factory: balances and quality in different streams**. En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 156-163.

Cobo Barrera, D.F.; Rodríguez Sarasty, J.G.; Ospina Patiño, A.F.; Gómez Perlaza, A.L. y N.J. Gil Zapata. 2016. **Evaporation performance: present and future in Colombian sugar mills**. En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 520-530.

Cortés Betancourt, E. 2016. **Clima en el valle del río Cauca**. Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 3.

Cortés Betancourt, E. 2016. **La Niña 2016, ¿larga?, ¿fuerte?** Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 3.

Continúa

Continuación. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016.

- Cortés Betancourt, E. 2016. **Proyección climática para el valle del río Cauca. Segundo, tercero y cuarto trimestre de 2016.** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 3.
- Cruz Valderrama, J. R.; Rodríguez Hurtado, J.A. y F. Muñoz Arboleda, F. 2016. **Recomendaciones generales de manejo agronómico de la caña de azúcar en suelos con exceso de humedad.** Cali: Cenicaña. 15 p. (Documento de trabajo, no.759).
- Cruz Valderrama, J.R. 2016. **Determinación del volumen de agua aplicado por hectárea en el riego por surcos.** Cali: Cenicaña. 51 p. Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica, PAT. (Cartilla didáctica, No.3).
- Cruz Valderrama, R.; Rodríguez Hurtado, L.A.; Muñoz Arboleda, F.; Arévalo Montaña, C.A. 2016. **Manejo agronómico de la caña de azúcar para afrontar el fenómeno de la Niña.** Revista Técnicaña. 39. (Septiembre): 27-29.
- Daza Merchán, Z.T.; Gallo, A.; Rincón, L.M.; Parrado, D.S.; Santander, A.; Chica Ramírez, H.A. y M.M. **Isolation and characterization of native microorganisms with hydrolytic enzyme activity from sugarcane compost, for bioaugmented processes.** Acta Horticulturae 1146: III International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture.
- Delgado Restrepo, O.M.; Menjivar Flores, J.C.; Muñoz Arboleda, F. 2016. **Influencia del sistema manejo en la mineralización del nitrógeno y fertilización de caña de azúcar.** Revista Facultad Nacional de Agronomía. 69, 1: 7755-7762.
- Díaz, E.A. 2016. **Informe final seguimiento de la PTAR del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar.** Cali: Cenicaña; Sena. 30 p.
- Erazo Mesa, O.E.; Muñoz Arboleda, F. y C.A. Arévalo Montaña. 2016. **Evaluating a fixed-rate fertilization system in sugarcane.** En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 968-974.
- Espinosa Ciales, E.M. 2016. **Medición de los esfuerzos horizontales causados durante el tráfico de equipos para la cosecha de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).** Tesis Ingeniera Agrícola. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Cali: Cenicaña. 73 p.
- Guevara Rozo, S.G. 2016. **Desarrollo de una plataforma de ingeniería genética en *Saccharomyces cerevisiae* para la expresión y evaluación de genes con potencial biotecnológico en caña de azúcar.** Informe final. Dentro del proyecto 010414. Cali: Cenicaña. 45 p.
- Gutiérrez, A.; Garces, F.F.; Hoy, J.W.; Hoy, J.W. 2016. **Evaluation of resistance to leaf scald by quantitative PCR of *Xanthomonas albilineans* in sugarcane.** Plant Disease, 100, 7. (Julio). 1331-1338.
- Hoyos, F. 2016. **La ciencia de restaurar cuencas.** Carta Informativa. 4, 2. (Julio): 6-7.
- Isaacs Echeverri, C.H.; Estrada Bedón, A. 2016. **Impacto económico de los vagones de transporte de mínimo peso.** Carta Informativa. 4, 1. (Abril): 14-15.
- Lucerna S.A. 2016. **Lucerna: nuevo donante de Cenicaña.** Carta Informativa. 4, 3. (Diciembre): 4.
- Lugo Mayor, C.P. 2016. **Mitigación del impacto de la calidad de la materia prima y condiciones de proceso sobre el color del producto final.** Informe final de práctica. Cali: Cenicaña. 40p.
- Cruz Valderrama, R.; Rodríguez Hurtado, L.A.; Muñoz Arboleda, F. y C.A. Arévalo Montaña. 2016. **Manejo agronómico de la caña de azúcar para afrontar el fenómeno de la Niña.** Revista Técnicaña. 39. (Septiembre): 27-29.
- Mayor Rivera, A.M. 2016. **Caracterización de fibra de caña de azúcar.** Informe final pasantía. Cali: Cenicaña. 35 p.
- Mejía Gutiérrez, M.A. 2016. **Evaluación de la cinética de degradación de la sacarosa por fuentes enzimáticas.** Informe final de pasantía. Cali: Cenicaña. 32 p.

Continúa

Continuación. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016.

Montero Loaiza, D. 2016. **Evaluación de sistemas de aeronave piloteados remotamente RPAS y su combinación con sensores remotos para el monitoreo de la caña de azúcar.** Informe final de práctica. Cali: Universidad del Valle; Facultad de Ingeniería; Cenicaña. 16 p.

Morales Vargas, J.S. 2016. **Evaluación de la actividad antibiótico de diferentes agentes antimicrobianos ante diversas cepas contaminantes presentes en las plantas de producción del alcohol carburante.** Informe final de pasantía. Tesis Microbióloga. Universidad Libre; Facultad de Ciencias. Cali: Cenicaña. 30 p.

Muñoz Arboleda, F. 2016. **Conceptos básicos del suelo y su fertilidad para la nutrición de la caña de azúcar.** Cenicaña. Cali, Colombia. 20 p. (Materiales para la transferencia de tecnología en la agroindustria de la caña de azúcar. Sistema de producción agrícola).

Muñoz Arboleda, F. 2016. **Estudio del efecto de la aplicación de compost de cachaza y vinaza sobre la productividad de la caña de azúcar.** Cali: Cenicaña. 19 p. (Documento de trabajo, no.758).

Muñoz Arboleda, F.; Villegas Trujillo, F.; Moreno Gil, C.A. y Posada Contreras, C.A. 2016. **Use of cowpea (*Vigna unguiculata*) as a green manure and its effect on nitrogen (N) requirement and productivity of sugarcane.** En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 1057-1062.

Narváez Tobón, J. 2016. **Monitoreo de la humedad volumétrica en tres sistemas de residuos de cosecha de la caña de azúcar y algunas propiedades físicas del suelo.** Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad de Caldas; Cenicaña. Manizales, Colombia. 19 p.

Nieto Valencia, A.F. 2016. **Tecnología en manejo y conservación de suelos y aguas. Monitoreo de la humedad y del potencial mátrico del suelo en el cultivo de caña de azúcar.** Informe final de práctica. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente; Cenicaña. 20 p.

Ocampo Piedrahita, K.T. 2016. **Estudio de tiempos y movimientos en las labores de control químico de arvenses y control manual de arvenses.** Informe final de práctica. Buga: Centro Agropecuario, Servicio Nacional de Aprendizaje Valle del río Cauca SENA; Cenicaña. 29 p.

Palomino Cárdenas, M.A. 2016. **Evaluación de estrategias para obtener el máximo desempeño de la levadura en la etapa de fermentación.** Informe final de práctica. Cali: Cenicaña. 35 p.

Ramírez Paz, I.C. 2016. **Diagnóstico de la escaldadura de la hoja *Xanthomonas albilineans* (LSD) mediante PCR en tiempo REALqPCR.** Cali: Cenicaña. 28 p.

Riascos Arcos, J.J.; Salazar Villareal, F.A.; Loaiza Quintana, C.D.; López Gerena, J.; Espitia Navarro, H.F.; Franco Arango, C.M. y J.I. Victoria Kafure. 2016. **Advances in the utilization of Next Generation Sequencing data in the Colombian sugarcane breeding program.** En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 1143-1152.

Roa Lozano, J.; Cadavid Ordoñez, M.; Muñoz arboleda, F.; Chica Ramírez, H.A. y C. A. Ángel Calle. 2016. **Isolation and preliminary biochemical characterization of nitrogen-fixing bacteria belonging to three genera obtained from sugarcane in Colombia.** En: XXIX Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists. Proceedings. ISSCT, Chiang Mai, Thailand. December 5-8, 2016, p. 1315-1324.

Sarria, Y.V. 2016. **Proceso de extracción de meristematos y propagación *in vitro* de variedades caña de azúcar utilizando la metodología convencional de Cenicaña.** Informe de pasantía. Cali: Cenicaña. 20 p.

Sierra Becerra, J. 2016. **Evaluación de una técnica para la determinación del poder de acidificación (AP) como predicción de la actividad metabólica de *Saccharomyces cerevisiae* en el proceso de producción de alcohol carburante.** Informe final de práctica. Cali: Cenicaña. 14 p.

Continúa

Continuación. Documentos registrados en la base de datos bibliográfica en 2016.

Tabares Jaramillo, N. 2016. **Secuenciación y análisis de similitud de los fragmentos obtenidos mediante PCR en el diagnóstico de las enfermedades de escaldadura de la hoja (LSD) y raquitismo de la soca (RSD)** Período: Febrero a julio de 2016. Informe de pasantía. Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ingeniería Agronómica; Cenicaña. 35 p.

Tascón Vidarte, J.D. 2016. **Tras la automatización de la cristalización en las fábricas de azúcar.** Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ingeniería Agronómica; Cenicaña. Cali, Colombia. 35 p.

Teixeira de Lima Filho, D. 2016. **Incremento de la productividad, de la mano de la calidad humana.** En: Informe Anual 2015. p.6-13. Cali: Cenicaña.

Urrutia Cobo, N. 2016. **Aforadores de flujo crítico para la medición de caudales.** Revista Técnica. 39. (Septiembre): 33-36.

Velasco Viedman, M.C. 2016. **Seguimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar.** Cali: Cenicaña. 30 p.

Velásquez, L.L. 2016. **Validación de la especificidad y la sensibilidad de la técnica tissue blot immunoassay (TBIA) para el diagnóstico serológico del raquitismo de la soca (RSD) y escaldadura de la hoja (LSD) de la caña de azúcar.** Período: Enero a Julio de 2016. Informe de pasantía. Cali: Universidad del Valle; Facultad de Bacteriología y Laboratorio clínico; Cenicaña. 50 p.

Viveros Valens, C.A. Ed. 2016. **Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 93-4418.** Cali: Cenicaña. 113p. (Serie Técnica, no.39).



código QR

BIBLIOTECA



Apéndice

I. Comités de investigación en 2016	104
II. Participación del personal en actividades de intercambio de información, capacitación y actualización profesional en 2016	106
III. Convenios y acuerdos cooperativos firmados en 2016	109
IV. Fomento a la formación profesional en convenios de cooperación en 2016	109
V. Atención de visitantes	109
VI. Personal profesional al 31 de diciembre de 2016	110

I. Comités de investigación en 2016.

Comité de Investigación de Campo

Febrero 10

- Informe del clima 2015. Proyección y pronóstico primera temporada lluviosa 2016.
- Distribución varietal de la agroindustria.
- Informe comercial 2015. Pronóstico 2016.
- Propuesta para realización de balance hidrológico en fincas de proveedores.
- Curvas de absorción de nutrimentos.
- Actualización sanidad vegetal.

Abril 13

- Acciones sobre las cuencas del valle del río Cauca.
- Fondo de Agua por la Vida y la Sostenibilidad.
- Sistemas de riego: usos en el sector, ventajas y aspectos a tener presentes.

Junio 15

- Informe del clima. Proyección y pronósticos segundo semestre 2016.
- Evolución de la productividad primer semestre y proyecciones.
- Nueva plataforma para la aplicación de maduradores.
- Metodología analítica para la identificación y cuantificación de colorantes.
- Planificación e implementación de la fertigación en la caña de azúcar.

Septiembre 7

- Informe del clima. Proyección y pronósticos segundo semestre 2016.
- Informe de productividad: primer semestre y proyecciones segundo semestre 2016.
- Proyección del área de Nutrición y Fertilización.
- Perspectivas a corto, mediano y largo plazo para el manejo de los barrenadores.
- Factores que inciden en la producción de sacarosa.
- Prueba regional Serie 2004-2009 para ambiente semiseco.

Diciembre 7

- Informe del clima. Proyección y pronósticos primera temporada seca 2016-2017.
- Productividad y proyecciones 2017.

- Factores que inciden en la sacarosa y el rendimiento.
- Comité de Investigación de Fábrica

Febrero 17

- Niño - Niña y clima en el valle del río Cauca: comportamiento 2015 y proyección 2016.
- Productividad de la industria 2015 y pronósticos 2016.
- Pérdidas de sacarosa por descomposición térmica en evaporación.
- Workshop ISSCT "Engineering and Processing".

Mayo 18

- Niño - Niña y clima valle del Río Cauca: evolución y proyección 2016.
- Productividad de la industria durante primer trimestre 2015 y 2016. Proyecciones.
- Proyecto especial: estrategias para reducir el impacto de la calidad de las materias primas en la rentabilidad y calidad del producto terminado.
- Análisis de confiabilidad para un equipo crítico: conductor de caña.
- Metodologías analíticas para la identificación y cuantificación de colorantes en el sector azucarero.
- Evaluación del desempeño de la estación de clarificación de jugo y comportamiento del color en un ingenio piloto.
- Análisis integral del proceso de evapocristalización de masa B.
- Reducción de uso de urea y ácido fosfórico en el proceso de producción de etanol carburante.

Agosto 24

- Avances proyecto especial: estrategias para reducir el impacto de la calidad de las materias primas en la rentabilidad y calidad del producto terminado.

Noviembre 23

- Niño - Niña y clima valle del río Cauca: evolución y proyección 2016 - 2017.
- Efecto del contenido de materia extraña en mollienda y generación de energía.
- Impacto de los microorganismos y sus metabolitos en la producción de azúcar y etanol.
- Herramientas para el diagnóstico de calidad de agua en el ciclo agua-vapor.

Continúa

Continuación. Comités de investigación en 2016.

Comité de Cosecha

Junio 7

- Resultados Proyecto CATE 2006 – 2016.
- Avances - Desarrollo de prototipo de troceado de caña larga.
- Decisiones administrativas de la cosecha mecánica frente al Fenómeno de La Niña.
- Septiembre 20
- Seguimiento de indicadores de cosecha - septiembre 2016
- Cosecha mecanizada en condiciones limitantes.
- Actualización: Mecanismo de corte de caña larga.
- Priorización de necesidades de investigación en CATE

Comité de Variedades

Mayo 5

- Pruebas regionales, series 2003, 2005 y 2006.
- Avance en el desarrollo de variedades para la zona húmeda.
- Comportamiento de la variedad CC 01-1940 a través de los cortes y por ingenio.

Comité de Sanidad vegetal

Abril 21

- Resistencia varietal al ataque por *Diatraea* spp. en caña de azúcar
- Franjas de vegetación natural: refugio para aves y hormigas en el paisaje cañero, en el valle del río Cauca
- Avances en la biología de *Diatraea* y parasitismo de taquínidos a nivel de laboratorio
- Geoplagas: Distribución en el tiempo y el espacio de *Diatraea* spp.
- *Cotesia flavipes* vs *Lydella minense*
- Fumigantes para el control de *Diatraea* spp.

Agosto 31

- Evaluación del daño por *Diatraea* spp. (*Lepidoptera: Crambidae*) en caña de azúcar cosechada mecánicamente.
- Evaluación de insecticidas alternativos para el control de *Diatraea* spp.
- Estado actual de las enfermedades.

- Gira técnica a Brasil: perspectivas a corto, mediano y largo plazo para el manejo de los barrenadores

Noviembre 30

- Buenas prácticas agrícolas para el establecimiento de semilleros sanos.
- Resistencia varietal al ataque por *Diatraea* spp. en caña de azúcar
- Situación actual de *Diatraea* en el Ingenio Providencia.
- *Cotesia flavipes* en el valle del río Cauca: distribución e identificación molecular.
- Geoestadística aplicada a un método de muestreo preventivo para el manejo de *Diatraea* spp.
- Distribución de las especies de *Diatraea* y sus enemigos naturales en Colombia (informe parcial).
- Incidencia y distribución de las principales enfermedades de la caña de azúcar en el Valle del Cauca.
- Necesidades de semilla sana de los ingenios y oferta de Cenicaña.
- Comité de Transferencia de Tecnología

Mayo 24

- Avances en producción de variedades.
- Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT)
- Impacto del PAT en ingenios y proveedores.
- Servicio Especializado de Transferencia y Capacitación.

Diciembre 14

- Estructura del Servicio de Transferencia de Tecnología de Cenicaña y sus funciones en la agroindustria azucarera 2017.
- Resultados del taller sobre asistencia técnica realizado con representantes de la agroindustria
- Programa PAT 2017. Memorias en línea



código QR

MEMORIAS COMITÉS
DE INVESTIGACIÓN.



II. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2016.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
XXIV Plant & Animal Genome 2016 / PAG / San Diego, EE.UU.	Enero 8 - 13	J. Riascos, F. Salazar.
Curso de entrenamiento Eddy-Covariance / Lincoln, EE.UU.	Enero 11 - 17	M. López.
Curso de entrenamiento Operaciones RPAS, Sistema de aeronave piloteada a distancia / Instituto Educativo Aeronáutico de Colombia / Cali, Colombia.	Febrero 1 a marzo 26	F. Herrera, C. García.
Capacitación en modelación numérica de aguas subterráneas utilizando Imod / Unesco-IHE, Deltares / Deltares – Delft, Holanda.	Febrero 6 al 16	F. Hoyos.
Conversatorio Biosalc / Procaña / Cali, Colombia	Febrero 12	S. Guzmán.
2 Congreso en Tecnologías de la Información (CITI UAEM 2016) / Universidad Autónoma del Estado de Morelos / Cuernavaca, México.	Marzo 8 y 9	F. Herrera.
Diálogo Empresarial (Colombia - Alemania) / Global Business Exchange Programme / Bogotá, Colombia.	Marzo 10	T. Sánchez.
Advances in Sugar Crop Processing and Conversion: Pioneering New Value from Sugar Crops / Departamento de Agricultura de Estados Unidos / New Orleans, EE.UU.	Mayo 20 al 22	N. Gil, S. Imbachí.
Global Business Exchange Programme / Alemania	Abril 8 al 30	T. Sánchez.
Tercer Congreso Internacional de Tecnologías Avanzadas de Mecatrónica, Diseño y Manufactura / Universidad del Valle / Cali, Colombia.	Abril 13 al 15	A. Ospina.
Curso: Análisis Experimental de Esfuerzos / Universidad del Valle / Cali, Colombia.	Abril 13	A. Ospina.
Curso: Tecnologías de Extracción y Análisis de Productos Naturales / Sociedad Colombiana de Ciencias Químicas / Bogotá, Colombia.	Abril 25	S. Mosquera.
Entrenamiento en Etanol de Segunda Generación / Universidad de Pensylvania / Pensylvania. EE.UU.	Abril 3 a junio 25	T. Daza.
Curso: ISO17025 / Fundación Internacional de Inspección, Certificación y Estandarización / Cali, Colombia.	Abril 13, 21 y 22	J. Ángel.
3 Encuentro de Usuarios de Calderas / Elite training / Bogotá, Colombia.	Mayo 11 al 13	J. Lucuara.
Capacitación del cultivo de caña de azúcar para producción de panela / ICA, Sena, Fedepanela / Buga, Colombia.	Mayo 19	J. Ángel.
Gira técnica a Brasil: Manejo de los barrenadores / Cenicaña / Sao Paulo y Para, Brasil.	Mayo 22 al 27	G. Ramírez, C. Echeverri, G. Vargas.
XII Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola / Bogotá, Colombia.	Mayo 23 al 27	J. Carbonell.
Diplomado de Bioinformática en Agro / BIOS / Cali, Colombia.	Mayo 23 a julio 23	J. Riascos, J. Trujillo, C. Loaiza, J. López.

Continúa

Continuación. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2016.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
Seminario en Fertirriego / Tel Avid, Israel, y Amsterdam, Holanda.	Mayo 28 al 23 de junio	E. Hincapié.
Seminario Internacional de Cogeneración y Bioenergía / Técnicaña / Cali, Colombia.	Junio 14 al 15	J. Lucuara, A. Estrada, C. Posada.
Expocaña Internacional / Procaña / Cali, Colombia.	Junio 22 y 23	J. Carbonell, S. Guzmán, J. Roa.
IX Red Latinoamericana de Biotecnología / RedBio / Lima, Perú.	Junio 27 a julio 1	J. Riascos.
Curso: Control Predictivo / Universidad Tecnológica de Bolívar / Cartagena, Colombia.	Julio 11 al 22	J. Tascón.
Curso: Leica de Microscopia / Ciat / Palmira, Colombia	Julio 22	T. Daza, C. Prieto.
43 Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología / Socolen / Manizales, Colombia.	Julio 27 al 29	C. Echeverri, G. Ramírez.
Diplomado en Gestión de la Innovación Empresarial con Énfasis en Coaching / Asocaña – Sena / Cali, Colombia.	Agosto a noviembre	H. Silva.
Curso: Apropiación Social del Conocimiento / OpenConnection / Bogotá, Colombia.	Agosto 11 al 25 (sesiones presenciales y virtuales)	V. Carrillo, M. Rodríguez.
Curso: Cuantificación, Evaluación y Gestión de la Huella Hídrica / Acodal / Cali, Colombia.	Agosto 18 y 19	B. Múnera.
10° Congreso ATALAC 2016 / ATALAC / Veracruz, México.	Agosto 30 a 6 de septiembre	E. Hincapié.
Cátedra Regiones 2016 / Fulbright - Ascun – Universidad de Caldas / Manizales, Colombia.	Agosto 31 a septiembre 1	S. Alarcón.
10th International Drainage Symposium / Minneapolis, Minnesota, EE.UU.	Septiembre 5 al 10	J. Cruz.
3RD Annual Kingsman Miami Sugar Conference Sugar and Ethanol in the Americas / S&P Global Platts / Miami, EE. UU.	Septiembre 12 al 14	C. Posada
Curso: Internacional de Estimación de Incertidumbre / Fraso – Alliance / Bogotá, Colombia.	Septiembre 14 al 16	S. Pereddo.
Simposio de Fertilidad / Buenos Aires, Argentina.	Septiembre 26 al 30	F. Muñoz.
Curso: Control Estadístico de Procesos de Manufactura – SPC / Centro de Ingeniería de la Calidad Ltda. / Cali, Colombia.	Septiembre 26 y 27	J. Latorre.
Seminario: Incertidumbre en Ensayos Físico – químicos / Amed / Cali, Colombia .	Septiembre 29 al 1 de octubre	J. Soto.
Congreso Internacional sobre Cambio Climático / Pereira, Colombia.	Septiembre 29 al 30	E. Cortés, H. Chica.
Diplomado en Gerencia de Proyectos / Universidad Javeriana / Cali, Colombia	Septiembre a noviembre	D. Dobo.

Continúa

Continuación. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2016.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
Curso: Análisis del ciclo de Vida mediante Simapro / Lavola sucursal Colombia / Bogotá, Colombia.	Octubre 3 al 5	E. Palacios.
Congreso de Suelos / Villa de Leyva, Colombia.	Octubre 6 y 7	F. Hincapié.
Fundamentación de Estrategias de Eficiencia en la Producción de Etanol Carburante / Sena – Asocaña / Cali, Colombia	Octubre 12 al 14	T. Daza, D. Palacios, C. Prieto.
Super Computing Camp / CIBioFi / Cali, Colombia.	Octubre 16 al 21	C. Loaiza.
Seminario Internacional Herramientas de Manejo Sostenible del Recurso Hídrico / Tecnicaña / Cali, Colombia.	Octubre 25 y 26	G. Hoyos, S. Guzmán, S. Alarcón.
Curso: Aplicación de herramientas de confiabilidad y gestión de la información para un mantenimiento efectivo / Sena – Asocaña / Cali, Colombia.	Octubre 26 y 27 y noviembre 2 y 3	D. Cobo, J. Montes, A. Ospina, C. Muñoz.
Foro: Semillas de buena calidad: Su papel en la Agricultura y la Seguridad Alimentaria / Acosemillas / Bogotá, Colombia.	Noviembre 3	C. Viveros.
Seminario Biogás / Biogás / Cali, Colombia.	Noviembre 9 al 11	T. Sánchez.
Seminario: Manejo integrado de enfermedades mediante prácticas ecoeficientes / Ascolfi - Universidad de Cundinamarca / Fusagasugá, Colombia.	Noviembre 10 y 11	J. Ángel, G. Vargas.
Feria Agronova / Corpoica / Mosquera, Colombia.	Noviembre 10	F. Muñoz
Expopanela 2016 / Fedepanela / Bogotá, Colombia.	Noviembre 23 al 26	C. Viveros
XXIX Congreso ISSCT / ISSCT / Tailandia	Diciembre 5 al 8	N. Gil, J. Tascón, J. Ríascos.
Primer Curso Nacional de Edición de Genomas / Ciat / Palmira, Colombia.	Diciembre 13 al 16	C. Franco, H. Jaimes, J. López.

RECONOCIMIENTO

➤ Investigador emérito 2016

Colciencias le otorgó el reconocimiento al doctor Jorge Ignacio Victoria Kafure, director del Programa de Variedades de Cenicaña, por su trayectoria, producción científica-académica y aportes a la ciencia, tecnología e innovación del país.

III. Convenios y acuerdos de cooperación firmados en 2016.

Celis Servicios Topográficos S.A. Colombia. Marzo. Otrosí al convenio para la evaluación de una cámara fotográfica digital modificada para NIR, en labores de agricultura de precisión en el cultivo de la caña de azúcar.

Compañía Azucarera La Estrella S.A, Calesa. Panamá. Abril. Contrato para evaluación de variedades.

Carvajal Pulpa y Papel. Colombia. Julio. Contrato de Asistencia Técnica No. 163-2016, para establecer la viabilidad técnico-económica del uso de residuos agrícolas cañeros (RAC) para combustión en calderas en reemplazo del carbón en forma sostenible.

MicaSence Inc. Septiembre. Acuerdo de colaboración (análisis de datos).

Earlham Institute. Reino Unido. Noviembre. Acuerdo de transferencia de material biológico.

IV. Fomento a la formación profesional en convenios de cooperación en 2016.

Cenicaña apoyó la formación profesional de estudiantes, tanto a nivel de pregrado como postgrado, gracias a convenios de cooperación y becas con entidades como Colciencias y la Universidad del Valle.

Proyecto	Estudiante / estudios en curso	Entidad auspiciadora
<i>Diatraea tabernella</i> : distribución y prácticas de manejo.	Leidy Julieth Salamanca Canizales / Doctorado	Colciencias
Distribución de las especies de <i>Diatraea</i> y sus enemigos naturales en Colombia.	Edgar Mauricio Quintero Quintero / Doctorado	Colciencias
Control biológico por conservación: <i>Genea jaynesi</i> otra alternativa para el manejo de <i>Diatraea</i> spp.	Leonardo Fabio Rivera Pedroza / Doctorado	Universidad del Valle
	Juan Sebastián Posada Montoya / pregrado	Colciencias
Grupo de Investigación de Procesos Azucareros.	Nicolás Arbeláez Vásquez / pregrado	Colciencias
Macroproyecto Alta Sacarosa Estable.	Melissa Montoya Arbeláez / pregrado	Colciencias
	Adrián Rodríguez Betancourt* / pregrado	Colciencias

* Estuvo vinculado desde abril a noviembre de 2016. A partir de ese mes, fue reemplazado por Melissa Montoya.

V. Atención de visitantes .

Cenicaña ofreció charlas técnicas e informativas a instituciones educativas y de la agroindustria para contribuir a la formación de nuevos profesionales y técnicos, y divulgar las tecnologías con enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS).

74 visitas

Nacionales:

- Colegios: 1
- Universidades: 60
- Ingenios: 2
- Otras entidades: 9
(Sena, Syngenta, Ciamsa, Cedeagro)

Internacionales:

- Ingenio Los Balcanes (Argentina)
- Ingenio Titotto (Brasil)

Total visitantes: 1758

VI. Personal profesional al 31 de diciembre de 2016

Dirección General

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

Dirección Administrativa

Einar Anderson Acuña. Director Administrativo. Ingeniero Industrial.

Ligia Genith Medranda Rosasco. Contadora. Contadora Pública.

Karen Bolaños Botello. Asistente de Contabilidad. Contadora Pública.

Andrea Patricia Castro Rebellón. Asistente de Contabilidad. Contadora Pública

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

Programa de Variedades

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

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

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

Luis Orlando López Zuñiga. Fitomejorador, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

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

Freddy Fernando Garcés Obando. Fitopatólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D

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

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

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

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

Yarley Ximena Granobles Parra. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma

Sandra Lorena Zapata Martínez. Investigador temporal. Ingeniera Agrónoma.

Gershon Darío Ramírez Sánchez. Entomólogo. Ingeniero Agrónomo.

Claudia Echeverri Rubiano. Bióloga. Bióloga.

Leidy Diana Donneys Velasco. Bacterióloga. Bacterióloga

José David Cortés Rojas. Biólogo. Biólogo M.Sc.

Hugo Arley Jaimes Quiñónez. Biotecnólogo. Biólogo.

Claudia Marcela Franco Arango. Biotecnóloga. Bióloga.

Isabel Cristina Ocampo Quiceno. Asistente de investigación. Bióloga.

Rocío del Pilar Barrios Méndez. Bióloga. Bióloga.

Manuel Alexander Quintero Muñoz. Investigador temporal. Ingeniero Agrónomo.

Christian Darío Loaiza Ordoñez. Asistente de Información en Bioinformática. Ingeniero de Sistemas.

John Henry Trujillo Montenegro. Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas y Computación*.

Programa de Agronomía

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

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

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

Luis Fernando Gómez Gil. Fisiólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

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

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.

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

Oswaldo Edwin Erazo. Analista Agricultura de Precisión. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

César Edwin García Cortés. Analista Percepción Remota. Ingeniero Topográfico, M.Sc.

César Andrés Arévalo Montaña. Ingeniero de Mecanización Agrícola. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Fanny Hoyos Villada. Ingeniera Agrícola. Ingeniera Agrícola.

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

Jenniffer Roa Lozano. Asistente de investigación. Bióloga.

Jorge Luis Narváez Tobón. Investigador temporal. Ingeniero Agrónomo.

Proyecto CATE

Alejandro Estrada Bedón. Ingeniero de Logística. Ingeniero Agroindustrial, M.Sc.

Efraín Camilo Muñoz Montenegro. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

* Recibe recursos de beca de Colciencias.

Continúa

Personal profesional 2016. Continuación.

Programa de Procesos de Fábrica

Nicolás Javier Gil Zapata. Director. Ingeniero Químico, Ph.D.

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

Tatiana Sánchez Motta. Química Jefe. Química, Ph.D.

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

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

José David Tascón Vidarte. Ingeniero Electrónico. Ingeniero Electrónico, M.Sc.

Sara del Carmen Pereddo Vidal. Química. Química.

Melissa Andrea Espinosa Penagos. Química. Química.

Sergio David Mosquera González. Químico. Químico

José Sebastian Soto Girón. Químico. Químico

Stephanía Imbachi Ordoñez. Ingeniera Química. Ingeniera Química.

Juan Gabriel Rodríguez Sarasty. Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.

David Palacios García. Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.

Julián Manuel Latorre Ceballos. Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.

Andrés Felipe Ospina Patiño. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Julián Esteban Lucuara Medina. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Julián David Montes Posso. Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Julio Antonio Calpa Pantoja. Ingeniero Electrónico. Ingeniero Electrónico.

Bryan Esteban Múnera Castañeda. Ingeniero Ambiental. Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Gloria Carolina Prieto Correal. Microbióloga, Microbióloga Industrial.

Paula Daniela Cuadrado Osorio. Microbióloga, Microbióloga Industrial.

Servicio de Análisis Económico y Estadístico

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

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

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

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Camilo Humberto Isaacs Echeverri. Jefe. Ingeniero Agrónomo.

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

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

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

Sandra Patricia Guzmán Rivera. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma.

María Claudia Pizarro Esguerra. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma.

Liliana Jimenez Lozano. Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma.

Sandra Lorena Alarcón Muriel. Ingeniera Agrícola. Ingeniera Agrícola.

Luz Ángela Mosquera Daza. Estadística. Estadística, M.Sc.

Servicio de Tecnología Informática

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

Harold Alexander Gallardo Muñoz. Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas.

José Luis Rivas Viedman. Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas.

William Berrio Martínez. Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas

Melissa Eugenia Diago Mosquera. Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones. Ingeniera en Telecomunicaciones.

Servicio de Información y Documentación

Adriana Arenas Calderón. Jefe. Bibliotecóloga.

Diana Marcela Posada Zapata. Biblioteca Digital. Bibliotecóloga.

Superintendencia de la Estación Experimental

Luis Eduardo González Buriticá. Superintendente. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

Publicación Cenicaña

Comité editorial

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

Producción editorial

Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

Coordinación editorial

Margarita María Rodríguez

Diagramación

Alcira Arias Villegas

Carátula

Andrea Campiño Blanco

Fotografías

Alejandro Estrada Bedón: 50, 52, 55
Andrea Campiño Blanco: 28, 37, 45, 57, 62 (derecha), 71
Banco de imágenes de Cenicaña: 17, 25, 60, 65, 84
Bryan Esteban Múnera Castañeda: 61
Fernando Villegas Trujillo: 46
Fredy Fernando Garcés Obando: 35
Incauca: 6
Liliana Jiménez Lozano: 73 (derecha)
Luis Eduardo González Buriticá: 86
Margarita Rodríguez: 8, 59, 62 (arriba), 80
María Claudia Pizarro Esguerra: 19, 67 (izquierda)
Osvaldo Edwin Erazo: 47
Sandra Lorena Alarcón Muriel: 72

Preprensa e impresión

Se terminó de imprimir el 17 de marzo de 2017
en Ingeniería Gráfica S.A. (Cali, Colombia)

Línea de atención al cliente:
(57 - 1) 472 2000 en Bogotá
01 8000 111 210 a nivel Nacional
.....
www.4-72.com.co

El servicio de **envíos**
de Colombia



PUBLICIDAD EXIGIDA POR:
Servicios Postales Nacionales S.A.

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



Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacional S.A
No 2017-130. 4-72, vence 31 de dic. 2017



cenicaña

www.cenicana.org