



**cenicaña**

# Informe Anual 2018



# **Informe Anual 2018**

**Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. CENICAÑA**

Informe Anual 2018 / Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. CENICAÑA. – Cali: Cenicaña, 2019.

114 p.; 27 cm

ISSN 0120-5854

Incluye siglas, anexos, referencias y apéndice

1. Centro de investigación. 2. Cenicaña. 3. Clima. 4. Valle del río Cauca. 5. Caña de Azúcar. 6. Producción. 7. Variedades. 8. Prácticas de cultivo. 9. Procesos de Fábrica. 10. Agricultura Sostenible. 11. Desarrollo Sostenible. 12. Innovación.

I. Título.

633.61 CDD 23 ed.

C395

Cenicaña - Biblioteca Guillermo Ramos Núñez

**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) 524 66 11

[www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)

[buzon@cenicana.org](mailto:buzon@cenicana.org)

**Nota:**

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



## PERFIL

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.



## NUESTRA 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.



## NUESTRA 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.



## NUESTROS VALORES

- Coherencia.
- Integridad.
- Lealtad.
- Respeto.
- Responsabilidad.

## Junta Directiva 2017–2018\*

**César Augusto Arango Isaza**

Presidente

**Einar Anderson Acuña**

Secretario

### Principales

**César Augusto Arango Isaza**

Gerente general  
Ingenio Risaralda

**Juan José Lülle Suárez**

Representante  
Incauca S.A.

**Djalma Teixeira De Lima Filho**

Presidente  
Riopaila Castilla S.A.

**Mauricio Irigorri 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.

**Juan Carlos Mira Ponton**

Presidente  
Asocaña

**Rodrigo Villegas Tascón**

Representante de los cultivadores  
afiliados a Asocaña

**Carlos Hernando Molina Durán**

Presidente Junta Directiva  
Procaña

**Guido Mauricio López Ochoa**

Representante Junta Directiva  
Procaña

**Santiago Fernández Vallejo**

Azucari

### Suplentes

**Vicente Borrero Calero**

Gerente general  
Ingenio Providencia

**Gonzalo Antonio Ortíz Aristizabal**

Presidente  
Incauca S.A.

**Gustavo Adolfo Barona Torres**

Gerente AgroRiocas  
Riopaila Castilla S.A.

**Julio Alberto Bernal Ramírez**

Asistente Gerencia General  
Ingenio Mayagüez S.A.

**Paula Tatiana Uribe Jaramillo**

Gerente de Campo  
Ingenio Manuelita S.A.

**Camilo Arturo Jaramillo Marulanda**

Gerente  
Ingenio María Luisa S.A.

**Jaime Vargas López**

Gerente general  
Ingenio Carmelita S.A.

**Claudia Ximena Calero Cifuentes**

Directora 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**

Vicepresidente Junta Directiva  
Procaña

**Humberto Emilio Ramírez Arango**

Azucari

### Comité de la Junta

#### Comité de Programas

Presidente

**Mario Andrés Restrepo Renjifo**

Gerente general  
Ingenio Carmelita

## Comités de Investigación

### Campo

Presidente

**Juan José Uribe**

Gerente de Campo  
Ingenio Risaralda S.A.

### Cosecha

Presidente

**José Leudín Giraldo**

Gerente de Cosecha  
Incauca S.A.

### Fábrica

Presidente

**Hardanny Castro**

Gerente de Fábrica  
Ingenio Pichichí S.A.

## Personal directivo Cenicaña 2018

**Álvaro Amaya Estévez**

Director General

**Einar Anderson Acuña**

Director Administrativo

**Freddy Fernando Garcés Obando**

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

**Fernando Villegas Trujillo**

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  
Superintendencia de la Estación Experimental

\* Se publica listado registrado ante la Cámara de Comercio de Cali. En el transcurso del 2018 se desvincularon de la agroindustria Djalma Teixeira De Lima Filho, Paula Tatiana Uribe Jaramillo y Jaime Vargas López. En su reemplazo fueron designados, respectivamente, Pedro Enrique Cardona López, presidente de Riopaila Castilla S.A.; Bernardo Atehortúa Arango, gerente Financiero y Administrativo de Manuelita S.A.; y Mario Andrés Restrepo Renjifo, gerente general del Ingenio Carmelita S. A.

# Contenido

	Página
Mensaje del miembro de la Junta Directiva 2017–2018, Mario Andrés Restrepo Renjifo.....	9
Entrevista al director general de Cenicaña, Álvaro Amaya Estévez.....	11
El clima en el valle del río Cauca 2018.....	17
Producción y productividad de la agroindustria de caña 2018.....	21
Variedades de caña de azúcar para una agroindustria más sostenible.....	31
Tecnologías para un manejo más sostenible del cultivo de caña.....	47
Tecnologías para procesos fabriles más sostenibles.....	63
Estrategias para una agroindustria más innovadora.....	71
Acciones para fortalecer la capacidad científica de la agroindustria.....	75
Anexo.....	81
Apéndice.....	99
Referencias.....	112
Acrónimos, siglas y abreviaturas.....	113

**Portada:**

Toma de muestras de fermentación para identificar pérdidas de azúcares.  
Papunga, cadillo (arvense del cultivo de la caña de azúcar).  
Sistema de riego por pivote central.

**Contraportada:**

Tensiómetro para la medición del potencial mátrico del suelo.  
Subcuenca del río Aguaclara, Palmira.

# Estructura y alcance del Informe Anual 2018

Anualmente, desde 1978, Cenicaña presenta un informe anual enfocado en los más importantes logros y avances en la investigación, el desarrollo de tecnologías y la oferta de servicios para la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

Para cumplir con ese propósito este año el Centro de Investigación publica un informe que no se enmarca en su estructura organizacional, sino que integra en cada uno de sus capítulos las investigaciones, acciones y estrategias alrededor de diferentes temáticas.

En ese sentido, en el desarrollo de los capítulos **Variedades de caña de azúcar para una agroindustria más sostenible, Tecnologías para un manejo más sostenible del cultivo de caña y Tecnologías para procesos fabriles más sostenibles** además de los logros en el año de cada programa de investigación (Variedades, Agronomía y Procesos de Fábrica), se incluyen los apor-

tes del Servicio de Análisis Económico y Estadístico (SAEE) para el manejo productivo del cultivo; las acciones promovidas e implementadas desde el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología (SCTT) para la adopción de prácticas sostenibles en las unidades productivas; y las diferentes maneras en que el Servicio de Tecnología Informática (SETI) apoya a la investigación y sirve a cultivadores e ingenios.

También incluimos los capítulos **Estrategias para una agroindustria más innovadora y Acciones para fortalecer la capacidad científica de la agroindustria**, que recogen de manera general lo realizado en el año para contribuir a la promoción y adopción de tecnologías; y el apoyo técnico, administrativo y humano que ofrecen el Servicio de Información y Documentación (SEICA) y la Superintendencia de la Estación Experimental para ser un Centro de Excelencia a nivel mundial.



## 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](http://www.cenicana.org) o en YouTube.

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.





# Cenicaña, aliado estratégico para la sostenibilidad

El 2018 terminó como el año de la última década con el menor precio del azúcar crudo en el mercado mundial (12,3 centavos de dólar por libra (ctsUS\$/lb) desde 2008 (12 ctsUS\$/lb) y, respecto al 2017 registró una disminución de 23%, lo que confirma el fuerte impacto que sufrió la agroindustria colombiana de la caña de azúcar por cuenta de su condición como tomadora de precios.

En términos de molienda la producción nacional alcanzó niveles nunca registrados, al superar las 24 millones de toneladas; y fue el cuarto año en mayor producción de azúcar en la historia de la industria, debido a la disminución de la sacarosa en el primer semestre de 2018.

Por fortuna, como lo había pronosticado el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), diferentes factores climáticos ocurridos en el transcurso del año influyeron para que los niveles de sacarosa iniciaran su recuperación en el segundo semestre del 2018, y para que el último trimestre estuviera en línea con los históricos de la última década.

Este pronóstico del comportamiento de la sacarosa estuvo atado a la esperada disminución en las toneladas de caña por hectárea, que se da de forma natural por el impacto del fenómeno El Niño.

En consecuencia, la disminución de la producción de caña por hectárea y la proyección de precios bajos para 2019 respecto al promedio histórico mundial se convierten en dos grandes retos para la agroindustria; y éstos sólo se pueden superar con procesos productivos más eficientes y menores costos a lo largo de la cadena de valor.

Cenicaña cuenta con una amplia oferta de buenas prácticas y tecnologías que están dirigidas a incrementar la productividad y las eficiencias del sector, pero sólo cobrarán relevancia a medida que sean adoptadas.

Hay alternativas para todas las áreas productivas, desde nuevas variedades hasta soluciones de sucroquímica e información y análisis para proyectar con certeza diferentes escenarios y tomar las mejores decisiones en el proceso productivo. Todos estos aportes son fundamentales para el futuro de la agroindustria e impactan de manera directa en la disminución de riesgos estratégicos.

Para Cenicaña el 2018 cerró con resultados positivos en diferentes áreas productivas: nuevas variedades con mejor producción de sacarosa (CC 01-678), disminución de pérdidas de sacarosa en fábrica y de consumo de agua en campo, aumento de la eficiencia energética de las plantas, expansión de la mecanización sin impactos relevantes sobre el cultivo, pruebas en motores que trabajen con mezcla de etanol/Diesel y muchos otros.

Por estas razones y muchas más es que ingenios y cultivadores debemos seguir apostando por la innovación a partir del fortalecimiento de nuestro Centro de Investigación; sólo de esta forma aseguraremos la sostenibilidad y futuro de nuestra agroindustria.

Mario Andrés Restrepo Renjifo  
Gerente general  
Ingenio Carmelita S.A.



# Entrevista al Director General de Cenicaña Alvaro Amaya Estévez

## ¿Cuál es su balance del 2018 para la agroindustria colombiana de la caña de azúcar?

El balance depende de lo sucedido en el entorno externo e interno. Fue un año difícil en la economía mundial y en el entorno macroeconómico colombiano: hubo un superávit de aproximadamente siete millones de toneladas de azúcar, lo que incidió en la caída del precio del azúcar de exportación, y en consecuencia, éste se redujo en 23% en comparación con el 2017. A su vez, el consumo de azúcar creció a una tasa de tan sólo 1%, casi la mitad de lo que ocurría hasta la década de los años 90.

Adicionalmente, experimentamos un clima anómalo: el 2018 fue uno de los años más lluviosos del último medio siglo, incluso más que el año 2000 que fue Niña; la precipitación fue 12% superior al promedio histórico y al promedio histórico de los últimos tres años; y la radiación y las temperaturas máxima media y mínima media presentaron variaciones nunca antes observadas.

Se sabe que el clima de los años precedentes incide en la productividad del último año. En ese sentido, el exceso de lluvia y factores climáticos anómalos de 2016 y 2017 promovieron mayores toneladas de caña y azúcar por hectárea y afectaron adversamente la sacarosa en el 2018.

También a finales del 2017 y comienzos del año pasado se cosechó caña en condiciones de exceso de lluvia, lo cual afectó el levantamiento de las socas, generó necesidad

de resiembras e incidió en la oportunidad de las labores. Todo esto repercutió en el descenso del TCH en 2018, que fue menor que en el 2017 en 13 toneladas.

Pese a todos estos factores adversos, las nuevas variedades y su manejo con enfoque de Agricultura específica por sitio (AEPS) tuvieron mejores resultados que los obtenidos con la variedad comercial CC 85-92 que venía siendo líder, se molieron 665,731 toneladas más de caña y se produjeron 191,908 toneladas adicionales de azúcar.

## ¿Cómo se explica la recuperación en la producción de sacarosa?

De enero a diciembre de 2018 el TCH y la edad disminuyeron gradualmente y en forma paralela. Ese menor crecimiento significa menor demanda de energía y, en consecuencia, mayor acumulación de sacarosa. Para la recuperación de sacarosa fue más incidente el descenso en TCH.

De otra parte, factores importantes en la maduración, como la lluvia y la distribución de sus anomalías y de las temperaturas medias, fueron más benignos que los del 2017.

Además, la tendencia a través del año de la sacarosa % caña en fábrica es positiva. La diferencia de enero y diciembre fue de un punto: empezó con valores equivalentes a los obtenidos en los peores años de producción de sacarosa y terminó igual a los de los mejores años.

## ¿De acuerdo con las necesidades de hoy en la agroindustria, qué destacaría de los avances técnicos y científicos de Cenicaña este año?

Son varios; de la gran mayoría de ellos se presentan los principales avances en este documento, pero me referiré a algunos que pueden ser importantes en el contexto actual y futuro.

Se generaron modelos dinámicos predictivos de productividad para la agroindustria o específicos para un ingenio o para una zona climática homóloga. Estos son resultado de consolidar y analizar la historia de la investigación y los datos de producción comercial y clima de la agroindustria.

Con esta herramienta el sector dispone de elementos para hacer ajustes en el manejo del cultivo, la edad de cosecha y la maduración, entre otros. Es decir, es posible mejorar la producción sin mayores inversiones, utilizando estos modelos para la toma de decisiones.

Precisamente esas decisiones se respaldan en muchas de las tecnologías que desarrolla Cenicaña, como las variedades de caña de azúcar. Hoy 96% del área se encuentra sembrada con variedades Cenicaña Colombia (CC) e introducidas por el Centro de Investigación, y tres de las variedades CC dominan el 79% del área. Con el manejo agronómico del cultivo con enfoque AEPS, por parte de ingenios y cultivadores, se ha contribuido a mejorar o mantener la productividad de la agroindustria.

Para contar en un futuro con mejores resultados en TCH y sacarosa empezaron a ser validadas comercialmente 21 variedades para los tres ambientes (semiseco, húmedo y piedemonte) hasta con 11% más en TCHM y TAHM en relación al testigo y rendimientos iguales o superiores al mismo; y se identificaron marcadores moleculares asociados a ge-

nes que controlan la producción de sacarosa, lo que permitirá ser más eficiente el desarrollo de variedades.

Igualmente Cenicaña continuó el monitoreo y las evaluaciones a alternativas biológicas para el manejo preventivo de *Diatraea* y con la promoción de medidas para el manejo del salivazo.

Los avances en evaluaciones a las nuevas variedades y su uso eficiente del agua, el carbono, la radiación y el nitrógeno buscan complementar los criterios de manejo de estos insumos con un enfoque AEPS. Para ello, se construyó un simulador de lluvia cuyos resultados iniciales indican que en un cultivo de cuatro meses solo el 66% del agua suministrada por la lluvia llega al suelo; esto permitirá mejorar al balance hídrico para aplicar correctos volúmenes de agua en el riego.

También se avanzó en evaluaciones técnicas de desempeño de los sistemas de riego con los cuales se espera reemplazar el riego por superficie abierta, que hoy se utiliza en casi la mitad del área bajo esta labor y cuya eficiencia fluctúa entre el 40 y 60%. Es necesario continuar las evaluaciones porque estos sistemas pueden ser alternativas sostenibles, de acuerdo con la disponibilidad de agua, la naturaleza de los suelos y el costo.

Este año también se identificaron 26 aislamientos de bacterias nativas fijadoras de nitrógeno que mostraron una fijación superior al testigo y se avanzó en el conocimiento de la frecuencia de labores de roturación de suelos luego de la cosecha, lo que contribuye a reducir los costos y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los resultados indican que en suelos de textura franco-fina (7.5% del área sembrada en caña) la roturación del suelo se puede hacer cada tres cosechas en lugar de hacerlo después de cada cosecha.

El incremento del área cosechada mecánicamente (125,809 hectáreas en 2018) también es una realidad y ello amerita avanzar en estudios para mejorar las eficiencias de los sistemas de cosecha. En investigaciones rea-

lizadas se evidencia que la edad de los equipos y la oportunidad del mantenimiento influyen en esta operación. De hecho, uno de los factores que más incide es la configuración mecánica del sistema tensor de las orugas de la cosechadora.

## **Todos esos avances tienen impacto directo sobre las labores en campo. ¿Qué se puede decir sobre las mejoras en los procesos fabriles?**

Como apoyo a la cosecha y al proceso en fábrica se generaron tres herramientas para reducir las pérdidas de sacarosa entre corte y molienda; se confirmó que un metabolito derivado de la acción microbiana, el manitol, es indicador confiable de la contaminación microbiana e indirectamente una medida de las pérdidas de sacarosa; y se evaluaron nuevas técnicas para la remoción de color, práctica rutinaria en la elaboración del azúcar.

La evaluación a técnicas **decolorantes líquidas** y gaseosas mostró eficiencias superiores en **25%** en relación a los productos comerciales usados en la industria.

Con el propósito de mejorar las eficiencias en el uso de la energía de las fábricas, con lo cual se pueden generar excedentes para la venta a la red pública, se identificó un potencial de ahorro energético del **35% al 40%** al mejorar las eficiencias de las piscinas de enfriamiento.

Respecto a la elaboración de etanol se identificó que la eficiencia fermentativa se reduce no solo por la contaminación microbiana, sino también por el estado metabólico de la levadura, razón por la cual se estableció una metodología para asegurar su alta vitalidad durante el proceso.

Finalmente, es importante mencionar que Cenicaña apoya a la agroindustria en la caracterización y metodologías para estimar las huellas de carbono e hídrica en el proceso agroindustrial.

## **¿Cuáles son los retos de la agroindustria para el 2019?**

El camino recorrido por la agroindustria no siempre ha sido fácil, pero ha dado solidez, fortaleza, visión e integración a sus actores para enfrentar los retos del futuro. Estos retos se enmarcan en el contexto de la sostenibilidad, con impactos en lo económico, ambiental y social.

En lo económico, uno de los retos hacia el mutuo beneficio de ingenios y cultivadores de caña, debe ser la producción de azúcar vía mayor sacarosa. De ahí que las metas de producción de caña deban enfocarse a una mayor rentabilidad a través de la valoración de la calidad de ésta.

Como parte de la estrategia para lograrlo está la siembra de variedades de similar o mayor sacarosa que las actuales y que compitan en producción de caña, su ubicación en las zonas agroecológicas y climáticas de mejor adaptación, el manejo temporal de la cosecha con mayor molienda en épocas de mejor maduración e incorporar las mejoras para reducir las pérdidas de sacarosa en campo y fábrica.

Asimismo, para mantener su competitividad el sector debe fortalecer sus acciones hacia la diversificación de productos derivados de la caña, como los residuos de cosecha para energía o aquellos diferentes al azúcar y etanol. En este sentido Cenicaña adelanta actualmente varios proyectos.

El reto en lo ambiental debe continuar con el manejo adecuado del suelo, el uso eficiente del agua y racional de los productos químicos tanto en el campo como en los procesos industriales, y por supuesto, el uso racional de la energía y la reducción de emisiones a la atmósfera son desafíos fundamentales.

Precisamente estudios iniciales con los residuos agrícolas de cosecha (RAC), como fuente de combustible para las calderas, indican que por cada kilojulio (kJ) de energía

aportado a partir de RAC se emiten hasta 46 kilogramos de CO<sub>2</sub> menos que los emitidos por un kJ de carbón mineral.

El cambio climático y la variabilidad climática es una realidad y ante ello los sistemas de producción y tecnologías deben adaptarse. El entendimiento de los procesos fisiológicos y experimentos controlados en ambientes cerrados en los que hoy avanza Cenicaña proveen respuestas para orientar modelos de pronóstico y tecnologías requeridas ante el cambio climático.

En lo social, el impacto de la agroindustria de la caña se refleja en la generación de empleo y como motor para la creación de industrias de la cadena agroindustrial; todo esto en el entorno donde se siembra la caña. Hacia el futuro el reto del sector se visualiza hacia el apoyo a iniciativas de desarrollo para las comunidades ubicadas en las cordilleras que rodean el área de influencia.

Actualmente los ingenios y cultivadores de caña impulsan sus propias iniciativas, como la Fundación Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad, liderada por Asocaña, para la conservación de las cuencas de los ríos que vierten sus aguas hacia la parte plana del valle. Allí Cenicaña participa con el monitoreo de los caudales y sedimentos para conocer el impacto de las acciones de protección en las cuencas intervenidas.

## ¿Cómo ve a la agroindustria en una década?

Mejor. Con una visión de conjunto y de sostenibilidad. El ejemplo más evidente para la agroindustria de la caña fue la decisión de crear a Cenicaña y los frutos que se han derivado de ello.

Las metas deben estar basadas en indicadores de rentabilidad y no tanto de productividad. Además, la diversificación en el uso de la caña será un generador de mayores beneficios.

## ¿Cuál es la apuesta de Cenicaña para los próximos años?

Eficiencia, creatividad, innovación y actualización. Todo esto implica investigar para obtener respuestas que generen valor en lo económico, en lo ambiental y en lo social.

El valor de Cenicaña no está solamente en los beneficios que reciben los donantes del Centro con variedades, tecnologías para el campo, la cosecha o mejora de los procesos industriales. Está también en la comercialización de productos o servicios a no donantes para generar ingresos al sector. Si bien, esto puede traer riesgos para la competitividad, el riesgo puede ser mayor ante la posibilidad de que otros lo hagan y perdamos la oportunidad de generar valor.

También en el valor que se le puede dar al *know-how* de Cenicaña, que le da reputación al sector en el contexto de la ciencia nacional e internacional. Precisamente la interacción y alianzas con grupos de investigación de Estados Unidos e Inglaterra y la confianza en nuestras investigaciones nos llevó a ser parte del estudio del genoma de una de las especies ancestro de la caña.

Todos estos y otros avances que se presentan en este informe han sido posibles por el compromiso de ingenios y cultivadores en la financiación, acompañamiento y adopción de los resultados de la investigación.

Sin duda, cuando el apoyo y la financiación a la investigación son permanentes se adoptan los productos derivados de la misma, se fortalece la capacitación y existe una menor aversión al riesgo, es decir, se hace innovación. Hoy la inversión de la agroindustria de la caña en Cenicaña ha generado retorno económico, sostenibilidad y beneficios para la región.

## Un mensaje final...

Los capitales que sostienen la operación y resultados de Cenicaña son la financiación del Centro a través de las donaciones de ingenios y cultivadores, el conocimiento generado por los investigadores con el apoyo del resto del personal y el compromiso de quienes han hecho parte de nuestra historia.

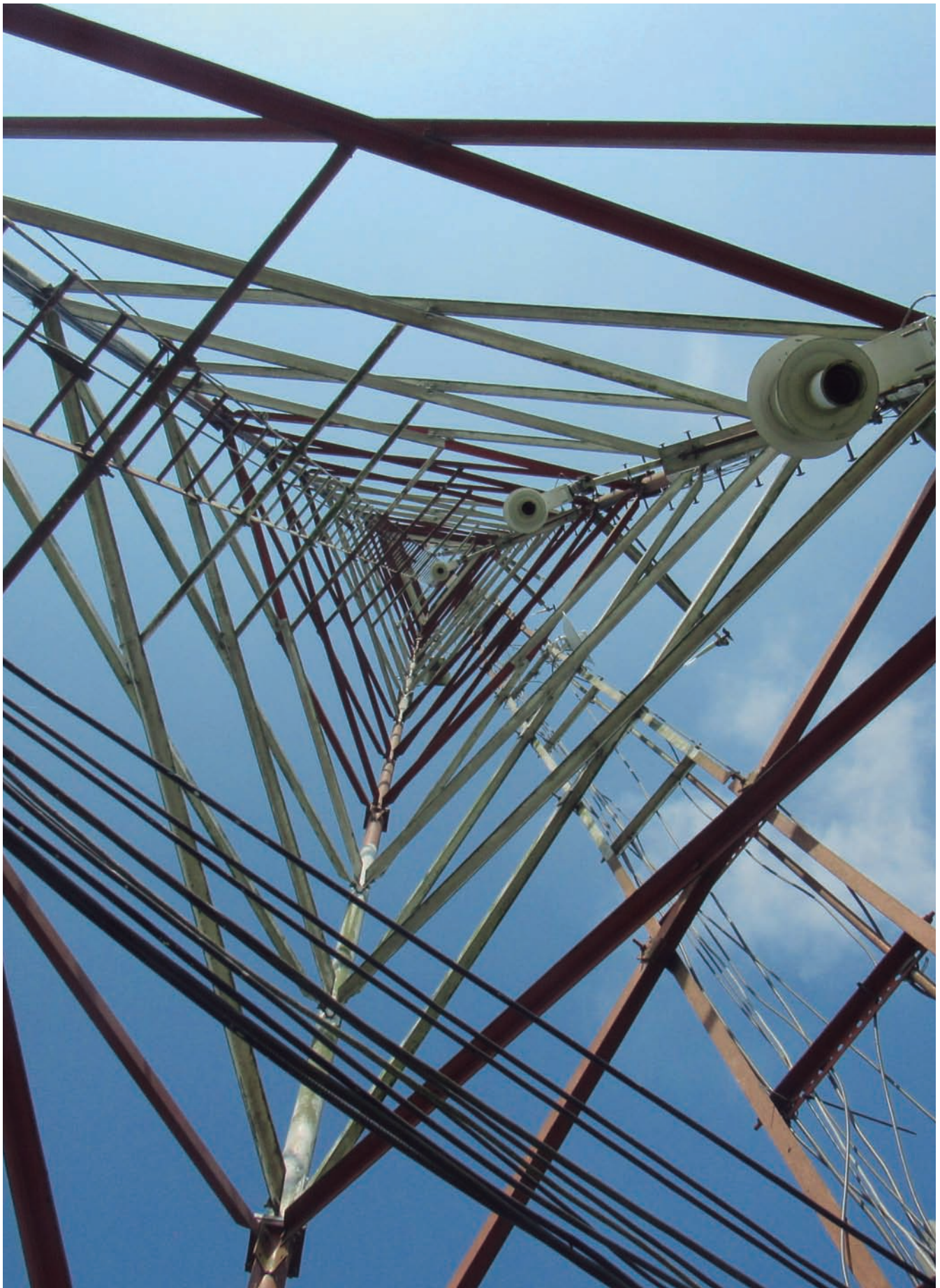
En ese sentido, debo resaltar el compromiso de todo el grupo humano del Centro de Investigación y especialmente de varios de ellos que cumplieron su periodo laboral este año, contribuyendo al desarrollo de la inves-

tigación y a su adopción en la agroindustria: Dr. Jorge Victoria, director del Programa de Variedades; el Ingeniero Camilo H. Isaacs, jefe del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología; y el Meteorólogo Enrique Cortés.

En su lugar fueron designados el Dr. Freddy Fernando Garcés, el Ingeniero Fernando Villegas y el Dr. Andrés Javier Peña, respectivamente.

A quienes se retiraron, nuestros más sinceros agradecimientos y a quienes fueron designados en nuevas responsabilidades, los mejores éxitos en su gestión.





# El clima en el valle del río Cauca 2018

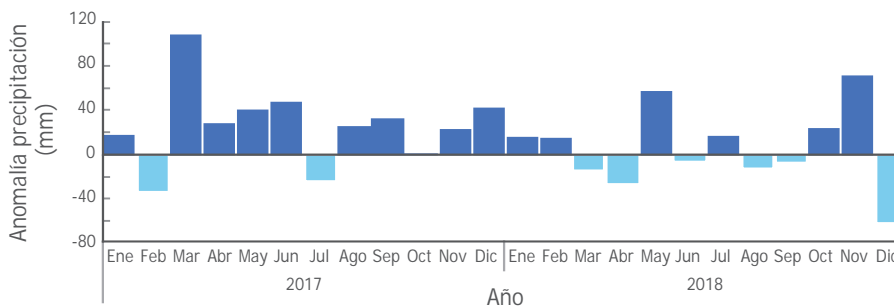
Por segundo año consecutivo, las anomalías y extremos climáticos en el valle del río Cauca no tuvieron explicación en las características térmicas de la superficie del Océano Pacífico (fenómenos El Niño y La Niña).

El 2018 fue un año climáticamente anómalo, pese a la prevalencia de condiciones normales sobre el Océano Pacífico: la temperatura superficial se mantuvo cercana al promedio del periodo de referencia (condiciones normales) en la mayoría de los meses; y el primer semestre del año fue más lluvioso

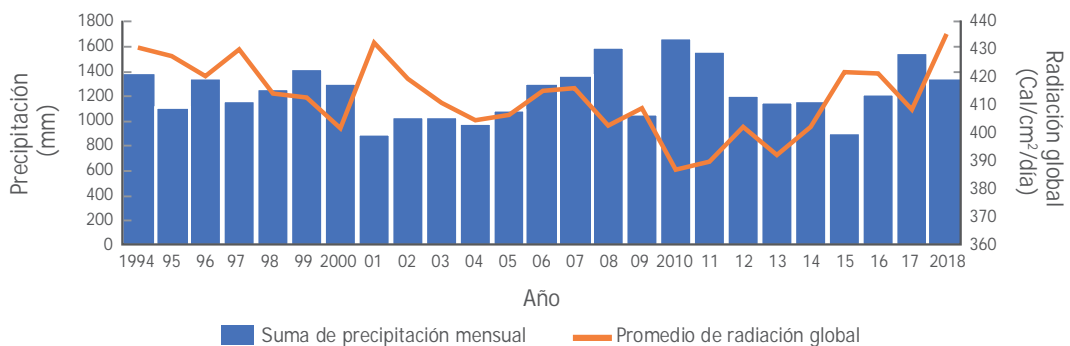
de lo normal, pero la mayor anomalía positiva fue en noviembre, mes catalogado como normal de acuerdo con *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (**Figura 1**).

Este año fue uno de los diez más lluviosos de los últimos cinco lustros en el valle del río Cauca, con un promedio de precipitación superior al del 2000 (que se calificó como año 'Niña'); y también tuvo valores de radiación solar global muy superiores a los registrados en cualquier otro año en la región (**Figura 2**).

**Figura 1.** Anomalía de la precipitación media en el valle del río Cauca. 2017–2018.



**Figura 2.** Promedio histórico anual de precipitación y radiación global en el valle del río Cauca. 1994–2018.



En climatología una anomalía es la resta entre el valor que presenta una variable y el valor histórico. Si ésta es positiva quiere decir que la variable se está expresando por encima de valores históricos, si es negativa significa que se está expresando por debajo de los niveles históricos.

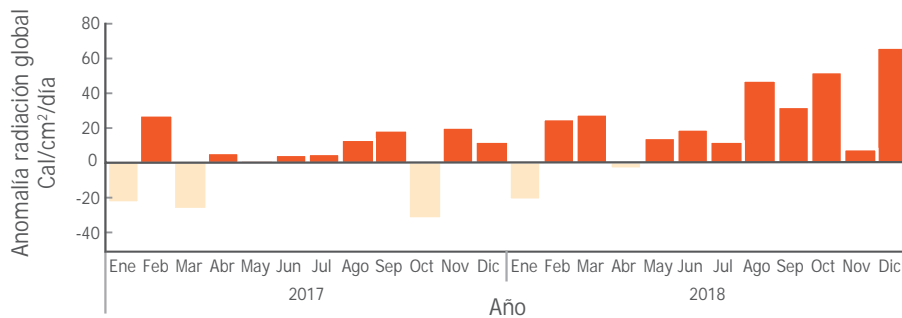
En este mismo año, pero acentuado en el segundo semestre, se presentaron anomalías positivas de radiación global superiores a 30 cal/cm<sup>2</sup>/día y nueve de los doce meses tuvieron temperaturas medias mensuales del aire superiores al promedio (Figura 3). Esta condición se explica ante todo en el incremento de la temperatura máxima media en diez de los doce meses del año.

En ese sentido, 2018 se convirtió en el séptimo año consecutivo con temperaturas máximas medias superiores a 30°C; además

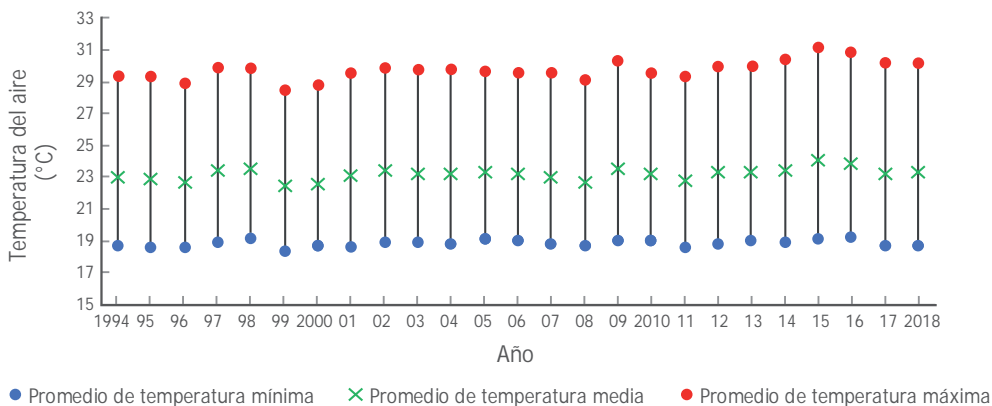
se presentó un descenso o anomalía negativa de la temperatura mínima media durante ocho de los doce meses del año, lo que dio como resultado incrementos de la oscilación media diaria de la temperatura del aire (Figura 4).

Este comportamiento anómalo sigue el patrón espacial de siete zonas climáticas homólogas definidas en un análisis de agrupamiento de las estaciones meteorológicas (Figura 5 y Cuadro 1).

**Figura 3.** Comportamiento mensual de las anomalías medias diarias de radiación global. 2017–2018.

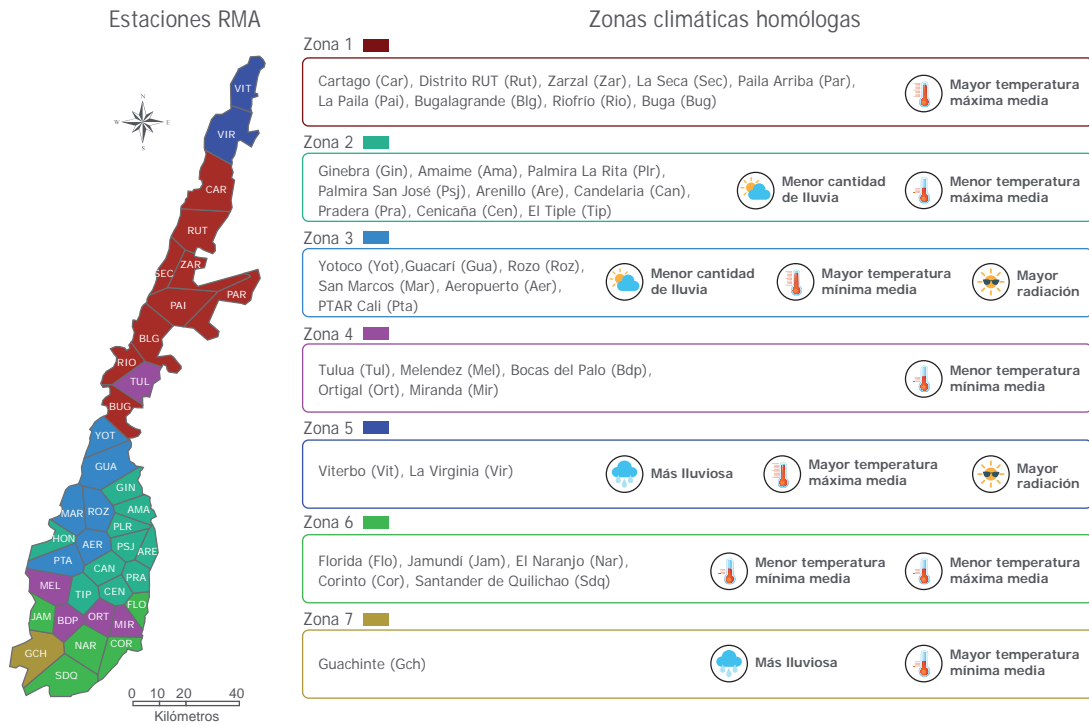


**Figura 4.** Comportamiento anual de las temperaturas máxima media, media y mínima media durante los últimos 25 años en el valle del río Cauca. La longitud de la línea representa el valor de oscilación media diaria de la temperatura. 1994–2018.



La radiación global es la suma de la radiación directa (aquella que incide sobre una superficie directamente del sol) y la radiación difusa (aquella que llega después de ser reflejada o es emitida por las moléculas después de sufrir un calentamiento por efecto de absorción de radiación solar).

Figura 5. Zonas climáticas homólogas del valle del río Cauca.



Cuadro 1. Resumen de valores medios trimestrales de las principales variables meteorológicas para cada zona climática homóloga.

	Trimestre	Zona climática homóloga							Total
		1	2	3	4	5	6	7	
Temperatura mínima media (°C)	1	19.0	18.9	19.3	18.9	18.9	18.9	19.6	19.0
	2	19.3	19.0	19.4	19.0	19.2	18.9	19.3	19.1
	3	18.5	18.5	18.9	18.3	18.5	18.1	18.4	18.5
	4	18.9	18.7	19.1	18.7	18.9	18.7	19.3	18.9
	Total	18.9	18.8	19.1	18.7	18.9	18.6	19.1	18.9
Temperatura máxima media (°C)	1	30.8	29.8	30.3	30.1	31.0	29.6	30.6	30.3
	2	30.2	29.3	29.8	29.4	30.0	29.0	30.0	29.7
	3	31.2	30.2	30.6	30.4	30.9	29.9	31.0	30.6
	4	29.9	29.1	29.5	29.3	29.9	28.8	29.8	29.5
	Total	30.5	29.6	30.1	29.8	30.5	29.3	30.3	30.0
Radiación global Cal/cm <sup>2</sup> /día	1	425.4	403.1	434.9	433.6	449.7	408.0	405.5	424.3
	2	408.9	377.7	410.4	408.4	421.6	380.1	376.2	399.3
	3	435.8	399.7	442.0	427.1	451.0	401.1	390.0	423.5
	4	408.0	385.2	414.4	411.8	427.4	386.9	380.9	403.7
	Total	419.5	391.4	425.4	420.2	437.5	394.0	388.0	412.7
Precipitación (mm)	1	246.0	269.4	195.1	332.1	395.1	432.3	490.0	324.9
	2	387.7	328.6	281.0	397.9	634.3	474.9	541.5	426.6
	3	230.5	129.4	137.8	179.2	417.7	202.9	245.3	218.4
	4	355.8	340.1	289.4	411.7	577.0	523.1	583.4	428.9
	Total	1220.0	1067.5	903.3	1320.9	2024.1	1633.1	1860.3	1398.8

## Patrón de llluvias por estaciones meteorológicas y condición ENOS

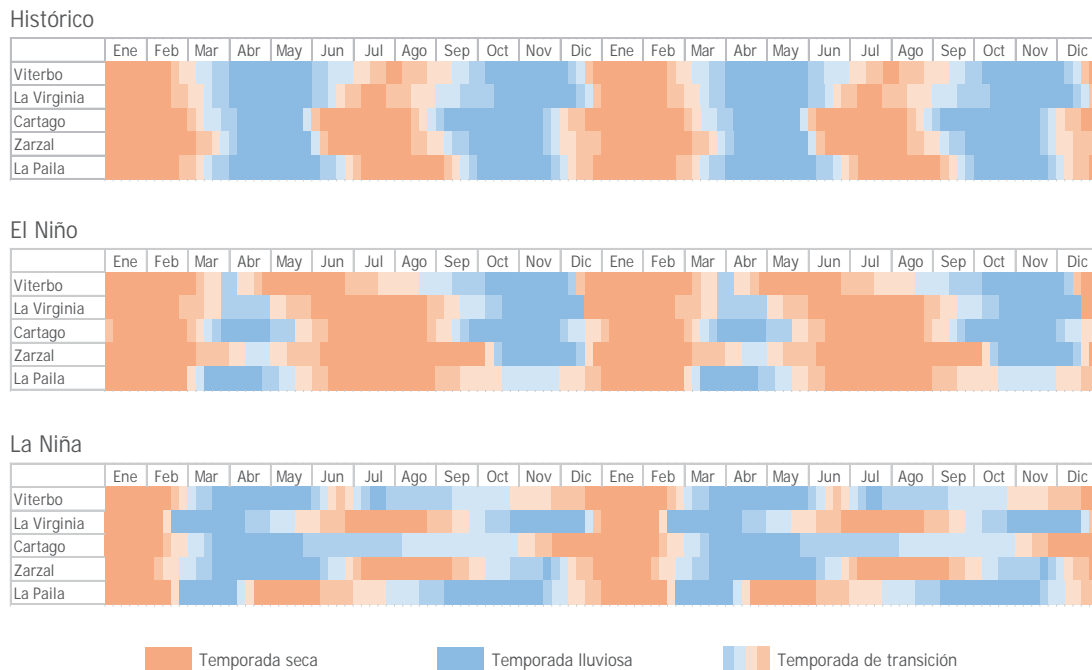
Los estudios realizados por Cenicaña en las últimas décadas han permitido determinar que el clima del valle del río Cauca, y especialmente la precipitación, está modulado por la zona de confluencia intertropical (región del globo terrestre donde convergen los vientos alisios del hemisferio norte con los del hemisferio sur [ZCIT] y El Niño Oscilación del Sur [ENOS]).

Se ha asumido que, en general, el doble paso anual de la ZCIT sobre el valle del río Cauca define un patrón generalizado de llluvias bimodal y que El Niño y La Niña producen déficit o exceso de llluvia prolongados.

Este año Cenicaña definió el patrón de llluvias histórico para cada estación y para cada condición ENOS, lo que permite atenuar la incertidumbre de las decisiones de manejo agronómico que se toman con base en la información del clima.

Los resultados (**Figura 6**) muestran diferencias en los patrones intraanuales de distribución temporal de las llluvias, se identificaron diferentes tipos de bimodalidad de las llluvias en las estaciones meteorológicas instaladas a lo largo del valle del río Cauca y se encontró que el patrón normal de llluvias (inicio y finalización de temporadas) es afectado por El Niño y La Niña.

**Figura 6.** Resultados obtenidos con el patrón de llluvias histórico en cinco estaciones del norte del valle del río Cauca. 2018.



# Producción y productividad de la agroindustria de caña 2018

Los análisis descriptivo y comparativo de 2017 y 2018 se basan en los datos reportados por los ingenios Carmelita, Incauca, La Cabaña, María Luisa, Manuelita, Mayagüez, Pichichí, Providencia, Riopaila - Castilla (dos plantas), Risaralda y Sancarlos.

A continuación se resumen los principales indicadores de producción y productividad de la agroindustria de la caña de azúcar de

Colombia (**Cuadro 2**). El área cosechada y el número de suertes cosechadas se incrementaron en 17% y 20% respectivamente, mientras que la caña molida y el azúcar producido se incrementaron en 3% y 7%. Las toneladas de caña por hectárea (TCH) se redujeron en 10% y la sacarosa (% caña) y el rendimiento comercial se incrementaron en 4%.

**Cuadro 2.** Indicadores de productividad de la agroindustria de la caña de azúcar de Colombia. 2017–2018.

Indicador	Trimestres 2018				Enero-Diciembre		Diferencia 2018-2017 % - °C
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	2017	2018	
<b>Campo (datos de doce ingenios)</b>							
Número de suertes cosechadas	7316	6802	8878	6961	25,705	29,957	17
Área cosechada (ha)	49,208	44,888	64,390	48,597	173,282	207,083	20
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	125	120	119	115	133	120	-10
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	13.5	12.9	13.7	13.0	14.2	13.3	-6
Toneladas de caña por hectárea-mes (TCHM)	8.58	8.68	9.06	8.91	9.60	8.82	-8
Toneladas de azúcar por hectárea-mes (TAHM)	0.93	0.93	1.04	1.01	1.02	0.98	-4
Edad de corte (meses)	14.9	14.1	13.5	13.1	14.1	13.9	-1
Número de corte	5.3	5.4	5.0	5.1	5.0	5.2	4
<b>Fábrica (datos de doce ingenios)</b>							
Toneladas totales de caña molida <sup>1</sup>	6,316,145	5,433,612	7,129,768	5,732,944	23,946,738	24,612,469	3
Toneladas totales de azúcar producido <sup>2</sup>	686,584	591,322	831,327	662,327	2,579,652	2,771,560	7
Rendimiento real en base a 99.7% Pol <sup>3</sup>	10.93	10.81	11.64	11.45	10.75	11.23	5
Fibra % caña	15.59	15.86	14.83	15.37	15.03	15.38	2
Sacarosa aparente % caña	12.49	12.38	13.15	12.99	12.32	12.77	4
Pérdidas de sacarosa en miel final % sacarosa caña	6.53	6.26	6.29	5.94	6.97	6.26	-10
Pérdidas de sacarosa en cachaza % sacarosa caña	0.61	0.46	0.55	0.66	0.66	0.57	-13
Pérdidas de sacarosa indeterminadas % sacarosa caña	1.75	1.77	1.15	1.83	1.65	1.60	-3
Pérdidas de sacarosa en bagazo % sacarosa caña	4.06	4.19	3.79	3.84	3.62	3.96	9
Litros de etanol (miles)					364,800	407,990	12
Energía eléctrica generada (MWh) (reportado por XM.A. ESP)					1,487,160	1,608,661	8
Energía eléctrica vendida (MWh) (reportado por XM.A. ESP)					576,272	668,388	16
<b>Clima (datos de 37 estaciones de la Red Meteorológica Automatizada)</b>							
Precipitación (mm)	317	411	186	428	1585	1342	-15
Oscilación media diaria de la temperatura (°C)	11.8	10.9	12.7	11.4	11.7	11.7	0
Temperatura mínima (°C)	18.8	18.8	18.4	18.9	18.7	18.7	0
Radiación solar media diaria (cal/cm <sup>2</sup> /día)	429	406	451	443	411	432	5

1. Toneladas totales de caña molida: Comprende la caña en existencia en patios más la caña que entra durante el periodo menos el saldo en patios al finalizar el período (existencias + caña entrada – saldo patios).
2. 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.
3. 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 periodo considerado (mieles, masas, magmas, meladuras y jugos). Este índice convierte todos los tipos de azúcares a una misma base de contenido de Pol 99.7°, el cual corresponde al tipo de azúcar de mayor producción en el sector, el azúcar blanco.

## Observaciones de campo

Como se mencionó en el informe de clima, después de mayo de 2018 comenzó un calentamiento gradual de la temperatura superficial del mar que se tradujo en incrementos de la radiación global y decrementos de la precipitación entre junio y septiembre, que provocaron un déficit hídrico en el valle del río Cauca.

Ese exceso de lluvia al comienzo del ciclo del cultivo creó condiciones no aptas para el desarrollo de labores en algunas zonas, lo que pudo generar una disminución gradual del TCH y de la edad de cosecha.

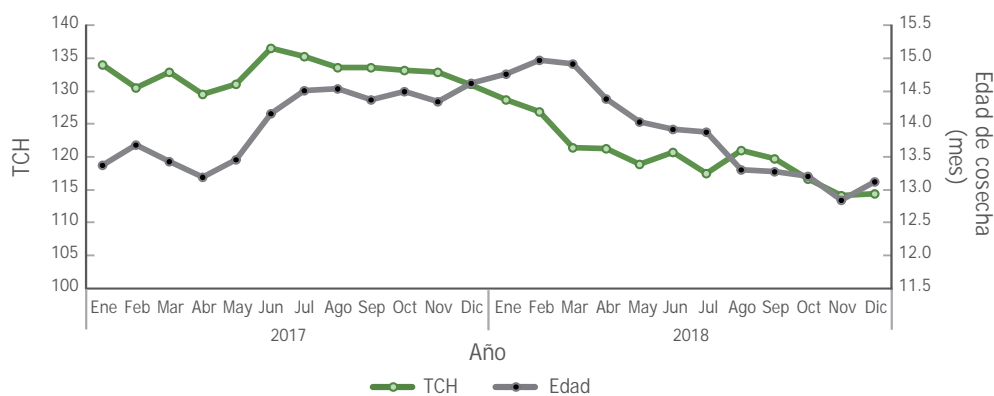
Adicionalmente, el déficit hídrico entre junio y septiembre impidió el suministro

oportuno de agua en momento y cantidad que contribuyó a la disminución del TCH en los últimos tres meses del 2018 en algunas zonas (**Figuras 7 y 8**).

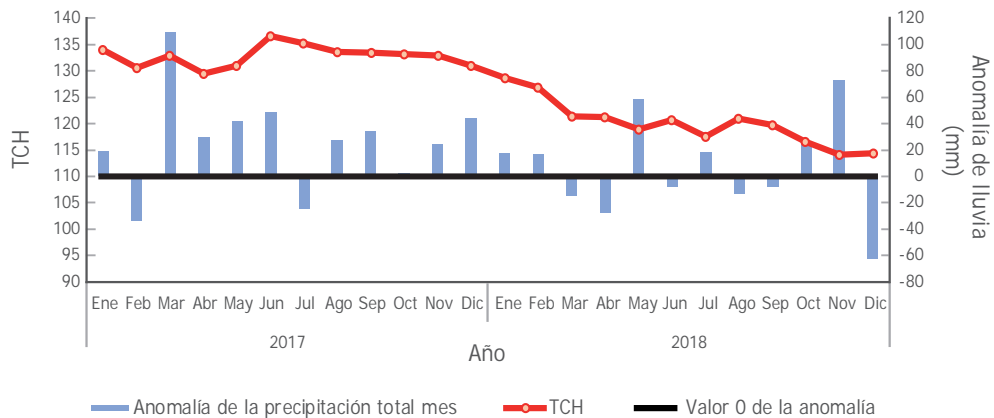
El rendimiento comercial se incrementó en el año y alcanzó los dos picos de cada semestre. Los meses más altos (11.9% y 11.7%) para este indicador fueron septiembre y octubre, en donde la precipitación fue baja como se observa en las anomalías de la **Figura 9**. La sacarosa (% caña) mostró el mismo patrón del rendimiento comercial alcanzando sus mayores valores en septiembre y octubre (13.4% y 13.35%, respectivamente) (**Figura 10**).

En las diferentes zonas climáticas homólogas del valle del río Cauca las toneladas de

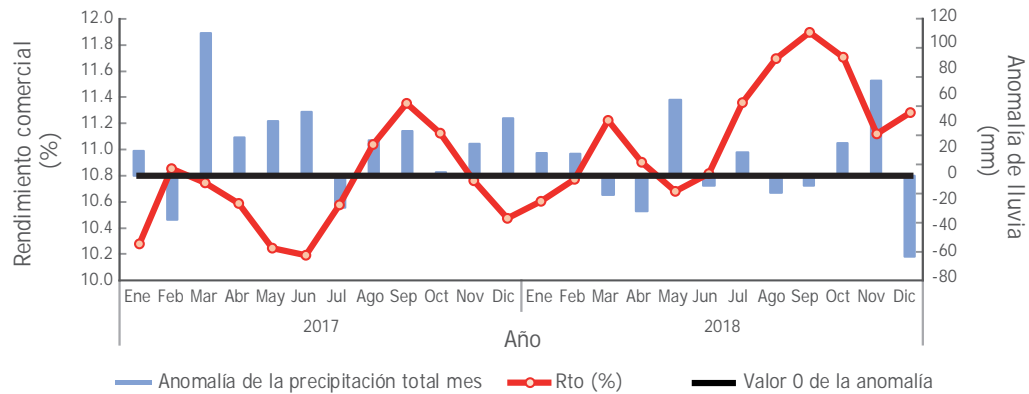
**Figura 7.** Toneladas de caña por hectárea y edad de cosecha. 2017–2018.



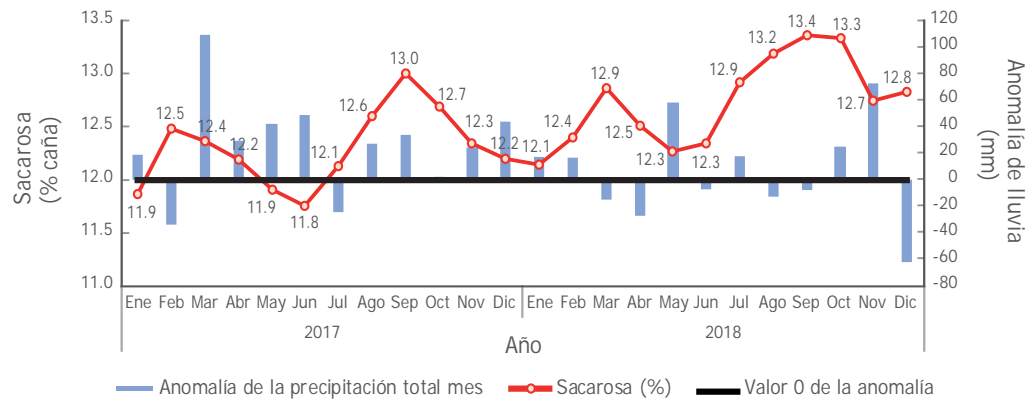
**Figura 8.** TCH mensual y anomalías de lluvia. 2017–2018.



**Figura 9.** Rendimiento comercial mensual y anomalías de lluvia. 2017- 2018.



**Figura 10.** Sacarosa (% caña) entrando a fábrica y anomalías de lluvia. 2017–2018.



azúcar por hectárea por mes (TAHM) tuvieron un descenso en el primer semestre del 2018 debido a la reducción del TCH, pero a partir de junio se presentó un incremento debido al aumento de la sacarosa (% caña) y a la reducción de las edades de cosecha (**Figura 11**).

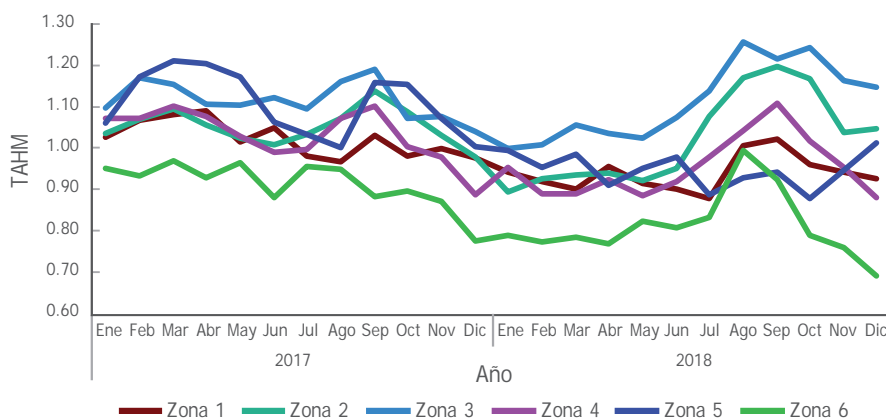
La participación de las variedades en el área cosechada varió de 2017 a 2018: CC 01-1940 alcanzó un 35% de participación e

igualó a CC 85-92. CC 93-4418 redujo su área cosechada en 2% (**Cuadro 3**).

Se actualizó la información del área sembrada con la variedad CC 01-1940 y se estableció que al finalizar el 2018, de un total de 236,465 hectáreas, el 40.3% estaba sembrado con CC 01-1940 (95,265 hectáreas) y el 28.8% (68,146 hectáreas) con CC 85-92 (**Figura 12 y Cuadro 4**).



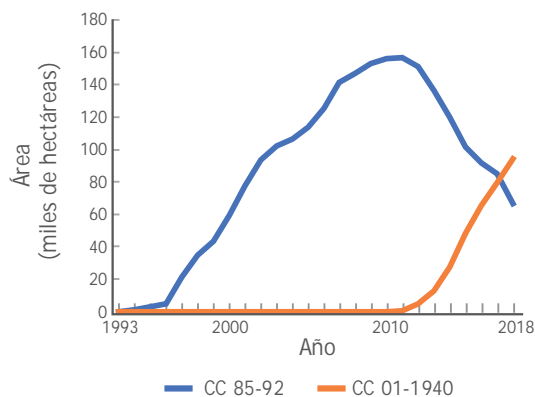
**Figura 11.** Toneladas de azúcar por hectárea mes (TAHM) por zona climática homóloga. 2017 – 2018.



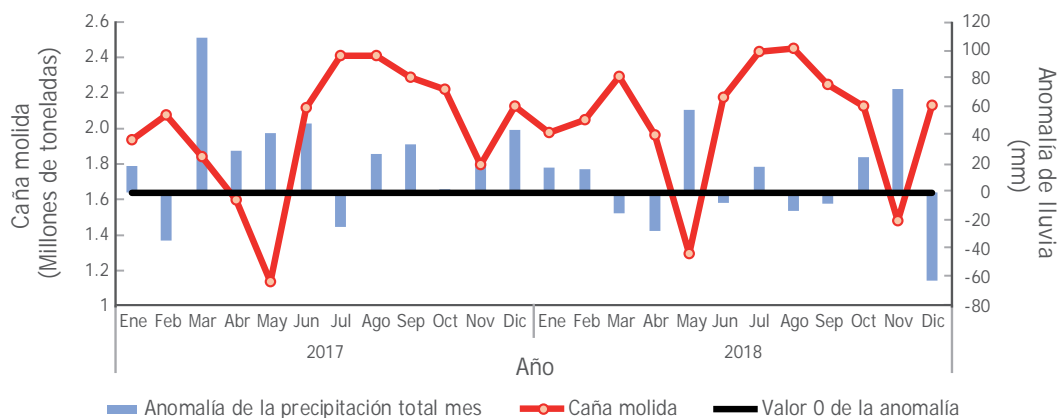
**Cuadro 3.** Participación de las variedades de caña en el área cosechada. 2017–2018.

Variedad	Participación en el área cosechada (%)	
	2017	2018
CC 85-92	39	35
CC 01-1940	29	35
CC 93-4418	14	12
SP 71-6949	2	2
CC 84-75	2	2
Otras	14	14

**Figura 12.** Área sembrada con las variedades CC 85-92 y CC 01-1940, a diciembre de 2018.



**Figura 13.** Caña molida y anomalías de lluvia. 2017-2018 (página 25).



**Cuadro 4.** Participación de las variedades de caña en el área sembrada\*. 2017–2018.

Variedades	Área (ha)	Distribución (%)	Acumulado (%)
CC 01-1940	95,265	40.3	40.3
CC 85-92	68,146	28.8	69.1
CC 93-4418	23,892	10.1	79.2
SP 71-6949	3672	1.6	80.8
CC 84-75	3143	1.3	82.1
CC 97-7170	2515	1.1	83.2
CC 01-1228	2497	1.1	84.2
CC 01-746	2294	1.0	85.2
CC 00-3257	2167	0.9	86.1
CC 01-678	1706	0.7	86.8
CC 98-72	1619	0.7	87.5
RB 73-2223	1614	0.7	88.2
CC 93-4181	1213	0.5	88.7
CC 92-2198	1110	0.5	89.2
V 71-51	1062	0.4	89.6
CC 11-600	995	0.4	90.0
PR 61-632	962	0.4	90.4
CC 05-430	715	0.3	90.7
CC 93-3826	698	0.3	91.0
CC 91-1606	592	0.3	91.3
CC 11-595	539	0.2	91.5
CC 93-3895	343	0.1	91.7
CC 00-3771	313	0.1	91.8
CC 03-469	251	0.1	91.9
CC 10-450	195	0.1	92.0
CC 03-154	181	0.1	92.1
CC 11-605	173	0.1	92.1
CC 87-434	161	0.1	92.2
MZC 74-275	148	0.1	92.3
CC 04-195	146	0.1	92.3
CC 09-874	145	0.1	92.4
CC 09-702	142	0.1	92.4
CC 99-2282	106	0.0	92.5
SP 71-7949	34	0.0	92.5
CC 02-3257	3	0.0	92.5
CC 93-744	2	0.0	92.5
CC 09-535	1	0.0	92.5
Renovación	6907	2.9	95.4
Otras y en desarrollo	1564	0.7	96.1
Varias	7546	3.2	99.3
Pancoger	1690	0.7	100.0
Total	236,465		

\* Datos de 12 ingenios mencionados en la página 21. Se incluye el Ingenio Occidente, trapiche Lucerna y La Palestina. Dos de los ingenios reportaron sólo área cosechada.

## Observaciones en fábrica

Con respecto al 2017 la caña molida se incrementó en 665,731 toneladas como resultado del incremento en el área cosechada (**Figura 13**). La producción de azúcar aumentó en 191,908 toneladas (incluida el azúcar crudo equivalente y mieles destinados a la producción de etanol), comportamiento asociado al incremento en el rendimiento real de 10.75% a 11.23%; es decir, cambió la tendencia de bajos rendimientos observada desde abril de 2016.

En cuanto a la producción de etanol también se incrementó en 12% (43.2 millones de litros) con respecto al 2017, producto del aumento en la mezcla con la gasolina del 8% al 10% en volumen. (**Cuadro 2**). La generación de energía eléctrica se incrementó en 8% y su venta en un 16%, frente al 2017 (**Cuadro 2**). Del total de energía generada, 41.5% se entregó al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

El análisis por trimestres mostró que en el tercer trimestre se presentó la mayor molienda de caña (7.1 millones de toneladas), lo que está relacionado con la disponibilidad de caña y la baja precipitación. Este comportamiento también contribuyó a las altas tasa de molienda por día y a tener una mejor calidad de caña y, en consecuencia, a incrementar la recuperación de sacarosa en la fábrica.

La sacarosa (% caña) entrando a fábrica se incrementó en 0.45 unidades con respecto a 2017, quedando en 12.77%. La fibra industrial (% caña), que incluye los sólidos insolubles presentes en jugo diluido, pasó de 15.03% a 15.38%.

La eficiencia de recuperación de sacarosa en la fábrica pasó de 86.96% a 87.59%, siendo el mejor valor desde 2014 y se asocia a una reducción en las pérdidas de sacarosa en miel final, indeterminadas y cachaza. Por otra parte, las pérdidas en bagazo se incrementaron, lo cual está relacionado, principalmente, al incremento en bagazo (% caña) en 1%.

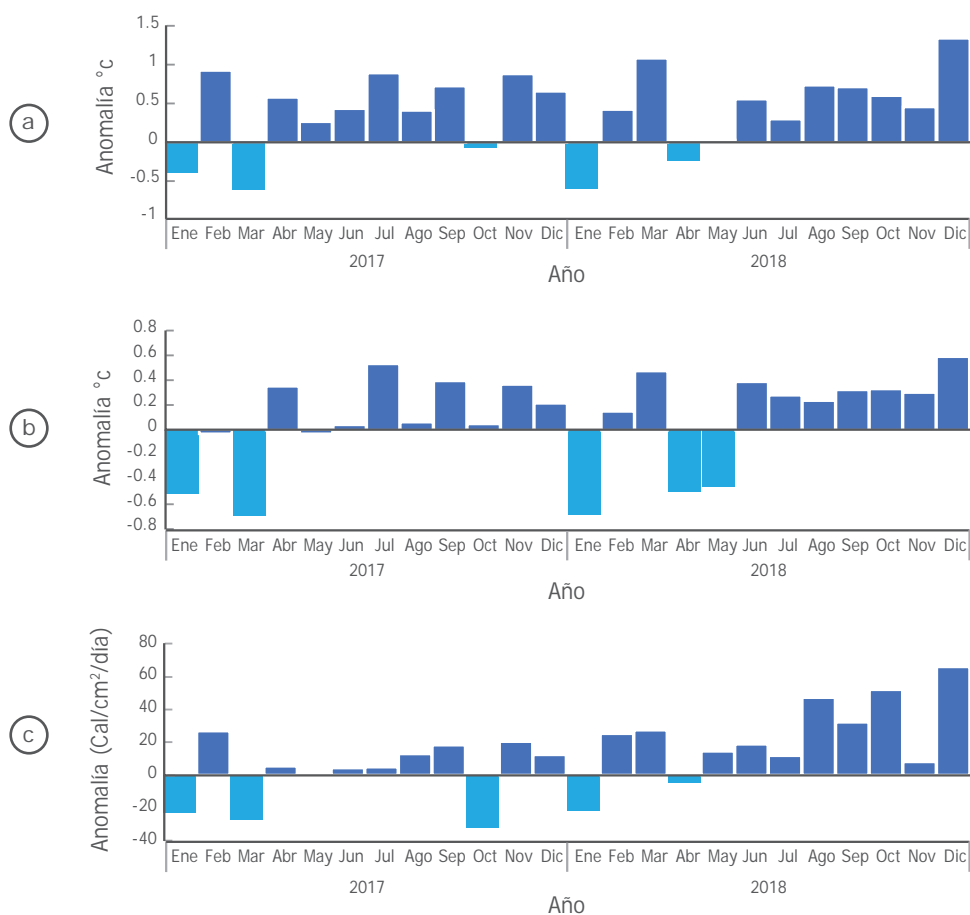
### Clima

A pesar de que los eventos climáticos extremos de los últimos dos años no se han podido explicar en El Niño Oscilación del Sur (ENOS), es indudable que éste, asociado con otros moduladores climáticos, afecta el clima de las temporadas menos lluviosas.

Por ejemplo, el incremento de la temperatura superficial del mar a finales de 2018

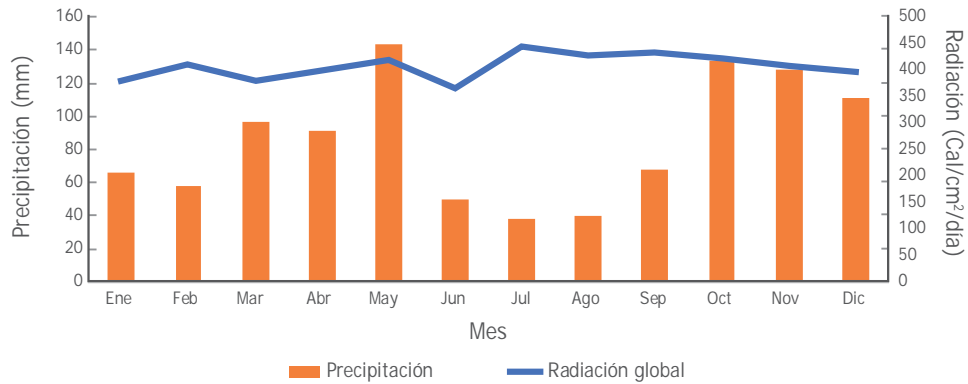
representó aumentos de las temperaturas máxima media y media y radiación global en diciembre (Figura 14). En ese sentido y teniendo en cuenta los históricos de ENOS, las proyecciones climáticas realizadas a escala mundial y el efecto de otros moduladores del clima (Oscilación Decadal del Pacífico y Oscilación del Atlántico Norte), se generaron dos escenarios posibles para el 2019.

**Figura 14.** Comportamiento mensual de las temperaturas máxima media (a) y media (b) y radiación global (c) durante los dos últimos años en el valle del río Cauca. 2017–2018.



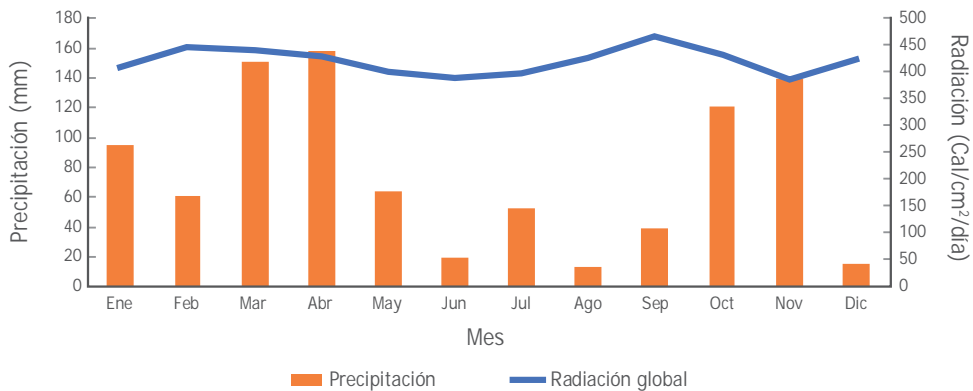
- **Escenario 1:** formación de un fenómeno El Niño corto y débil (octubre 2018 – marzo 2019) que sólo afectaría los meses de diciembre de 2018 y enero de 2019 y la formación de un fenómeno La Niña a finales de 2019. Este escenario representaría una radiación global cercana a las 400 calorías por  $\text{cm}^2$  por día, una precipitación media anual de alrededor de 1000 mm (-20% anomalía) y alrededor de 180 días de lluvia, a la vez que la temperatura media del aire estaría por debajo de los  $23.5^\circ\text{C}$ . El déficit hídrico se mantiene durante todo el año (**Figura 15 y Anexo I, página 82**).

**Figura 15.** Proyección de clima para 2019 en escenario 1.



- **Escenario 2:** la anomalía positiva de la Oscilación Decadal del Pacífico se mantendrá por un periodo más largo y por ende El Niño que estaba en proceso de formación desde finales de 2018 se extendería hasta finales de año. Esto significaría una radiación solar cercana a las 400 calorías por  $\text{cm}^2$  por día, una precipitación media anual de alrededor de 1000 mm (-30% anomalía) y alrededor de 130 días de lluvia (-30%), a la vez que la temperatura media del aire estaría por encima de los  $24^\circ\text{C}$  ( $+1^\circ\text{C}$  anomalía). El déficit de lluvias se presenta en el primer semestre (**Figura 16**).

**Figura 16.** Proyección de clima para 2019 en escenario 2.

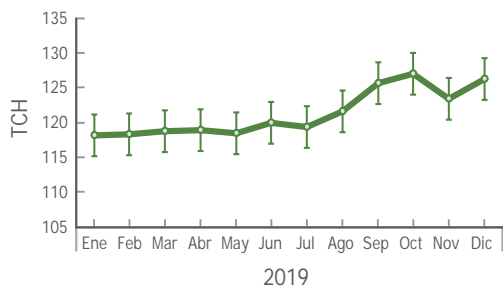


## Productividad

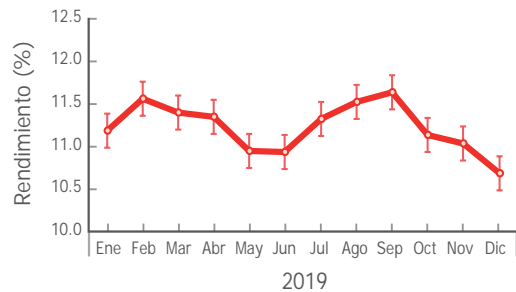
De acuerdo con esos dos escenarios climáticos y asumiendo que se dispone de riego oportuno, Cenicaña realizó las siguientes proyecciones de productividad:

**Productividad en escenario 1:** El TCH se incrementa a finales de 2019 con un promedio anual de 121. En cuanto al rendimiento comercial se presentarían dos picos, uno en cada semestre, con un consolidado anual de 11.2% (**Figuras 17 y 18**).

**Figura 17.** Proyección de TCH para 2019 en escenario 1.

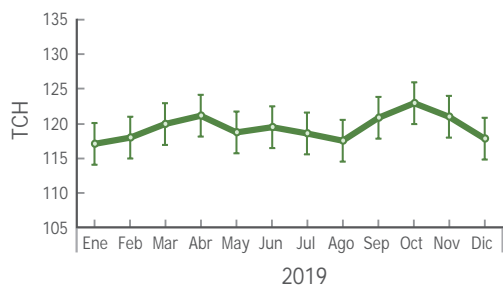


**Figura 18.** Proyección de rendimiento para 2019 en escenario 1.

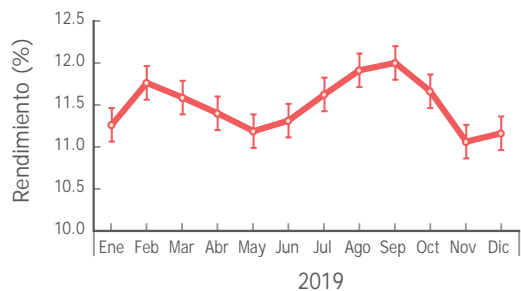


**Productividad en escenario 2:** El TCH bajaría en los últimos dos meses de 2019 con un promedio anual de 119. Respecto al rendimiento comercial también se presentarían dos picos, uno en cada semestre y un consolidado anual de 11.5% (**Figuras 19 y 20**).

**Figura 19.** Proyección de TCH para 2019 en escenario 2.



**Figura 20.** Proyección de rendimiento para 2019 en escenario 2.



## Modelos de pronóstico personalizados

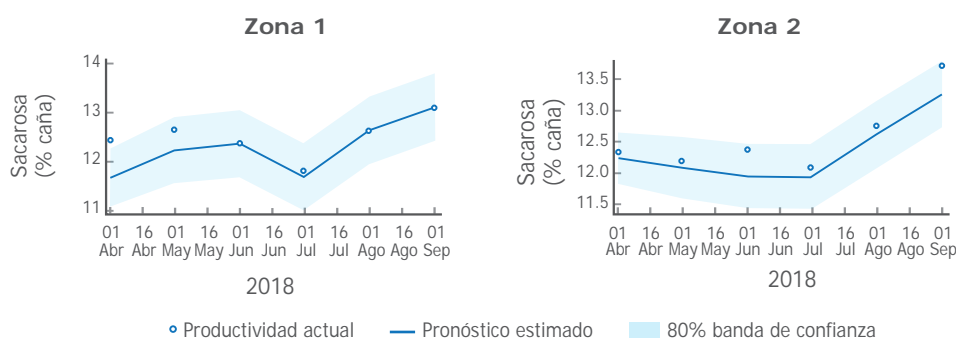
La necesidad de la agroindustria de conocer de antemano las posibles fluctuaciones de la productividad en el corto, mediano y largo plazo, llevaron a Cenicaña a desarrollar modelos de pronóstico de TCH y sacarosa (% caña) entrando a fábrica, que se han ido ajustando a las necesidades de cada ingenio dadas las ventajas que ofrece la metodología utilizada.

A la fecha se han realizado modelos de pronóstico para los ingenios Risaralda, Riopaila, Pichichí, Providencia, Manuelita, Mayagüez, Castilla, Incauca y La Cabaña. En cada uno de

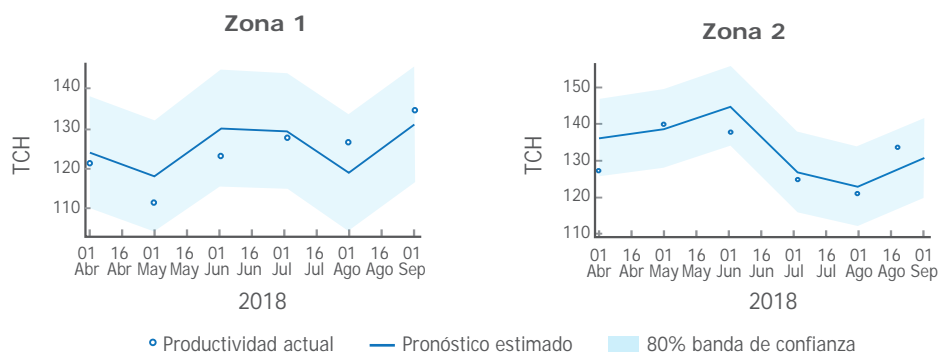
los casos los modelos se hacen de acuerdo a zonificaciones, clasificaciones climáticas, ambientes y/o manejos propios de cada ingenio.

En general los modelos se han ajustado a los requerimientos y su capacidad predictiva tiene robustez (no se afecta por cambios pequeños en los supuestos); sin embargo, es necesario tener en cuenta que se trata de posibles tendencias que dependen del clima y de las variables de manejo asumidas en la predicción. En las **Figuras 21 y 22** se muestran validaciones cruzadas de los modelos desarrollados.

**Figura 21.** Validación cruzada del modelo de pronóstico para sacarosa de dos zonas de un ingenio A y un ingenio B.



**Figura 22.** Validación cruzada para el TCH de dos zonas de un ingenio.



Validación cruzada es la comparación entre un valor real y un valor dado por un modelo construido sin ese valor.



# Variedades de caña de azúcar para una agroindustria más sostenible

## Obtención y selección de variedades

**Ambiente semiseco:** el objetivo es seleccionar variedades para zonas del valle del río Cauca con condición de humedad H0, H1 y H2, suelos francos bien drenados con precipitaciones entre 600 y 1200 mm/año y que supere al testigo en 5% para producción de caña de azúcar y en 5% en contenido de sacarosa.

En 2018 se evaluaron 13 variedades promisorias de las series 2004 a 2009 en una prueba regional que se realiza en siete ingenios representativos para el ambiente y de la que sólo se han cosechado la plantilla y la primera soca.

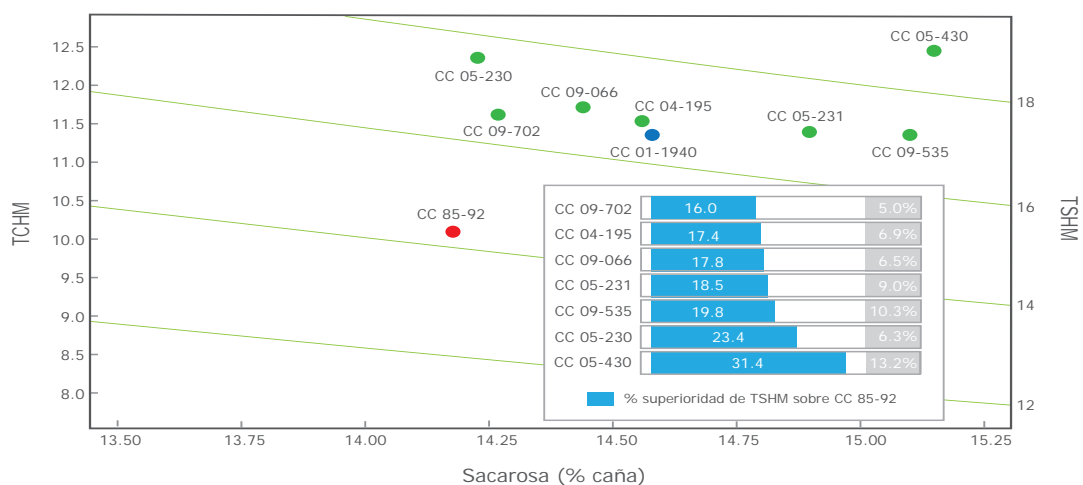
En los análisis realizados sobresalieron las variedades CC 05-516, CC 09-535, CC 05-

430 y CC 09-235 por producir entre 5% y 13% más sacarosa (% caña) que CC 85-92, y entre 3% y 10% más que CC 01-1940.

Por TCH se destacaron las variedades CC 05-430, CC 05-230, CC 09-066 y CC 09-702, que produjeron entre 15% y 24% más que CC 85-92 y entre 2% y 10% más que CC 01-1940.

Por toneladas de sacarosa por hectárea (TSH) se destacaron las variedades CC 05-430, CC 05-230, CC 09-535, CC 05-231, CC 09-066, CC 04-195 y CC 09-702, con 16% y 32% más que CC 85-92 y entre 1% y 14% más que CC 01-1940. Con excepción de CC 09-535, que tiende a ser de adaptación horizontal, todas las demás son sensibles a los cambios ambientales y se hace necesario sembrarlas bajo el concepto de Agricultura específica por sitio (AEPS) (**Figura 23**).

**Figura 23.** Curva de isoproductividad de la prueba regional con variedades de las series 2004 a 2009 para ambiente semiseco del valle del río Cauca. Datos de siete ingenios (plantilla y primera soca). 2015-2018.





**Ambiente húmedo:** se busca seleccionar variedades para zonas del valle del río Cauca con condición de humedad H3, H4 y H5, suelos arcillosos, gredosos y precipitaciones por encima de 1800 mm/año. La producción de caña de azúcar debe superar al testigo en 15% y en 5% en contenido de sacarosa (% caña).

En 2018 terminó la evaluación de la prueba regional con variedades de las series 2003, 2005 y 2006 en cuatro zonas agroecológicas (6H1, 3H3, 10H5 y 5H5) y con tres testigos comerciales (CC 01-1940, CC 85-92 y CC 93-4418).

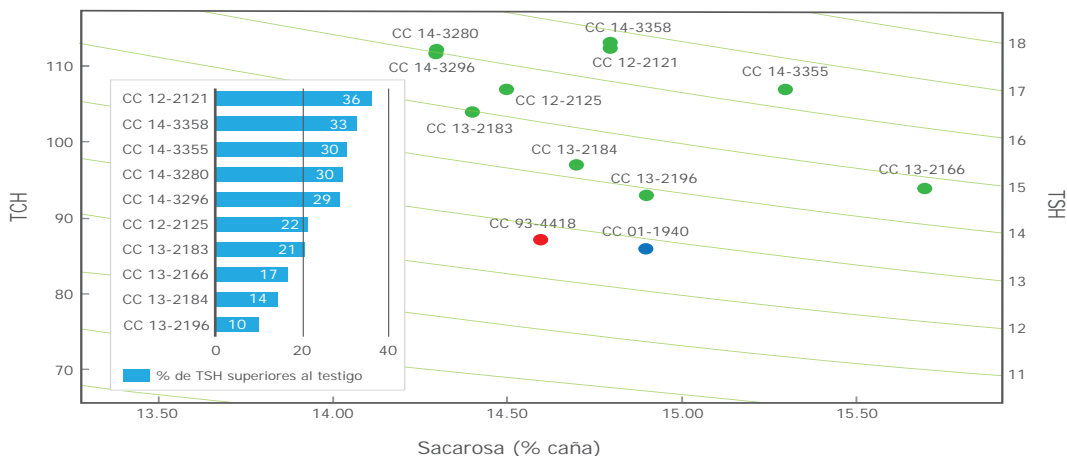
En la prueba instalada en la hacienda Cañaverlito (Incauca), la variedad CC 06-648 presentó una sacarosa de 18.2%, superior a CC 01-1940 (16.3%) y un TCH y TSH igual. En la hacienda Mallorca (Ingenio Sancarlos) la variedad CC 05-664 fue igual al testigo en las tres variables evaluadas (sacarosa: 14.2%, TCH: 174 y TSH: 24.7). En la hacienda Riopaila se destacó en acumulación de sacarosa (% caña) la variedad CC 06-648 con 16.3% (10% de ganancia relativa) frente al testigo CC 01-1940 y presentó resultados iguales en TSH (21.5). En la hacienda La Joya de Mayagüez, la variedad CC 06-648 tuvo cinco unidades porcentuales más de sacarosa (16.9%) que el testigo CC 01-1940 (16.2%),

mientras que para TCH, la variedad CC 05-664 obtuvo tres unidades porcentuales más (133 TCH). Las variedades que sobresalieron ingresarán a las pruebas de validación por etapas en los ingenios.

Por otro lado, del estado III, serie 2011, pasaron a pruebas regionales 13 variedades con diferentes niveles de superioridad en TSH frente al testigo CC 01-1940: CC 11-468 (3%), CC 11-470 (25%) y CC 11-497 (4%); CC 11-551 (30%), CC 11-576 (13%), CC 11-588 (2%), CC 11-595 (7%), CC 11-600 (24%), CC 11-605 (1%) y CC 11-606 (6%). De estas variedades ya se entregó semilla a los ingenios para instalar semilleros regionales.

También en el transcurso del año se cosechó el estado III de las series 2012, 2013 y 2014 y se observaron cinco variedades (CC 12-2121, CC 14-3358, CC 14-3355, CC 14-3280 y CC 14-3296) que superaron las 100 TCH, objetivo para la zona agroecológica 9H3 donde se estableció el experimento (hacienda Vegas, ingenio La Cabaña) (**Figura 24**). En estas condiciones CC 01-1940 alcanzó 86 TCH. De esta evaluación se destacan las variedades CC 14-3355 con 105 TCH y 15.35% sacarosa (% caña) y la variedad CC 14-3296 (con 110 TCH) que superó estadísticamente en TCH a CC 01-1940.

**Figura 24.** Curva de isoproductividad con variedades de las series 2012, 2013 y 2014 para ambiente húmedo del valle del río Cauca. Ingenio La Cabaña, hacienda Vegas, suerte 5, zona agroecológica 9H3. Edad de corte: 13.6 meses; mes de corte: mayo de 2018.



## Ampliación del banco de germoplasma

Con el propósito de contar con suficiente variabilidad genética para el desarrollo de nuevas variedades de caña, Cenicaña importa de forma permanente variedades de otras agroindustrias del mundo para usarlas como fuente de genes y progenitores en los cruza-mientos.

Durante el 2018 se introdujeron 12 va-rietades de Australia con genes asociados

a alta sacarosa y que deberán someterse a un estricto proceso antes de empezar a ser evaluadas. Con otro grupo de 26 variedades provenientes de Australia, Brasil y México se inició la evaluación agronómica en tres am-bientes de selección. Las mejores variedades de esta etapa se incluirán en los grupos éli-tes de progenitores. También para enriquecer el banco de germoplasma de la agroindustria se incluyeron 19 accesiones de Brasil, México, Australia y Sudáfrica con características como alta sacarosa y resistencia a enfermedades.

## Validación de variedades por etapas

En el marco de la estrategia por etapas que Cenicaña diseñó y puso en marcha en 2017 con el propósito de promover la adopción y multiplicación de las variedades Cenicaña Colombia, este año se completó el estableci-miento de 23 pruebas de validación y 54 hec-táreas de semilleros fundación.

Respecto a la adopción, entre octubre de 2017 y agosto de 2018 se realizó un censo en el que se evidenció un incremento del área con las variedades que se promueven para los tres ambientes.

Se resalta el aumento en las áreas sembradas de las variedades CC 05-430 (se-miseco), CC 11-595, CC 11-600 y CC 10-450 (ambiente húmedo) (**Cuadro 5**).

**Cuadro 5.** Censo de variedades de primera y segunda etapa que se encuentran en proceso de validación en los ingenios.

Variedad	Etapa I				Etapa II				
	Octubre 2017	Agosto 2018	Ganancia/pérdida (ha)	%	Variedad	Octubre 2017	agosto 2018	Ganancia/pérdida (ha)	%
CC 09-066	12.8	85.0	72.2	84.9	CC 01-385	64.4	68.8	4.4	6.5
CC 09-702	11.74	51.2	39.4	77.1	CC 04-667	80.8	68.8	-12.0	-17.4
CC 09-235	6.42	64.9	58.5	90.1	CC 04-195	11.3	69.9	58.5	83.8
CC 06-4	1.77	3.9	2.2	54.8	CC 00-3771	291.5	275.2	-16.3	-5.9
CC 05-231	3.5	3.5	0.0	0.0	CC 91-1606	559.5	606.5	47.0	7.8
CC 05-430	8.97	484.2	475.2	98.1	CC 06-489	19.6	56.3	36.8	65.2
CC 05-664	0.4	0.6	0.2	27.3	CC 09-874	69.9	130.2	60.3	46.3
CC 06-643	3.41	35.8	32.4	90.5	CC 11-595	158.2	403.8	245.6	60.8
CC 11-606	54.0	50.1	-3.8	-7.7	CC 11-600	205.4	552.1	346.8	62.8
CC 93-7711	14.8	4.8	-10.0	207.9	CC 10-450	36.2	185.8	149.6	80.5
					CC 11-605	32.5	42.9	10.4	24.2





Asistentes al Comité de Variedades realizados por Cenicaña el 11 de abril de 2018, en el que participaron ingenios y cultivadores.

## Impacto de CC 01-1940 en indicadores de productividad

En abril de 2018 la variedad CC 01-1940 estaba sembrada en el 34.8% del área, convirtiéndose en la variedad más sembrada en el valle del río Cauca, superando por primera vez a CC 85-92 (33.4%).

Este lugar, alcanzado en relativo corto tiempo, es resultado del efecto positivo de esta variedad sobre diferentes indicadores de productividad (TCHM y TAHM), a pesar de condiciones climáticas adversas, como lo ocurrido en 2016.

Con el fin de observar el desempeño de esta variedad en la agroindustria se realizó un análisis para asociar su incremento en área sembrada con las variables de productividad (TCHM y TAHM) y se halló una relación directa a partir de 2014.

A continuación se detallan las condiciones del análisis y los resultados obtenidos:

Se utilizó la teoría de la distribución normal bivariada para estimar por región de confian-

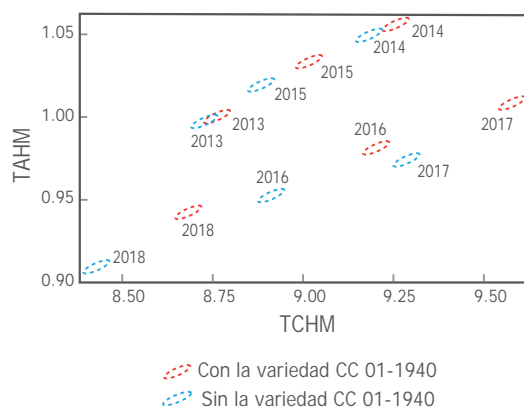
za (elipse) el vector de parámetros (promedio de las dos variables). Con este tipo de análisis, además de estimar las características de variación de las dos variables, se considera la posible asociación lineal que existe entre ellas porque se miden en la misma unidad productiva (suerte). Una elipse que muestra su eje mayor con pendiente positiva representa una asociación directa entre las dos variables; pero si su eje mayor muestra pendiente negativa se asocian inversamente.

En la **Figura 25** se observa inicialmente la asociación directa entre TCHM y TAHM dada la pendiente positiva que presenta el eje mayor de cada una de las elipses.

En el año 2013 las elipses de confianza se traslapan y no hay una evidencia clara de la superioridad del promedio de TCHM y TAHM en la agroindustria cuando se incluye CC 01-1940. Es importante mencionar que el área cosechada de la variedad ese año fue de 1.71%.

A partir del 2014 hay un desplazamiento de las elipses, lo que significa que las diferencias se hacen cada vez mayores debido a la

**Figura 25.** Elipses de confianza (95%) para la estimación del vector de parámetros de TCHM y TAHM en el sector con CC 01-1940 (elipse roja) y sin CC 01-1940 (elipse azul). Comportamiento de estas estimaciones (elipses) por año para el periodo 2013 - agosto de 2018.



mayor adopción de esta variedad y su área cosechada: 5.03% (2014), 12.61% (2015), 21.47% (2016), 28.90% (2017) y 32.94% (agosto 2018).

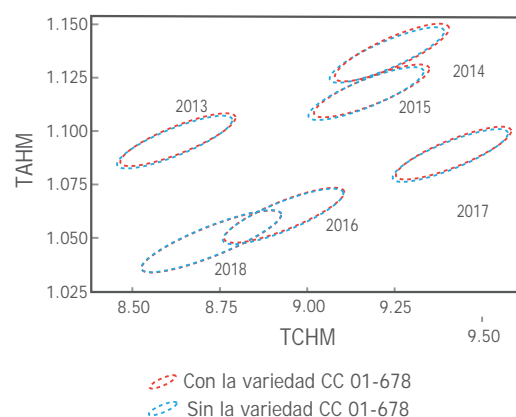
Independientemente de las diferentes condiciones que acompañaron cada uno de los años, como por ejemplo el clima, para este periodo de análisis siempre la agroindustria se favoreció con la adopción de la variedad.

El análisis también contempló el mismo ejercicio para un ingenio con la variedad CC 01-678. En la **Figura 26** se observa que para los diferentes años considerados (con excepción del año 2018 en donde las dos elipses se traslapan completamente) el ingenio registró un ligero incremento en los promedios de TCHM y TAHM, pero sin evidencia clara de la contribución significativa de esta variedad al incremento del promedio de los dos indicadores. Lo anterior se explica en el porcentaje de área cosechada en cada uno de los años del periodo 2013 - 2018 (0.27%, 0.28%, 0.47%, 0.61%, 0.48% y 0.67%, respectivamente).

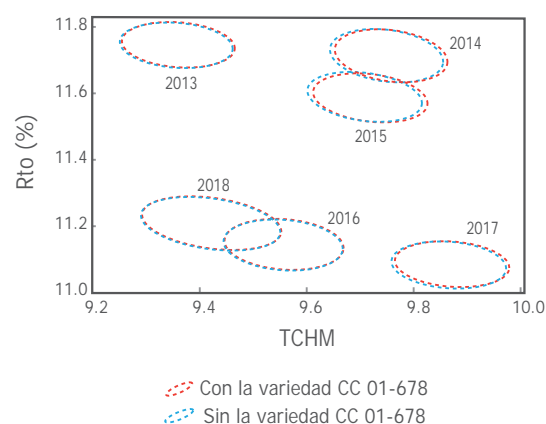
El análisis con los indicadores de rendimiento y TCHM con CC 01-678 mostró un ligero desplazamiento de la elipse, pero no significativo debido al poco peso que tiene la variedad en la estimación del vector

de productividad del ingenio por la poca área sembrada. Por lo tanto, la única manera de aprovechar el beneficio de ésta y otras variedades promisorias en el incremento significativo de los indicadores es sembrarlas en áreas mayores (**Figura 27**).

**Figura 26.** Elipses de confianza (95%) para la estimación del vector promedio de TCHM y TAHM para un ingenio con CC 01-678 (elipse roja) y sin CC 01-678 (elipse azul). Comportamiento de estas estimaciones (elipses) por año para el periodo 2013 - agosto de 2018.



**Figura 27.** Elipses de confianza (95%) para la estimación del vector promedio de Rto y TCHM para un ingenio del sector con CC 01-678 (elipse roja) y sin CC 01-678 (elipse azul). Comportamiento de estas estimaciones (elipses) por año para el periodo 2013 - agosto de 2018.



## Mercadeo de variedades

Con el objetivo de orientar a los ingenios y proveedores en el manejo de la variedad CC 01-1940 en el mes de mayo se realizaron seis foros con la asistencia de 650 cultivadores, en los que se hizo énfasis en requerimientos nutricionales, sanidad, maduración y comportamiento de la sacarosa. Se destacó la importancia de mantener una adecuada distribución varietal en la que ninguna de ellas supere el 25% del área total sembrada en caña de azúcar en el valle del río Cauca, para evitar riesgos sanitarios

Como respaldo al manejo técnico de la variedad se publicó y distribuyó la Serie Técnica de la variedad CC 01-1940.



**Serie Técnica:**  
Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940

**Folleto:**  
Variedad CC 01-678



Experiencias que vale la pena contar: CC 01-678

De otro lado, con base en el plan de renovación para 2018 se avanzó en las siguientes actividades:

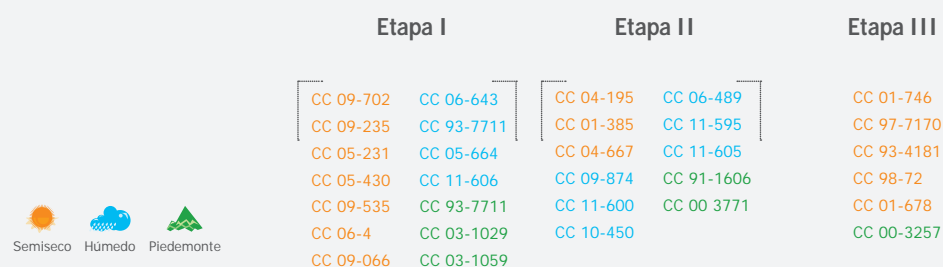
- Promoción de la variedad CC 01-678 como alternativa en ambiente semiseco. Para ello se elaboró material divulgativo que se distribuyó y emitió por diferentes canales: Carta Informativa y video testimonial para redes sociales.
- Se realizó un análisis de rentabilidad de las variedades en Etapa III (**Figura 28**), en comparación con los testigos comerciales CC 85-92 y CC 01-1940, del cual la variedad CC 01-678 fue la mejor alternativa tanto para el cultivador como para el ingenio debido a su buena producción de caña y su alto contenido de sacarosa.



Definitivamente recomiendo la variedad CC 01-678. Es muy buena, prolija en su desarrollo, macolla bien y sobre todo tiene un muy alto nivel de sacarosa. Si se le manejan bien los riegos y la nutrición es una variedad que no baja de 13% de rendimiento. En el corte pasado (tercero) tuve lotes con 13.2 - 13.3% frente a 12.1 - 12.2% de CC 85-92. Por supuesto, hay que sembrarla de acuerdo con la recomendación de Cenicaña para que demuestre su potencial".

Juan Carlos Osorio  
Proveedor del ingenio Manuelita  
Hacienda Santa Rita.

**Figura 28.** Variedades de las etapas I, II y III de la estrategia de adopción y multiplicación de Cenicaña. 2018.



- Se seleccionaron áreas demostrativas en suertes de nueve ingenios y de proveedores con las variedades de la Etapa III y algunas sobresalientes de la Etapa II, con el propósito de convocar a Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) focalizados y promover estas variedades dentro del plan de adopción (**Cuadro 6**).
- Se identificaron áreas a renovar y convocó a cinco GTT focalizados por ambiente con los cultivadores, en los que además de CC 01-678, se promovieron las variedades CC 97-7170 y CC 98-72 en ambiente semiseco. Participaron los ingenios Pichichí, Mayagüez y La Cabaña.
- Se convocaron seis GTT generales en los que se expusieron los resultados de las variedades de la Etapa III a proveedores de los ingenios Cauca, Mayagüez, Riopaila, Castilla y Providencia.
- Con el objetivo de evaluar la productividad de las variedades bajo condiciones de manejo comercial, se estableció en el CIAT (suerte 7, zona agroecológica 6H1) un área de demostración y validación participativa de las variedades para ambiente semiseco CC 01-678, CC 97-7170, CC 05-430 y CC 09-066 en comparación con las variedades comerciales CC 98-72 y CC 01-1940, utilizadas por el proveedor. Se estableció otra área de demostración con la variedad CC 09-874 para ambiente húmedo en la hacienda El Retiro, del ingenio Carmelita.

**Cuadro 6.** Área y número de haciendas de proveedores sembradas con las variedades de la etapa III y algunas sobresalientes de la etapa II, a octubre 31 de 2018, para utilizar como áreas demostrativas.

Ambiente semiseco			Ambiente húmedo		
Variedad	Área (ha)	No. haciendas	Variedad	Área (ha)	No. haciendas
CC 01-678	278.04	32	CC 11-600	82.14	11
CC 97-7170	233.32	24	CC 11-595	32.11	10
CC 98-72	224.14	28	CC 09-874	8.33	4
CC 05-430	128.71	29	CC 10-450	1	1
CC 01-746	102.31	12			
CC 09-066	7.0	2			
CC 09-535	4.6	3			
CC 04-195	1	1			



En 2018 se convocó a grupos de pequeños de cultivadores para realizar GTT focalizados en la promoción de las variedades CC 01-678, CC 97-7170 y CC 98-72.

## Avances en transformación genética y construcción del genoma

El protocolo de modificación genética de caña mediante *Agrobacterium tumefaciens* desarrollado por Cenicaña pasó de una eficiencia de 1.5% a 10.5%, utilizando como material vegetal la variedad CC 01-1940. Con este avance se podrá transformar caña de azúcar con genes de interés, pero se deben hacer los ajustes necesarios cuando se utilicen variedades con comportamiento genotípico diferente a CC 01-1940, como resistencia a estrés e insectos plaga.

Por otra parte, el Centro de Investigación ha entregado dos versiones del ensamblaje del genoma de caña de azúcar de la variedad CC 01-1940. Los porcentajes de mapeo obtenidos superan los de referencia como la variedad recientemente ensamblada R570 (Garsmeur et al., 2018), CNPEM (Riano et al., 2017) y el genoma de Sorgo (Paterson et al., 2009). Los resultados del último ensamblaje (PacBio V2 + Hi-C) indican que el nuevo genoma de referencia puede ser usado como herramienta para contestar preguntas relevantes del genoma de la caña de

azúcar. Adicionalmente, se logró incrementar los porcentajes de mapeo de los datos GBS (*Genotyping by Sequencing*) y RADseq (*Restriction-site associated DNA sequencing*), lo que permitirá aumentar la cantidad de marcadores moleculares SNP (*Single Nucleotide Polymorphisms*) que contribuyan a predecir características de interés agronómico. Así mismo, se confirma que la metodología usada es confiable para ensamblar genomas poliploides como el de la caña de azúcar.

## Aplicaciones de la selección asistida por marcadores

La selección asistida por marcadores (SAM) es una herramienta que combina el mejoramiento tradicional y la biología molecular, y permite seleccionar individuos con base en marcadores moleculares asociados a genes que controlan rasgos de interés. De esta manera aumenta la posibilidad de identificar organismos con características deseables e indeseables en una etapa más temprana de desarrollo.

A través del proyecto SAM Cenicaña está caracterizando a nivel genotípico y fenotípico una población de 220 individuos con lo

cual se busca encontrar regiones de ADN que funcionen como predictores de las variables agronómicas más relevantes. Por ejemplo, en el ambiente semiseco en el 2018 se midieron diferentes variables agronómicas y suroquímicas (altura, población, diámetro, TCH, fibra, sacarosa, y ARE, entre otras). Los análisis estadísticos mostraron una gran variabilidad genética y diferencias estadísticamente significativas para cada una de ellas, incluso se logró separar diferentes grupos de acumulación de sacarosa.

Actualmente se encuentra en evaluación la soca del ambiente húmedo y más adelante se establecerá el mismo proceso de fenotipificación en piedemonte.

Por otro lado en el segundo semestre de 2018 se completaron los estudios para establecer asociaciones entre el genotipo y el fenotipo y se analizaron los 19,968 marcadores provenientes de la población de 220 individuos y las variables fenotípicas medidas en diferentes localidades: ingenio Castilla (plantilla), ingenio Mayagüez, hacienda Balsora (plantilla y soca) e invernadero (caracterización para resistencia al salivazo).

Inicialmente los esfuerzos se concentraron en entender mejor la variable de sacarosa, para la que se hallaron marcadores comunes en las diferentes localidades y que serán evaluados en posteriores poblaciones. Igualmente, se entregaron dosis alélicas de tres marcadores para sacarosa, uno para azúcares totales recuperables (ATR) y dos para salivazo que se utilizarán en cruzamientos para realizar la primera validación en campo.

### Índices de eficiencia en el uso de recursos para tres variedades

En el marco del mismo proyecto SAM, a través de estudios en fisiología y ecofisiología se obtuvieron los índices de eficiencia en el uso del carbono (EUC), de radiación (EUR) y de agua (EUA) para las variedades CC 01-1940, CC-93-4418 y CC 85-92 y su relación con la acumulación de materia seca, sacarosa (g/tallo) y TCH.

El índice EUC fue superior en la variedad CC 01-1940, seguida por las variedades CC 93-4418 y CC 85-92, lo que significa que la primera variedad puede ser más eficiente en la utilización de CO<sub>2</sub> fotosintético y respiratorio para crecer, acumular biomasa y fabricar TCH. En cuanto a la EUR, las variedades CC 01-1940 y CC 93-4418 tuvieron una mayor ventana de utilización de la radiación global, lo cual conduce a una mayor acumulación de biomasa, TCH y sacarosa (g/tallo). Por su parte, el índice EUA mostró una mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico por parte de CC 01-1940, seguida por CC 85-92 y CC 93-4418.

Estos resultados permiten concluir que por características de eficiencia en el uso de los recursos fundamentales para el crecimiento y desarrollo del cultivo es posible la identificación temprana de materiales promisorios para el desarrollo y selección de nuevas variedades de caña de azúcar.



La variedad CC 01 -1940 alcanzó un 35% de participación en el área cosechada en 2018.



Este tipo de estudios se extenderán a las demás variedades que hacen parte del proyecto SAM.

### Fenotipificación de la roya café

Dentro de este proyecto también se cuantificaron los niveles de resistencia a roya café (*Puccinia melanocephala*) de diferentes variedades, de acuerdo a la severidad, grado de reacción y otras variables cuantitativas.

Los resultados mostraron un patrón de distribución normal en variables asociadas a resistencia y se identificaron y validaron materiales resistentes como CC 01-1940.

### Evaluación a insecticidas para control de *Diatraea*

Cenicaña realizó pruebas a nivel de campo a formulaciones comerciales de la bacteria *Bacillus thuringiensis* con el fin de validar su potencial para regular las poblaciones de los barrenadores del tallo *Diatraea* spp. Estas formulaciones han sido usadas previamente en la agroindustria para controlar brotes del gusano cabrito *Caligo illioneus* y del gusano medidor *Mocis latipes*.

Los tratamientos utilizados fueron: 1) Testigo sin aplicación, 2) Aplicación de 1kg/ha de *B. thuringiensis* a los 3 meses, 3) Aplicación de 2 kg/ha de *B. thuringiensis* a los 3 meses; y 4) Aplicación de 1 kg/ha de *B. thuringiensis* a los 2 meses y otra aplicación de 1kg/ha a los 4 meses.

Las pruebas realizadas en suertes de CC 85-92 con altos niveles de daño en la cosecha anterior (entre 5,3% y 7,6% de entrenudos barrenados) mostraron niveles por debajo del 4% en todos los campos entre los 6 y los 12 meses de edad; sin embargo, la dosis fraccio-

nada (tratamiento 4) mostró un menor daño que los campos testigo.

A pesar de que el fraccionamiento (tratamiento 4) resultó la mejor opción, es a su vez la de mayor costo por lo que su implementación en campo se justifica en campos con niveles de daño por encima del 7%. Además, se estudian aplicaciones sectorizadas en los bordes del cultivo, donde ocurre inicialmente la colonización de la plaga, para reducir la cantidad de insumo, sin afectar su eficacia.

### Estudios de distribución de parasitoides

Con el apoyo del ICA se realizó un reconocimiento de los parasitoides de larvas de *Diatraea* spp. en cultivos de caña de azúcar en quince departamentos (Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Santander, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Caldas, Sucre, Meta, Caquetá, Huila, Tolima, Nariño y Valle del Cauca).

La mayoría de los enemigos naturales encontrados correspondieron a la familia *Tachinidae*, seguida por avispa de la familia *Braconidae*. Las identificaciones de los taquínidos se realizaron en colaboración con el Laboratorio de Sistemática y Biogeografía de Insectos de la Universidad de São Paulo (Brasil).

Se confirmó la presencia de las tres especies de los parasitoides taquínidos *Lydella minense*, *Billaea claripalpis* y *Genea jaynesi*, que no habían sido objeto de algún estudio detallado de identificación y de distribución en el país. Entre ellas, *G. jaynesi* presentó la mayor distribución al estar en nueve departamentos (Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, Santander, Nariño y Valle del Cauca); seguida por *B.*

El control biológico por conservación considera la preservación de la biodiversidad, específicamente de los enemigos naturales de algunas plagas, mediante el estímulo de su establecimiento y proliferación en los campos cultivados. Para ello se requiere del suplemento de recursos alimentarios como polen o néctar, provisión de presa u hospederos, provisión de sitios de oviposición o refugio, entre otros.

*claripalpis* que se encontró en ocho (Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Santander, Nariño y Valle del Cauca); y *L. minense* hallada en tres (Quindío, Risaralda y Valle del Cauca).

Aunque la multiplicación de *G. jaynesi* no es posible en laboratorio, se puede incrementar su actividad en campo mediante esfuerzos de control biológico por conservación.

Por su parte *C. flavipes* además de estar distribuida en Antioquia, Santander, Norte de Santander y Meta, ahora aparece en la zona occidental del país (Quindío, Risaralda y Valle del Cauca), producto del trabajo de Cenicaña. Además, se tiene la distribución de un parasitoide de la familia *Braconidae* (aún por identificar) que aparece en Caquetá, Huila, Valle del Cauca, Santander y Norte de Santander. En el caso del valle del río Cauca esta avispa ha sido observada en las franjas vegetales alimentándose del néctar de arvenses de hoja ancha, por lo que el enfoque de control biológico por conservación aplicaría en este caso, al igual que con *G. jaynesi*. Cabe señalar que en los muestreos realizados en Sucre, Caldas, Huila y Tolima no se encontraron enemigos naturales.

## Identificación taxonómica del barrenador gigante *Telchin licus*

En los trabajos que realiza el Centro de Investigación en la altillanura sobre el barrenador gigante *Telchin licus*, el primer paso debe ser la correcta identificación del insecto plaga y contribuir al entendimiento de su taxonomía a nivel de Colombia.

Existen muchos morfotipos de *T. licus* creando un complejo de especies crípticas y subespecies que requieren de estudios morfológicos para determinar la taxonomía del grupo. Hasta la fecha se referencian 12 subespecies de *T. licus*, tres de ellas registradas en Colombia (*T. licus magdalena*, *T. licus albomaculata* y *T. licus chocoensis*), siendo *Telchin licus magdalena*, la que ha sido re-

portada en localidades de Vaupés, Putumayo y Cundinamarca. Con el apoyo de investigadores del Centro McGuire para Lepidópteros y Biodiversidad de la Universidad Estatal de Fresno – California (EE.UU.) se confirmó que los individuos recolectados en el municipio de Puerto López corresponden a la subespecie *T. licus magdalena* (**Figura 29**). Este trabajo

**Figura 29.** Arriba: Adulto de *Telchin licus magdalena* ♀. Vista dorsal. Esta subespecie se caracteriza por la presencia de siete manchas marginales del ala posterior, más grandes y generalmente de color amarillo anaranjado. Abajo: larva de *T. licus* atacando tallo de caña de azúcar.



plantea la necesidad de contar con observaciones de especímenes no sólo recolectados en el Meta, sino con insectos provenientes de otras regiones del país y de Latinoamérica, con el objetivo de lograr una mayor precisión y complementarlo con trabajos de diagnóstico molecular que ayuden a la definición de las especies encontradas.

## Resultados de evaluaciones sanitarias

Cenicaña promueve un manejo preventivo de las enfermedades, para lo cual hace énfasis en la siembra de variedades resistentes. En ese sentido se evalúa en cada una de las etapas de selección los clones en proceso e identifica aquellos materiales que se consideran susceptibles para que sean eliminados. Durante el 2018, se evaluaron 151,032 plántulas o variedades, de las cuales el 55.7% fueron resistentes a las enfermedades evaluadas. En los ambientes semiseco, húmedo y piedemonte el 37.7%, 96.7% y 91.3%, respectivamente, fueron resistentes a roya café, roya naranja, mosaico y carbón,

De otro lado, se evaluó el efecto de la roya café (*Puccinia melanocephala*) en la producción de la variedad CC 85-92 a través de experimentos con ingredientes activos de fungicidas (Azoxistrobim + Tebuconazole y Pyraclostrobim + Epoxiconazole). Los resultados mostraron una reducción de la severidad de roya café en plantilla y diferencias significativas con respecto al testigo en TCH (181.9 TCH) y 14.8% de sacarosa, a favor del ingrediente activo Azoxistrobim + Tebuconazole.

Aunque por primera vez se encontró un efecto significativo en la producción de caña, especialmente porque se superó el 15% de severidad con un grado de reacción asociado con susceptibilidad, Cenicaña no recomienda la aplicación de estos ingredientes activos de fungicidas para el control de la roya café.

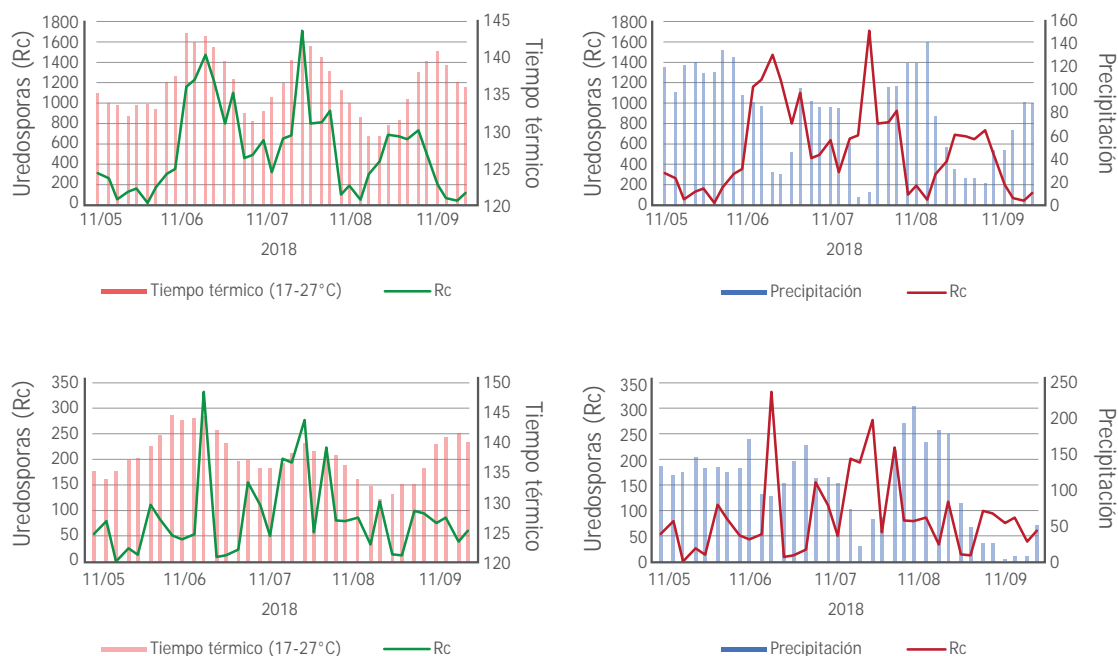
## Estudios epidemiológicos de royas café y naranja

Con el fin de contar con mapas de riesgo para las royas café (*P. melanocephala*) y naranja (*Puccinia kuehnii*) se avanza en el desarrollo de un modelo epidemiológico a partir de la determinación de las condiciones meteorológicas y agroecológicas del valle del río Cauca que favorecen el desarrollo de estas enfermedades.

Según los análisis, las principales variables meteorológicas que influyeron en la presencia de uredosporas para *P. melanocephala* fueron la temperatura mínima en el inicio (primera fecha en donde se observa un incremento consecutivo de las uredosporas en el ambiente) y la temperatura máxima en la limitación (máximo pico alcanzado dentro de un periodo determinado); para *P. kuehnii* fueron la temperatura mínima en la limitación y la temperatura máxima en el inicio. La precipitación fue la variable que más influyó en la presencia de uredosporas. De igual forma, a medida que se da un incremento del tiempo térmico (acumulación de unidades de calor en un periodo de tiempo específico) aumenta la cantidad de uredosporas de *P. melanocephala* (Figura 30).

Por otra parte, en agosto del 2018 en la hacienda El Recreo del ingenio Carmelita se encontraron cultivos de CC 01-1940 con roya naranja en severidad hasta 10% y grado de reacción 5. Con el fin de determinar la evolución de la enfermedad en esta variedad se inició un monitoreo en haciendas de diferentes ingenios. Hasta el momento la roya naranja se encuentra entre 1% - 10% de severidad con grado de reacción 5, por lo que se sigue considerando resistente a roya naranja.

**Figura 30.** Análisis de regresión de precipitación y tiempo térmico en relación a la presencia de uredosporas de roya café. Ingenios Carmelita y Risaralda. A septiembre de 2108.



## App para reconocimiento de enfermedades

Cenicaña desarrolló una aplicación que agiliza y facilita la toma de decisiones relacionadas con la sanidad del cultivo de la caña de azúcar.

El diagnóstico se realiza por medio de una serie de preguntas que ayudan a identificar las posibles enfermedades en función de la sintomatología. Al finalizar el proceso de identificación, se entrega información sobre la enfermedad, medios de propagación y manejo.

Actualmente se realizan pruebas para incorporar herramientas para el reconocimiento de enfermedades por medio de la captura de fotografías utilizando técnicas de inteligencia artificial. Por el momento, sólo se identifican cuatro enfermedades: mancha de anillo, mancha púrpura, muermo rojo o pudrición roja y roya café.

Esta aplicación hace parte de un proyecto con el que se busca construir un sistema de información integral para conocer la situación sanitaria (enfermedades, arvenses y plagas) de los campos de la agroindustria.

Para las funcionalidades de identificación y recomendaciones esta versión de software no requiere internet, sin embargo, éste es necesario para hacer reportes al Servicio de Diagnóstico de Enfermedades de Cenicaña y recibir retroalimentación.



## Mercadeo de tecnologías para la sanidad del cultivo

Como parte de las actividades de transferencia de tecnología realizadas por Cenicaña, en 2018 se convocaron a GTT con el fin sensibilizar y motivar la realización de evaluaciones para el manejo adecuado de las plagas y enfermedades. Un total de 559 proveedores acogieron la convocatoria.

Igualmente en el marco del Programa de Aprendizaje ofrecido por el Centro de Investigación se capacitaron 103 asistentes técnicos y jefes de zona en el manejo integrado del salivazo.

Como parte de las acciones de divulgación y promoción, en los medios de divulgación se produjeron y publicaron en la Carta Informativa y en las redes sociales piezas sobre la alerta emitida por la ICA al declarar cuatro especies de *Diatraea* como plaga de control oficial y sobre control biológico por conservación.

Control de *Diatraea*: compromiso de todos



Carta Informativa 1 de 2018:

**ICA declara a *Diatraea*, plaga de control oficial**



Carta Informativa 2 de 2018:

**AGRONICA  
Tecnologías que fortalecen el agro colombiana**



## Cooperación permanente con el sector panelero

En el 2018 Cenicaña continuó apoyando al sector panelero del país con la oferta de servicios especializados, la entrega de tecnologías producto de la investigación realizada alrededor del cultivo de la caña de azúcar y la capacitación a cultivadores de diferentes regiones del país.

En el marco de ese compromiso, profesionales del Centro de Investigación con Agrosavia participaron en julio en una jornada de selección de variedades con paneleros de los municipios de El Tambo, Ancuya y Sandoná, en el departamento de Nariño, y dirigieron capacitaciones en reconocimiento de nuevas variedades, enfermedades y plagas.

Posteriormente, en agosto, más de 170 cultivadores de caña para panela de Barbosa y San Gil, Santander, recibieron capacitación de Cenicaña sobre requerimientos nutricionales de la caña. La actividad se programó ante la presencia de roya naranja en los cultivos de la hoya del río Suárez.

En octubre se realizó en Cenicaña el II taller interinstitucional de investigación en caña

de azúcar para producir panela, que tenía como objetivo avanzar en la estructuración de un plan nacional de investigación en temas de sanidad del cultivo de caña de azúcar y cambio varietal.

La actividad estuvo coordinada por Cenicaña con el apoyo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Fedepanela, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Agrosavia (sedes Antioquia, Cauca, Nariño y Santander) y diferentes universidades del país.

En apoyo a Fedepanela y a la Gobernación de Antioquia también se realizó en la estación experimental de Cenicaña una jornada informativa para más de 40 cultivadores de caña para la producción de panela de ese departamento y se apoyó académicamente la realización de un seminario de actualización tecnológica, en el municipio de Frontino, Antioquia.

Para continuar apoyando al sector panelero en la búsqueda de alternativas varietales, se envió al Centro de Investigación en Mejoramiento de Panela (CIMPA) en Santander un grupo de variedades para ser multiplicadas y evaluadas.



Cenicaña acogió el II Taller interinstitucional de investigación en caña de azúcar para producir panela, que se realizó en octubre de 2018 con diferentes entidades de este sector productivo.



# Tecnologías para un manejo más sostenible del cultivo de caña

## Identificación de microorganismos como fuentes alternativas de nitrógeno

El nitrógeno (N) es un nutrimento fundamental para el crecimiento de las plantas y, por lo tanto, en el manejo agronómico del cultivo es importante la fertilización nitrogenada. Sin embargo, la aplicación excesiva de nitrógeno también conlleva riesgos ambientales al aumentar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) como el óxido nitroso y lixiviación de nitratos hacia los cuerpos de agua.

En los cultivos de caña de azúcar en Brasil se aplican bajas dosis de N (50 a 100 Kg/ha/año), y se ha demostrado una contribución significativa de N debido al proceso de fijación biológica de este elemento.

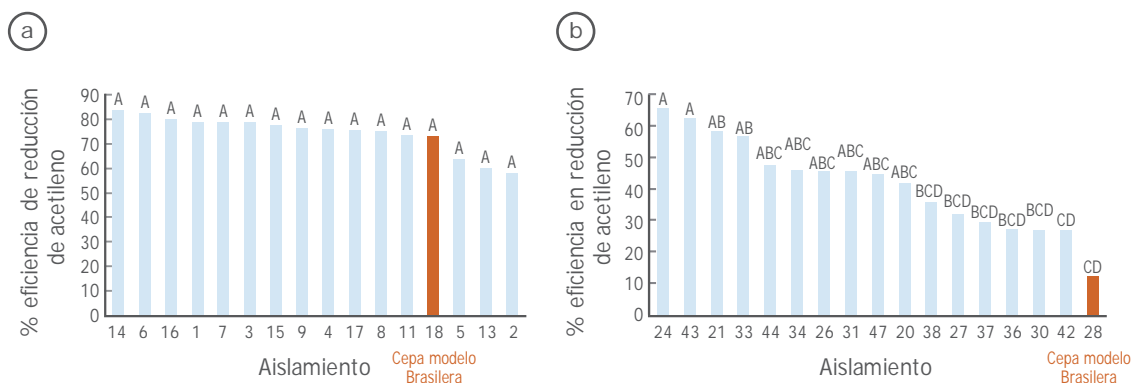
En Cenicaña continúan los estudios para identificar fuentes alternativas de N y en 2018

se avanzó en un muestreo para aislar bacterias fijadoras de N de tres géneros (*Azospirillum*, *Azotobacter* y *Gluconacetobacter*) asociadas a variedades comerciales de caña de azúcar.

En ensayos se obtuvo que doce aislamientos del género *Azospirillum spp* presentaron fijación superior al testigo a pesar de que las diferencias no fueron significativas; catorce aislamientos del género *Gluconacetobacter spp* mostraron potencial de fijación de nitrógeno significativamente superior al del control (**Figura 31**). Los valores obtenidos para los aislamientos de *Azotobacter spp* estuvieron por debajo del límite confianza de cuantificación.

También se cuantificó la producción de sustancias promotoras de crecimiento (compuestos indólicos) y se identificó al género *Azospirillum* como el mayor productor de éstos, seguido de *Azotobacter* y *Gluconacetobacter* (**Figura 32**).

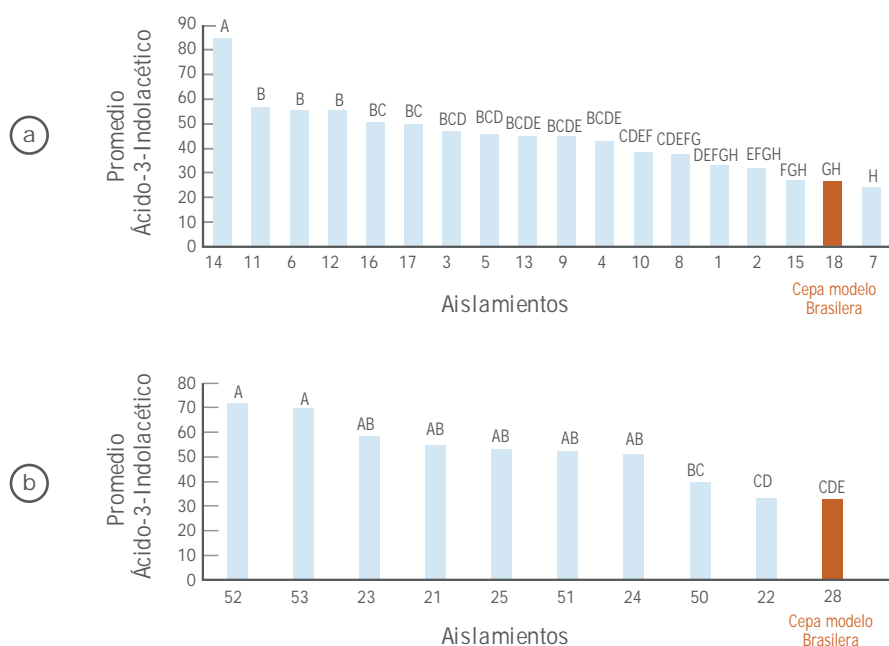
**Figura 31.** Fijación biológica de N de aislamientos de a. *Azospirillum spp.*, y b. *Gluconacetobacter spp.* Metodología *Acetylene Reduction Assay* (ARA). Prueba de Bonferroni ( $\alpha=0,05$ ). Testigos: *Azospirillum* brasilense NCBI 11860 y *Gluconacetobacter diazotrophicus* NCBI 12985. 2018.



Barras con diferente letra son significativamente diferentes al 5%.



**Figura 32.** Producción de compuestos indólicos de aislamientos de **a.** *Azospirillum spp.*, y **b.** *Gluconacetobacter spp.*



Barras con diferente letra son significativamente diferentes al 5%.

El próximo paso es evidenciar el efecto de la asociación bacteria-planta y confirmar el aporte de nitrógeno a través de la fijación y el incremento de crecimiento por efecto de los compuestos indólicos.

## Relación entre carbono lábil, nutrición y productividad

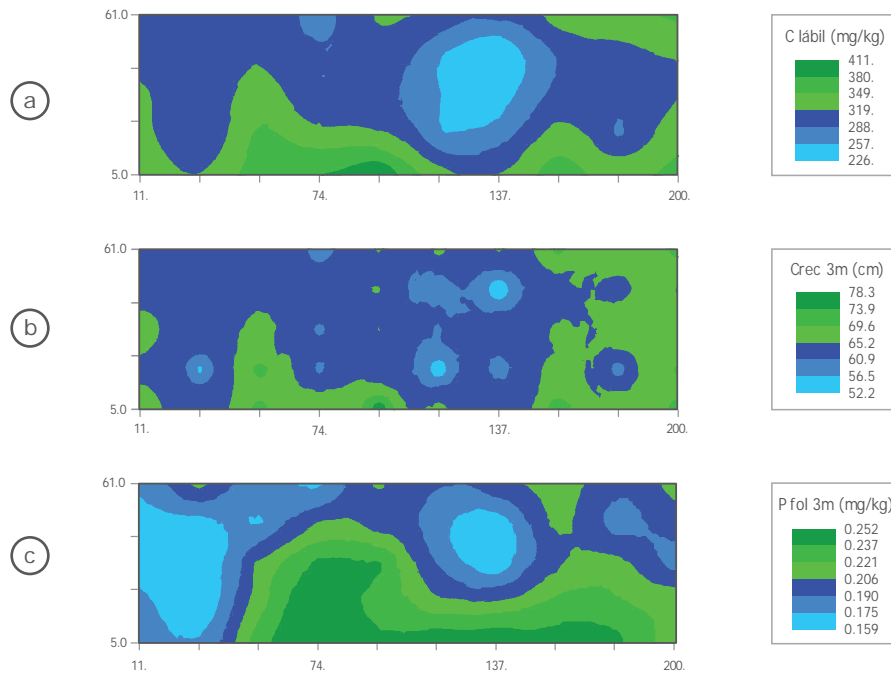
Investigaciones de Cenicaña han confirmado que el carbono (C) lábil está estrechamente relacionado con la disponibilidad de nutrientes desde la materia orgánica (MO). En un nuevo experimento en el que se midió el C lábil y se realizó un mapa de su distribución espacial se encontró coincidencias con el mapa de altura del cultivo a los tres meses de edad, es decir, donde había mayor C lábil el cultivo tenía más altura (**Figura 33**); el patrón de altura también coincidió con mayor concentración de fósforo (P) en el tejido foliar, lo que sugiere que el C lábil además

de N también está relacionado con otros nutrientes.

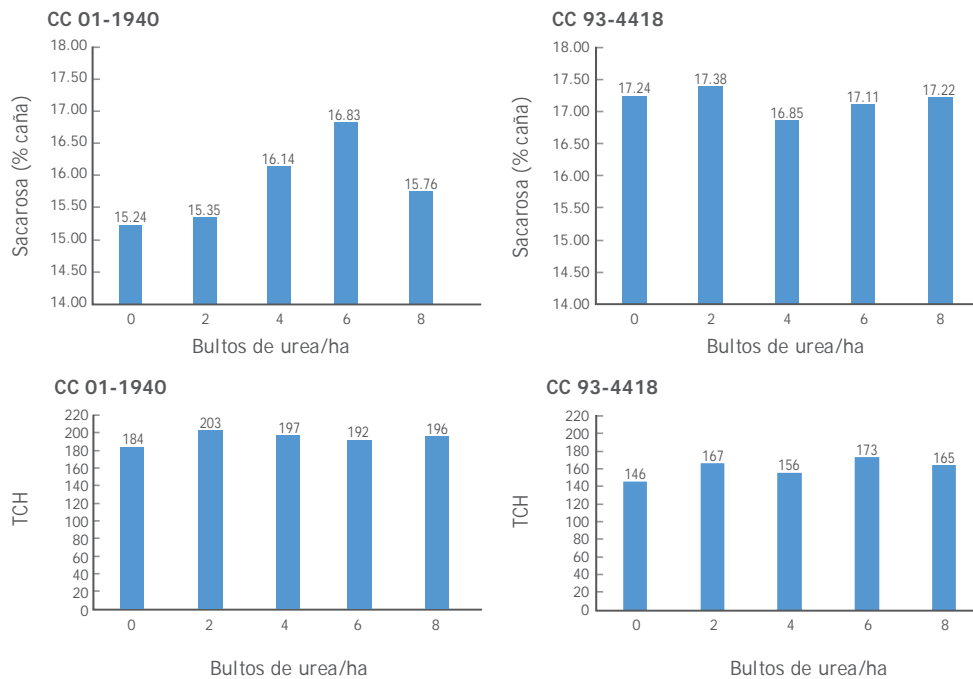
Análisis estadísticos a la información experimental mostraron que, a mayor altura del cultivo, menor contenido de sacarosa al momento de la cosecha, es decir que el cultivo usó la sacarosa para crecer más y que ese crecimiento estuvo relacionado, en este caso, a mayor disponibilidad de P desde el C lábil. En el mismo experimento no se observó efecto sobre el TCH al aumentar o disminuir la dosis de N en ninguna de las dos variedades, pero CC 01-1940 disminuyó su contenido de sacarosa cuando se utilizó una dosis mayor o menor de la requerida, mientras que la sacarosa en CC 93-4418 fue insensible a la dosis de N (**Figura 34**).

De estos resultados se destaca la respuesta diferencial de cada una de las variedades a la fertilización nitrogenada, lo que indica que no existen dosis genéricas para fertilizar todas las variedades.

**Figura 33.** Distribución espacial de C lábil (a), altura a los 3 meses (b) y P foliar (c). Variedades CC 01-1940 y CC 93-4418, ingenio Mayagüez, hacienda Guayabo negro, suerte 9, suelo Corintias (*Typic haplusterts*), zona agroecológica 6H1. 2018.



**Figura 34.** Efecto de la aplicación de N en las variedades CC 01-1940 y CC 93-4418. 2018 sobre contenido de sacarosa y TCH. Ingenio Mayagüez, hacienda Guayabo negro, suerte 9, suelo Corintias (*Typic haplusterts*), ZA 6H1. 2018.



## Impacto de acciones de conservación en las cuencas

A través de la Fundación Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad la agroindustria colombiana de la caña de azúcar implementa acciones para conservar y mejorar la calidad del agua en las cuencas de donde se abastece para el riego del cultivo, y así contribuir a la mitigación del impacto en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico.

Una de estas acciones es, precisamente, monitorear su efecto en las cuencas intervenidas y para esto desde el 2014 se mide en áreas piloto (cuencas intervenidas y no intervenidas por el Fondo) caudales, sedimentos, precipitación y otras variables meteorológicas.

Cinco años después del inicio de las mediciones se evidenció que las acciones de conservación y recuperación han favorecido la infiltración fomentando que el agua que se perdería por escurrimiento se desvíe hacia el flujo subterráneo y caudal base de la cuenca, lo que contribuye a menores picos de caudal. Asimismo, no se registró un aumento en la producción de agua anual, pero se estabilizó la oferta de agua evitando crecientes y eventos de erosión en las áreas intervenidas.

La cuenca sin intervención dejó de almacenar agua en un 58% comparada con el área con intervención en el año 2016 y en un 80% para el año 2017. Los impactos de las acciones de manejo de paisaje sobre la provisión de agua se manifestaron en el área de menor

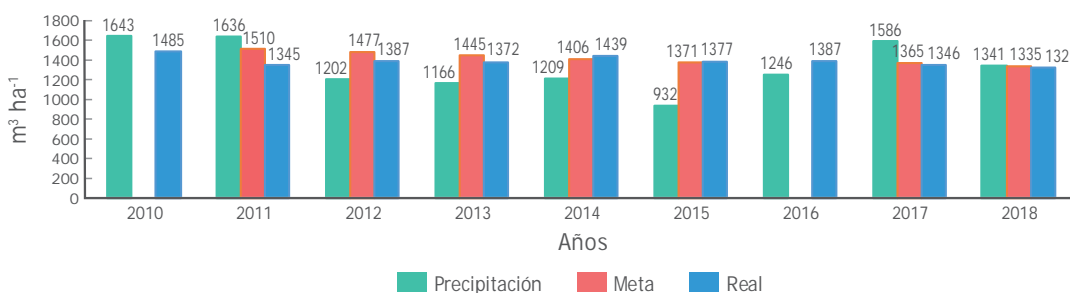
tamaño, dado que las de mayor orden están intervenidas sólo de manera parcial.

## Indicadores de consumo de agua

A continuación se presentan indicadores de consumo de agua de riego en fuente en tierras de manejo directo (MD).

- Precipitación acumulada anual 2018 (valle del río Cauca): 1342 mm.
- Consumo promedio ponderado por evento de riego por gravedad: 1321 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> (sin información del ingenio María Luisa de julio–diciembre). Disminuyó 11% respecto a la línea base y aumentó 1.86% en la reducción en relación al año 2017 (**Figura 35**) encontrándose por debajo de la meta establecida para 2018 (1335 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).
- Promedio número de riegos: 3.2, uno menos que el año anterior (2017) (sin información de los ingenios María Luisa, julio–diciembre; y La Cabaña, diciembre).
- Consumo promedio ponderado por ciclo de cultivo: 3560 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, 53% por debajo de la meta que se consideró para este año. (Sin información de los ingenios María Luisa, julio–diciembre; y La Cabaña, diciembre).
- Consumo promedio ponderado en m<sup>3</sup> T<sup>-1</sup>: 29, 50% por debajo a la meta fijada para el año 2018 (sin información de los ingenios María Luisa julio–diciembre; y La Cabaña, diciembre).

**Figura 35.** Metas y consumos reales de agua en fuente en tierras de manejo director (m<sup>3</sup>/ha/ evento riego gravedad). 2018.



## Simulador de lluvias para precisar más el balance hídrico

Cenicafña construyó un simulador de lluvias tipo aspersión con el propósito de determinar con mayor precisión algunas variables para mejorar el método del balance hídrico para la programación de los riegos en el cultivo de la caña.

Para evaluar los componentes del balance hídrico se simularon lluvias con intensidades entre  $20 \text{ mm h}^{-1}$  y  $150 \text{ mm h}^{-1}$ , con un coeficiente de uniformidad mayor al 70% en un

área efectiva de  $11 \text{ m}^2$  en un suelo desnudo recién preparado y surcado y en un cultivo de caña de cuatro meses de edad en dos niveles de humedad del suelo.

Los resultados mostraron que en un suelo sin cultivo la lluvia incidente es igual a la lluvia efectiva; mientras que en un suelo con un cultivo de cuatro meses solo llegaron al suelo 40 mm de una lluvia incidente de 60 mm. Asimismo, la infiltración se redujo cuando la lluvia simulada se aplicó en suelo con mayor contenido de humedad; bajo esta misma condición la escorrentía se incrementó (**Cuadro 7**).

**Cuadro 7.** Evaluación de algunos componentes del balance hídrico, mediante el uso de un simulador de lluvias.

Tipo de suelo	Tratamiento	Humedad del suelo (%)	Lluvia incidente (mm)	Lluvia efectiva (mm)	Infiltración (mm)	Escorrentía (mm)
Consociación Oriente ( <i>Pachic Haplustolls</i> )	Suelo desnudo - recién preparado	14.5	60	59	51	8
		24.4	60	59	38.5	20.6
Consociación Palmira ( <i>Pachic Haplustolls</i> )	CC 01-1940 - 4 meses	19.5	60	41	30	7.9
		28.3	60	40	7.9	29.6



Vista general del simulador de lluvias construido.

Un simulador de lluvias es un instrumento de investigación diseñado para aplicar agua de forma similar a los eventos de lluvias naturales. Son útiles para el estudio de procesos como lluvia efectiva, infiltración, escorrentía superficial, erosión y transporte de sedimentos, entre otros.

## Evaluaciones a sistemas de riego

Cuando un cultivo no obtiene de la lluvia lo que necesita de agua, un sistema de riego debe aplicar dichos requerimientos con uniformidad y eficiencia.

Para conocer el desempeño de estos dos parámetros en los sistemas de riego actualmente utilizados en la agroindustria colombiana de la caña de azúcar, Cenicaña avanza en evaluaciones técnicas y operacionales. Algunos de los resultados se presentan a continuación:

- **Riego por microaspersión por manguera perforada (MP):** bajo las condiciones actuales de fabricación y en riego en surco continuo y riego en surco alterno el sistema es muy variable en el caudal emitido por cada orificio y en la distribución del agua en el

área regada (**Cuadro 8 y Figura 36**). Para determinar las condiciones de operación y manejo del sistema se continuará comparando la distribución del agua, la distribución de humedad del suelo y el efecto de la edad de la caña en la distribución del agua.

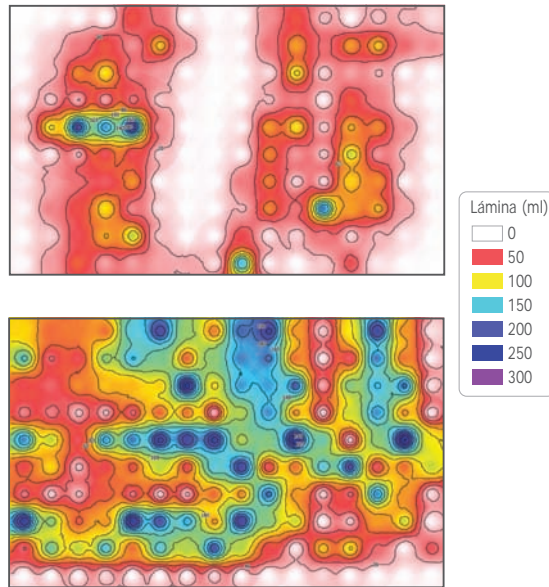
- **Riego por aspersión mecanizada:** en el sector se encuentran en operación sistemas de riego por aspersión mecanizada tipo cañón viajero (ACV) y sistemas por pivote central (APC).

Respecto a ACV se comenzó la evaluación para conocer la lámina aplicada y su uniformidad de distribución para determinar la distancia que debe existir entre los cañones y cómo el viento afecta esa uniformidad. Bajo las condiciones evaluadas, el Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) está entre 65% - 68% dependiendo de las condiciones de viento.

**Cuadro 8.** Valores de Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC) del sistema MP a diferentes presiones de entrada y para las condiciones de riego en surco continuo y riego en surco alterno 2018.

Presión (PSI)	Repetición	CUC (%)	CUC (%) surco alterno	CUC (%) surco continuo
8	1	26.62	44.43	44.83
	2	24.00	45.13	48.54
	3	19.18	35.44	42.79
7	1	1.82	29.1	33.83
	2	14.34	33.95	42.80
	3	30.25	49.98	51.74
6	1	3.44	29.25	33.44
	2	16.38	38.91	40.40
	3	13.96	37.36	42.02
5	1	3.28	24.73	32.19
	2	24.16	42.45	49.52
	3	-4.57	24.07	27.47
4	1	-44.12	-16.92	-4.74
	2	-21.95	2.23	12.41
	3	-13.74	12.57	17.91

**Figura 36.** Variación de la distribución del agua por micro aspersión por manguera perforada bajo presión de operación 5psi.



En este sistema se debe mejorar la uniformidad en las torres a partir de la mitad del equipo hacia el final, por ser el sector donde se riega la mayor cantidad de área.

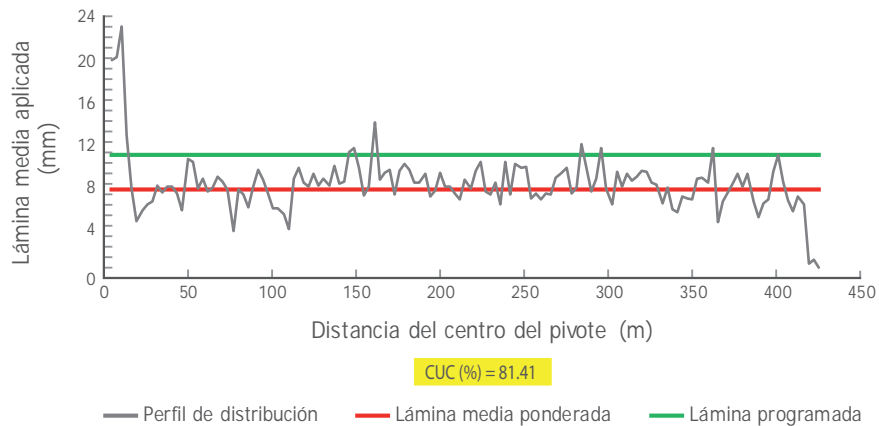
Las evaluaciones continuaran para entregar un manual de ajustes a la operación del sistema, determinar la distribución de la lámina de agua en el suelo y verificar como ésta afecta a la realmente presente en el perfil del suelo.



Actualmente Cenicaña avanza en evaluaciones hidráulicas del sistema por pivote central.

En el sistema APC se realizaron evaluaciones iniciales donde se determinó un CUC de aproximadamente 80%, lo que permite clasificarlo de aceptable a bueno en cuanto a uniformidad. El perfil de distribución de la lámina aplicada por el pivote se presenta en la **Figura 37**.

**Figura 37.** Perfil de distribución de la lámina aplicada por el sistema de aspersión por pivote central en evaluación realizada por Cenicaña. Ingenio Manuelita, en la hacienda Josepilla, suerte 18,19,21 y 22; zonas agroecológicas 15H1 y 6H1. 2018.



## Mercadeo de tecnologías para manejo de aguas

Con el apoyo de los ingenios el Centro de Investigación planteó estrategias para promover la adopción de tecnologías en manejo de aguas, entre las que se incluyó producir y divulgar material informativo y didáctico, instalar áreas demostrativas en Cenicaña y fincas de agricultores, capacitar a cultivadores y personal de ingenios y determinar el balance hidrológico dentro del Programa de Asistencia Técnica.

Estas actividades de transferencia tecnológica han contribuido a la adopción de tecnologías para la programación del riego como el balance hídrico, el cual se utiliza en 62,042 hectáreas (47% del área de proveeduría), y para el control administrativo del riego, que se realiza en 38,959 hectáreas (30% del área de proveeduría) (Figuras 38).

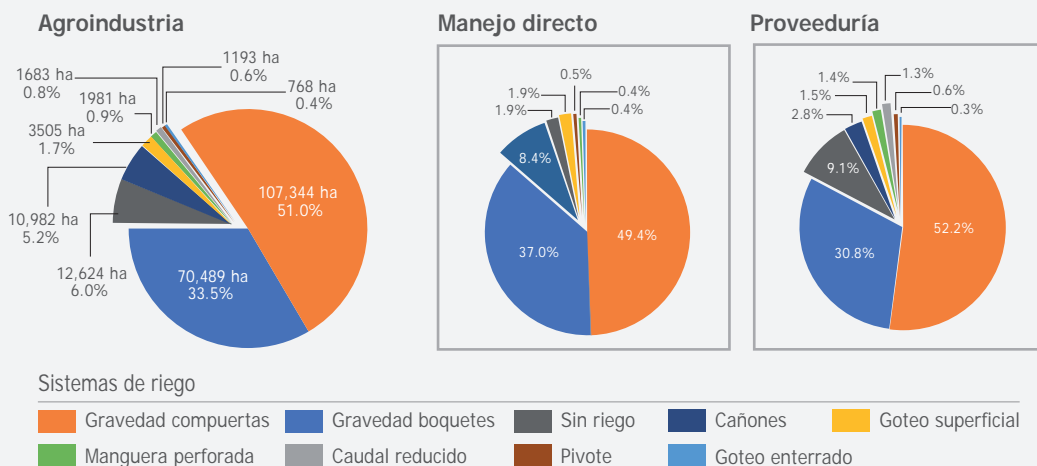
En cuanto a la adopción de tecnologías de riego se observó que el sector todavía riega por gravedad utilizando boquetes para entregar el agua a los surcos en un 42% del área (97,853 ha). En esta área potencialmen-

te se podrían utilizar sistemas de riego más eficientes como tubería de ventanas (hoy, en 96,866 hectáreas) o más sofisticados como riego por goteo, pivote central o desplazamiento lateral. Los GTT en manejo de aguas estuvieron enfocados en mejorar las eficiencias en el recurso hídrico y en este aspecto 50 proveedores de los ingenios Risaralda y Carmelita recibieron información en tecnologías de programación del riego y riego por goteo. También se realizaron GTT focalizados en drenajes, en el que 155 proveedores de Incauca reforzaron sus conocimientos sobre esta tecnología en ambientes húmedos, los diferentes tipos de drenes y los requerimientos para definir el sistema a utilizar.

En una reunión del ingenio Providencia con 350 cultivadores de caña se promovió el manejo sostenible del recurso hídrico para incentivar la adopción del balance hídrico y la medición del volumen del agua aplicado.

Otra estrategia fue la capacitación al grupo de facilitadores y usuarios finales del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT). En el uso de sensores para el control del riego se capacitaron 59 asistentes técnicos y en riego por goteo, a 30 técnicos de riego de los ingenios.

**Figura 38.** Adopción de los diferentes sistemas de riego en sector agroindustrial de la caña de azúcar (234,215 ha, área reportada al momento del análisis).





En el programa de capacitación ofrecido por Cenicaña se incluyeron charlas sobre el uso de sensores en la programación de los riegos.



## Evaluación a implementos de roturación

Es de uso común que después de la cosecha se pasen sobre el campo equipos de roturación profunda para mitigar su impacto sobre el suelo. Para validar el efecto de esta labor agronómica en el cultivo y en la productividad, Cenicaña evaluó diferentes implementos: Cenitándem, escarificador triple y equipo de labores integradas (escarificador, fertilización y conformación de entresurco en un solo implemento).

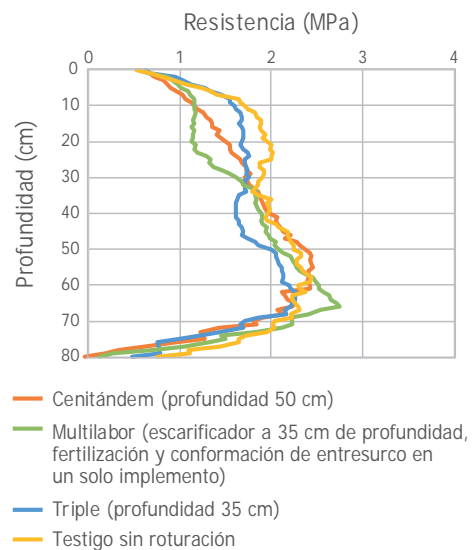
La evaluación para las condiciones del suelo *Pachic Haplustolls*, familia textural francosa fina no mostró diferencias en las toneladas de caña por hectárea por efecto de los implementos roturadores, ni tampoco sobre las variables de desarrollo del cultivo (población, altura y diámetro de tallos) a los 4 y a los 11 meses de edad.

Aunque la resistencia del suelo fue en general mayor para las zonas sin roturación, no sobrepasó los 2.5 megapascales (MPa) para ninguno de los implementos evaluados (Figura 39).

Estos resultados fueron consistentes para suelos de textura francosa fina, razón por la cual se ha recomendado que en predios con

estas características de suelo y cuando no existe alta humedad al momento de la cosecha, se realice roturación profunda cada tres ciclos de corte. La disminución de estas labores repercutirá en la reducción de costos por menor uso de la maquinaria y en menores emisiones de CO<sub>2</sub> por el bajo consumo de combustible.

**Figura 39.** Comportamiento de la resistencia mecánica del suelo bajo tres implementos de roturación. Suelo *Pachic Haplustolls*, familia textural francosa fina. 2018.





## Determinación de la humedad crítica para evitar la compactación

Para tener un indicador del contenido de humedad en el cual se genera mayor compactación y de la condición en las propiedades del suelo (infiltración, densidad aparente y resistencia mecánica) que más impacta el movimiento del agua y las labores mecanizadas en 2018 se caracterizaron consociaciones de suelo representativas del área sembrada con caña de azúcar mediante la prueba Proctor.

La prueba Proctor (relación de humedad volumétrica y la densidad del suelo) está formalmente descrita en la norma ASTM D698 y es utilizada en la construcción de obras civiles para encontrar la humedad con la cual se determina la densidad máxima de un suelo para una energía de compactación definida.

Para las consociaciones *Pachic Haplustolls* (17.734 ha en el valle del río Cauca) y *Typic Haplusters* (32.172 ha) se determinó que las humedades en las que se alcanza la máxima densidad son 16% y 21%, respectivamente.

Conocer estos valores de humedad junto con otros criterios en los que se apoya la programación de las cosechas y decisiones de ingreso al campo permitirá disminuir los efectos de compactación del suelo.

## Validación de tecnología de resiembra mediante drones

Tres ingenios de la agroindustria con el apoyo del Centro de Investigación realizaron un experimento con el fin de validar las predicciones de área de resiembra utilizando drones, servicio ofrecido por una empresa particular. El objetivo de la experimentación era comparar los espacios de resiembra detectados por el dron con los espacios de resiembra detectados en campo de manera convencional.

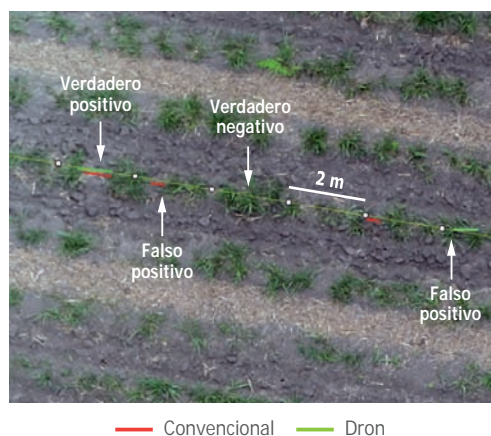
Los resultados permitieron concluir que el dron (con algoritmo *machine learning*) tuvo una capacidad de predicción de resiembra del 35% (sensibilidad) y 10% de probabilidad de haber espacio para la resiembra según la predicción (Figuras 40 y 41).

A continuación se presentan las condiciones de la experimentación y detalle de los resultados.

El experimento se realizó en tres tablones y diez surcos aleatorios por tablón. Los datos fueron tomados a los 45 días después de cosecha.

- **Con dron:** espacios de resiembra mayores a 30 cm (debido a hojas). ortofotomosaico georreferenciado con RTK.
- **En campo:** espacios de resiembra mayores a 80 cm. Georreferenciación con RTK.

Figura 40. Clasificación de las predicciones del dron sobre espacios de resiembra.



### División de líneas de surco en espacios de 2 m

- **Verdadero positivo:** se identificó espacio de resiembra de manera convencional y coincidió con lo detectado con el dron.
- **Verdadero negativo:** no se identificó espacio de resiembra de manera convencional y coincidió con lo detectado con el dron.
- **Falso positivo:** de manera convencional se identificó espacio de resiembra, pero el dron no lo detectó.
- **Falso negativo:** de manera convencional no se identificó espacio de resiembra, pero el dron sí lo detectó.

**Figura 41.** Resultado de la validación a espacios de resiembra detectados con dron y de manera convencional. 2018.

**Longitud lineal de resiembra**

Campo: 111,509 m  
Dron: 269,447 m

**Espacios de resiembra**

— Coincidencias  
— Convencional  
— Dron

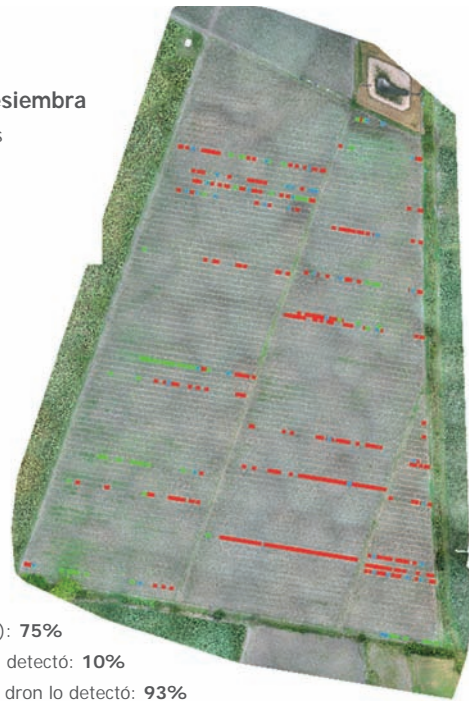
- **1326 espacios** no eran de resiembra, de los cuales hubo coincidencias en 996 (verdadero negativo).
- **330 de los espacios** detectados por el dron no eran espacios de resiembra (falso negativo).
- **70 espacios** identificados de manera convencional no fueron detectados por el dron (falso positivo).
- **38 coincidencias** de espacios de resiembra (verdadero positivo).

Capacidad de predecir sitio de resiembra (sensibilidad): **35%**

Capacidad de clasificar donde no hay que sembrar (especificidad): **75%**

Probabilidad de haber espacio de resiembra donde que el dron lo detectó: **10%**

Probabilidad de que no se necesite resiembra , a pesar de que el dron lo detectó: **93%**



## Seguimiento a la operación de cosecha de la agroindustria

Año: 2018

**Cobertura:** doce ingenios

- **Área cosechada:** 202,917 ha, lo que representa un promedio mensual de 16,910 hectáreas. Con respecto al promedio mensual de 2017 (14,195 ha), se presentó un incremento del 19.3% en el área cosechada.
- **Cosechas por quemas no programadas (incendios):** 10% (20,586 ha) cinco puntos porcentuales por debajo del reportado en el 2017 (21,740 ha).
- **Tiempo de permanencia:** se reportó una reducción del 17% en el 2018 frente al mismo período en el 2017; en promedio el tiempo de permanencia en 2017 fue de 28.1 horas y de 24.0 horas para el 2018.

En seis años la agroindustria de la caña ha evolucionado a sistemas de cosecha más tecnificados: mientras en 2013 se cosecharon mecánicamente 76,512 hectáreas, para el 2018 se alcanzaron 125,809 hectáreas; este incremento representa un 64% en el valor absoluto para este período. En el mismo sentido, aumentó en 91% el valor absoluto de las áreas cosechadas mecánicamente en verde (2013: 64,741 ha – 2018: 123,779 ha).

Estos datos confirman la importancia de propiciar que todas las labores del cultivo estén direccionadas a garantizar un buen desempeño de la cosecha mecánica. Las prácticas de agricultura de precisión en las operaciones de adecuación de campo y en las labores de preparación de suelos conducen a una cosecha mecánica más precisa y eficiente: guiado automático de las cosechadoras, reducción del pisoteo del cultivo, disminución de tiempos de giro por co-linealidad de los surcos y mejoras en el ajuste de la altura de corte, entre otras.

## Propuesta para optimizar la operación de maquinaria de cosecha

Garantizar la sostenibilidad y rentabilidad de la cosecha implica optimizar los costos de operación y maximizar la eficiencia de la maquinaria agrícola. En ese sentido, la agroindustria enfrenta un enorme desafío por el alto costo de la recolección de caña de repique, dado que se requieren equipos normalmente destinados a la cosecha convencional (alzadora, cosechadora y vagones) que ofrece mayor rendimiento. De hecho, el costo por tonelada de la recuperación de caña de repique puede llegar a duplicar el costo del CATE (corte, alce, transporte y entrega de caña) convencional.

Ante esto se analizó, a nivel de ingeniería conceptual, la adaptación de un brazo tipo alzadora al conjunto tractor-vagón de autovolteo para reducir el número de equipos requeridos. Adicionalmente, se disminuiría la carga por eje al cambiar el vagón HD12 o HD20 a autovolteo para el transporte de la caña dentro de la suerte y, en consecuencia, también se optimizarían los tiempos de descargue.

El análisis también consideró un supuesto escenario de recolección de 290 toneladas al día de caña de repique (este valor corresponde al 5% de la cosecha en un ingenio piloto). En ensayos de recolección de caña con una alzadora convencional (*John Deere SP2254*) sin efectuar la acción de apilamiento se estimó un rendimiento de siete toneladas por hora, para el que se requerirían dos equipos prototipo para completar el alce de las 290 toneladas. Se estimó, además, una reducción del costo por tonelada cosechada de repique de aproximadamente 53%, con una recuperación de la inversión en aproximadamente 345 días.

La viabilidad de esta alternativa se continuará analizando en un grupo de trabajo conformado por profesionales de ingenios y Cenicaña.

## Mantenimiento de equipos de cosecha

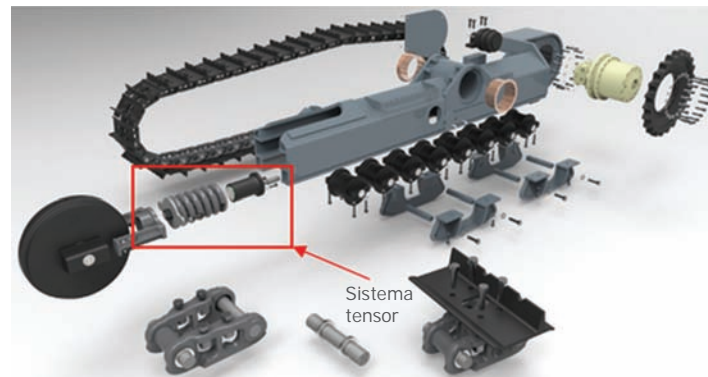
El Centro de Investigación continuó estudiando la manera de aumentar la disponibilidad de los equipos y optimizar los costos de operación de la cosecha a través de estrategias de gestión de mantenimiento.

Un análisis a datos de eventos operativos e inoperativos de un grupo de cosechadoras mostró productividades en los rangos de las 90,000, 100,000 y 120,000 t/año, con eficiencias que van desde las 29 t/ha hasta las 41 t/ha, con un tiempo productivo de 38% (3328 ha/año) y un tiempo improductivo del 62% (5431 ha/año). Estas variaciones de productividad resultan de la interacción entre

operación, logística, mantenimiento y edad de los equipos.

En dichos análisis se encontró que la productividad de la cosechadora está asociada a los requerimientos de repuestos y mantenimiento que afectan el costo final de la tonelada cosechada. Un ejemplo de ello se presenta con el tren de rodaje (orugas) (**Figura 42**), que tiene un mejor desempeño con un sistema tensor tipo cilindro hidráulico, porque permite un auto ajuste durante la operación de la cosecha; pero algunos fabricantes manejan un sistema tensor tipo resorte. En las evaluaciones realizadas se encontraron variaciones en el promedio de vida útil (horas) de estos sistemas para dos ingenios, alcanzando una diferencia de hasta 50% (**Cuadro 9**).

**Figura 42.** Sistema tensor de tren de rodaje de una cosechadora.



**Cuadro 9.** Comparativo de desempeño del sistema tensor de tren de rodaje de dos cosechadoras. 2018.

Comparativo de desempeño del sistema tensor tren de rodaje (promedio vida útil - horas)		
	Fabricante 1 tipo resorte (horas)	Fabricante 2 tipo cilindro hidráulico (horas)
Ingenio 1	2845	5784
Ingenio 2	4225	5430

## Tecnologías de la información en la agricultura

### Entrenamiento en software Sinpavesa

En coordinación con Asocaña, Cenicaña ofreció un ciclo de capacitaciones para mejorar las competencias del personal de los ingenios responsable de realizar quemas controladas durante las labores de cosecha.

Una de las herramientas tecnológicas que hoy tienen los ingenios para que esta práctica se realice de acuerdo con lo contemplado en la Resolución CVC DG 0091 de 2006 es el software Sinpavesa.

A través de este programa se puede consultar y monitorear el comportamiento del viento en tiempo real y saber cómo se proyecta en un tiempo estimado. Esta aplicación, permite disminuir considerablemente el riesgo de ocasionar molestias a centros poblados y a cultivos vecinos.

En total se capacitaron 52 personas encargadas de la labor de cosecha, las cuales representaban a todos los ingenios de la agroindustria.



Jornada de capacitación en el software Sinpavesa con personal de los ingenios.

De otro lado, se iniciaron procesos de evaluación para la renovación de los equipos de medición de material particulado PM10 por obsolescencia y de acreditación del laboratorio de calidad del aire bajo la norma NTC-ISO 17025: 2017 por parte del IDEAM, requisito fundamental para cumplir con los permisos asignados por las corporaciones ambientales.

### Internet de las cosas (IoT) para monitoreos

Este año los desarrollos informáticos y de telecomunicaciones de Cenicaña para el sector se enfocaron en proveer tecnologías de computación y electrónica que, junto con la interconexión digital que ofrece internet, tuvieran aplicación en la agricultura (Agrónica).

En desarrollo de la experimentación realizada en Cenicaña la implementación de este tipo de herramientas alcanzó el 48%, lo que demuestra su utilidad en la captura y recolección de datos en campo. Bajo este concepto se realizaron monitoreos de temperatura y humedad para apoyar los procesos de cultivo de insectos, inoculación, cruzamientos y fotoperiodo; se automatizaron estaciones de



En las cuencas intervenidas por el Fondo, Cenicaña lleva el registro de variables meteorológicas a través de estaciones de monitoreo que cuentan con tecnología IoT.

pluviometría para apoyar el monitoreo hidrológico en las cuencas del río Palo y Bolo; y se monitorea el comportamiento del clima en una micro estación del proyecto de selección asistida por marcadores moleculares (SAM).

### Avances de la Red RTK

Con el propósito de seguir mejorando la eficiencia de procesos como la cosecha mecanizada, en el 2018 Cenicaña continuó la implementación (94%) de la Red RTK (Real Time Kinematic) de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

Asimismo, este año se implementó una solución de acceso remoto a los datos entregados por las estaciones de referencia para disponer de ellos en el Geoportal. Este insumo es de gran utilidad para la referenciación en post proceso de imágenes aéreas obtenidas con drones y generar líneas de surcado para la cosecha mecanizada.

### Reconocimiento 'Valle territorio inteligente e innovador'

La agroindustria colombiana de la caña de azúcar fue reconocida por la Gobernación del Valle del Cauca con el galardón 'Valle territorio inteligente e innovador', en la categoría Valle rural sostenible.

El reconocimiento fue entregado a Cenicaña, que participó en la convocatoria con el proyecto de la Red RTK, en el que han trabajado de manera conjunta ingenios, cultivadores de caña e investigadores para poner las tecnologías de la información al servicio de la agricultura y así ser más sostenible y productiva.

'Valle territorio inteligente e innovador' es un galardón creado por el gobierno departamental para empresas vallecaucanas de la industria del conocimiento y la tecnología aplicada o que estén aprovechando eficientemente las oportunidades de las TIC para la transformación digital. Otras diez empresas de la región también fueron reconocidas en diferentes categorías.

## Mercadeo de tecnologías para el manejo del cultivo

Para promover prácticas sostenibles en el manejo del cultivo (diferentes a variedades, tecnologías de manejo de aguas y sanidad vegetal) se convocó a GTT en los que se trataron las propuestas tecnológicas del Centro de Investigación para distintas labores:

- **Fertilización:** uso eficiente de fertilizantes nitrogenados y las ventajas de la aplicación de vinaza (FertiRio) en caña de azúcar. Ingenio Riopaila (52 proveedores).
- **Cosecha:** nuevas tecnologías en agricultura de precisión y sistemas de cosecha de precisión. Ingenio Riopaila-Castilla-planta Castilla (35 proveedores).
- **Labores de cultivo:** días de campo para conocer experiencias de proveedores con diferentes tecnologías. Incauca (147 proveedores).
- **Manejo de arvenses:** reconocimiento de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar, su manejo y control oportuno. 278 proveedores.



# Tecnologías para procesos fabriles más sostenibles

## Herramientas para determinar las pérdidas de sacarosa

Identificar las prácticas que más generan pérdidas de sacarosa en la agroindustria es fundamental para mejorar la eficiencia en los procesos de producción de azúcar. En ese sentido, en el 2018 Cenicaña siguió avanzando en el desarrollo de herramientas que permitan establecer dichas pérdidas entre el corte y la molienda de caña.

Estas herramientas fueron la metodología de muestreo multi-etápico para la determinación de sacarosa en campo, el modelo para la estimación de pérdidas de sacarosa entre corte y molienda; y la determinación de los factores de pérdida de sacarosa por quema, tiempos de permanencia, sistema de corte y materia extraña (**Cuadro 10**).

**Cuadro 10.** Porcentaje de pérdidas de sacarosa entre corte y molienda determinado por Cenicaña según diferentes escenarios o factores. 2018.

Escenario	Pérdida de sacarosa (%)
Quema	3.00
Pérdida corte mecánico verde/h	1.10
Pérdida corte manual verde/h	0.17
Pérdida corte mecánico quemado/h	0.38
Pérdida corte manual quemado/h	0.24
Pérdida materia extraña	1.00

Algunas de ellas fueron actualizadas con el propósito de adaptarlas a las condiciones medio ambientales que rodean al cultivo y facilitar su aplicación, de tal manera que se pueda ampliar la información y la cobertura a suertes de caña de diferentes ingenios.

Actualmente siete ingenios de la agroindustria utilizan estas herramientas para determinar sus pérdidas de sacarosa entre corte y molienda e identifican los escenarios que más aportan a éstas para implementar acciones de mejora.

## Metodologías de muestreo para determinar materia extraña

La materia extraña tiene un impacto sobre la calidad de la materia prima que ingresa a los molinos del ingenio y la recuperación de sacarosa en la fábrica. Investigaciones de Cenicaña muestran que cada unidad porcentual de materia extraña significa la pérdida de 1% en sacarosa.

Cenicaña trabaja en el desarrollo de una metodología de muestreo para los sistemas de determinación de materia extraña utilizados en el sector: *uña* y *core sampler*, de esta manera se contará con una muestra representativa de las suertes cosechadas y se conocerá el error de determinación.

Los resultados preliminares de las evaluaciones indican que para obtener valores representativos de la materia extraña en los vagones de transporte es necesario tomar una mayor cantidad de muestras dentro de un mismo vagón en lugar de muestrear una mayor cantidad de vagones.



Por otro lado, en conjunto con seis ingenios se trabaja en la unificación de los componentes de la materia extraña para los dos sistemas de corte (manual y mecánico) en cada metodología de muestreo (*core sampler* y *uñada*), con el fin de establecer una línea base de porcentaje de materia extraña y tomar acciones correctivas al momento de la cosecha.

## Estudios sobre impacto microbiano en la estación de molienda

Las bacterias ácido lácticas heterofermentativas son algunos de los microorganismos que más generan pérdidas de azúcares en el procesamiento de la caña, y su acción está influenciada por dos factores principalmente: calidad de la caña que ingresa al proceso e higiene de las operaciones en las fábricas.

La estación de molienda es la etapa del proceso con mayor presencia de microorganismos provenientes con la planta debido a que la temperatura ambiente y la mayor exposición de los azúcares del jugo propician el metabolismo microbiano y, en consecuencia a

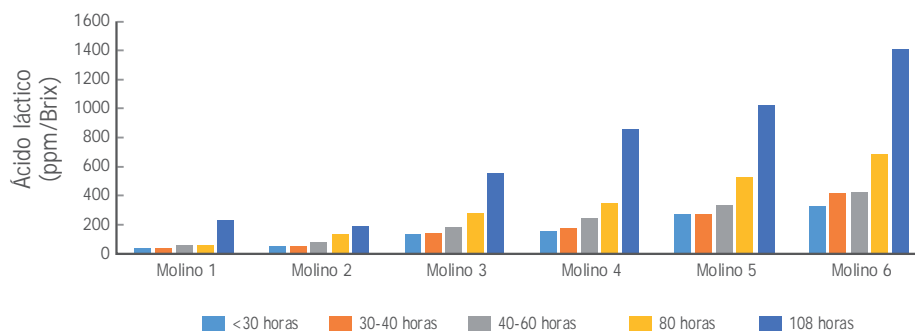
través del tándem se incrementa la concentración de metabolitos como el ácido láctico (**Figura 43**).

Evaluaciones realizadas por Cenicaña permitieron evidenciar un incremento en la concentración de ácido láctico a través de los seis molinos del tándem, y un aumento en la concentración de éste a medida que se incrementa el tiempo de permanencia de la caña entre corte y molienda.

Así, tiempos de permanencia mayores a 70 horas ocasionan jugos diluidos de baja calidad microbiológica, lo cual induce bajos pH (< 5,0), altos contenidos de ácido láctico (>150 ppm/Brix), manitol ( $\geq 500$  ppm/Brix) y dextranas ( $\geq 1000$  ppm/Brix). Estos niveles impactan la eficiencia de recuperación de la sacarosa en el proceso de elaboración y en consecuencia se incrementan las pérdidas en miel final y problemas de potencial floc en el azúcar.

Estos resultados ratifican la importancia de manejar bajos tiempos de permanencia de la caña entre el corte y la molienda y de las prácticas de limpieza y sanitización en la fábrica para minimizar la acción de los microorganismos que ingresan con la caña.

**Figura 43.** Comportamiento del ácido láctico en el tándem de molienda en evaluación realizada por Cenicaña. 2018.



El ácido láctico y el manitol son los indicadores empleados para evaluar el metabolismo microbiano y son producto del metabolismo de las bacterias ácido lácticas heterofermentativas (siendo las más representativas *Leuconostoc mesenteroides*, *L. pseudomesenteroides*, *Lactobacillus rhamnosus*, y *Bacillus subtilis*). Otros metabolitos producidos son polisacáridos como dextranas y levanas.

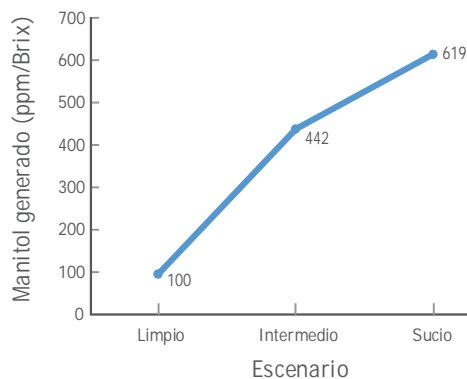
## Evaluación de la acción microbiana en estación de clarificación y filtración

Las altas temperaturas en el proceso de clarificación son el punto de control para eliminar el 99.9% de la población microbiana presente en el jugo diluido; sin embargo, hay bacterias, principalmente del género *Bacillus*, capaces de actuar en estas condiciones y ocasionar pérdidas de sacarosa y disminución de la calidad de los materiales intermedios como el jugo clarificado.

Cenicaña evaluó la acción microbiana en esta parte del proceso en un ingenio piloto y halló una asociación entre la concentración de manitol en los materiales de proceso y el grado de limpieza que presentaban las estaciones de clarificación y filtración en el momento del seguimiento.

En el escenario limpio, inmediatamente posterior a la limpieza y sanitización, la generación de manitol fue seis veces inferior al escenario sucio (**Figura 44**). Posteriormente, durante la operación, algunas prácticas operativas potencializaron la actividad microbiana, tales como el aumento en los tiempos de residencia de los materiales que conllevan a que en las superficies de los equipos se acumulen impurezas, se formen biopelículas

**Figura 44.** Generación de manitol en tres escenarios de operación de las estaciones de clarificación y filtración en un ingenio piloto. 2018.



y aparezcan puntos muertos. Las condiciones de diseño de algunos equipos, como los tanques de fondo plano, también favorecieron la actividad microbiana.

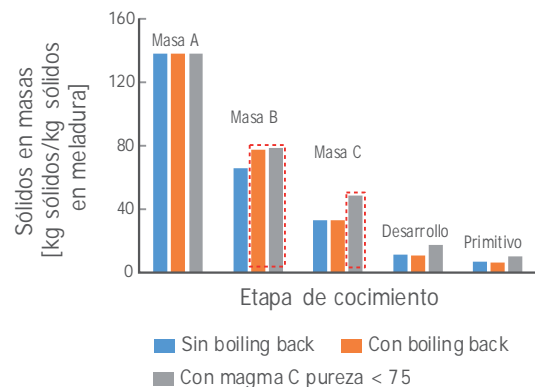
Con esta evaluación se ratifica la importancia de verificar y eliminar dichos puntos muertos y establecer prácticas de limpieza y sanitización frecuentes para eliminar focos de contaminación y reducir las pérdidas de sacarosa y mejorar la calidad del jugo clarificado.

## Impacto y mitigación de recirculación de impurezas en la cristalización

Uno de los aspectos que más afecta la capacidad de procesamiento de azúcar en la estación de cristalización es la recirculación de mieles, la cual se produce cuando de manera intencional se busca incrementar el agotamiento en una etapa (generalmente en templas de B y se denomina *boiling back*) o cuando hay deficiencias en la separación de las mieles por centrifugación (pureza magma < 75).

Los problemas en centrifugación incrementan la cantidad de masas B y C a procesar (18 y 48%, respectivamente) reduciendo la capacidad en la estación de cocimientos y finalmente la producción de azúcar (**Figura 45**).

**Figura 45.** Flujo de sólidos en la estación de cristalización en un ingenio piloto. 2018.



Una evaluación realizada en diferentes ingenios permitió identificar que aquellos que ejercían mayor control en los tachos y centrifugas tenían menores pérdidas en miel final (0,71- 0,8 % caña). Algunas de las prácticas realizadas en estos ingenios son verificación del estado mecánico de mallas, control de agua de lavado, verificación permanente de incrementos de pureza en mieles, ajuste de mieles y verificación de tamaño de cristales.

## Evaluación de tecnologías para remoción de color

Dando continuidad a la evaluación de alternativas decolorantes para remover el color en los jugos de caña se evaluó, a escala laboratorio, tecnologías líquidas y gaseosas bajo los criterios de economía, reducción de color y riesgo.

La poliamina catiónica, sulfitación líquida y carbonatación presentaron niveles de remoción de color entre 25 - 40%, eficiencias superiores a la sulfitación gaseosa (tecnología convencional) que se fijó como patrón de referencia para el estudio (20%).

Tras estos resultados se realizarán algunos ajustes metodológicos para empezar a probar la mejor alternativa en un ingenio piloto.

## Estrategias para reducir el consumo de energía en las fábricas

Cenicaña avanzó en la búsqueda de alternativas para reducir el consumo de energía térmica y eléctrica en los procesos productivos de la agroindustria de la caña de azúcar.

Uno de los procesos en los que se identificó un potencial de ahorro energético fue el sistema de inyección y rechazo de agua, donde se requieren grandes cantidades de energía

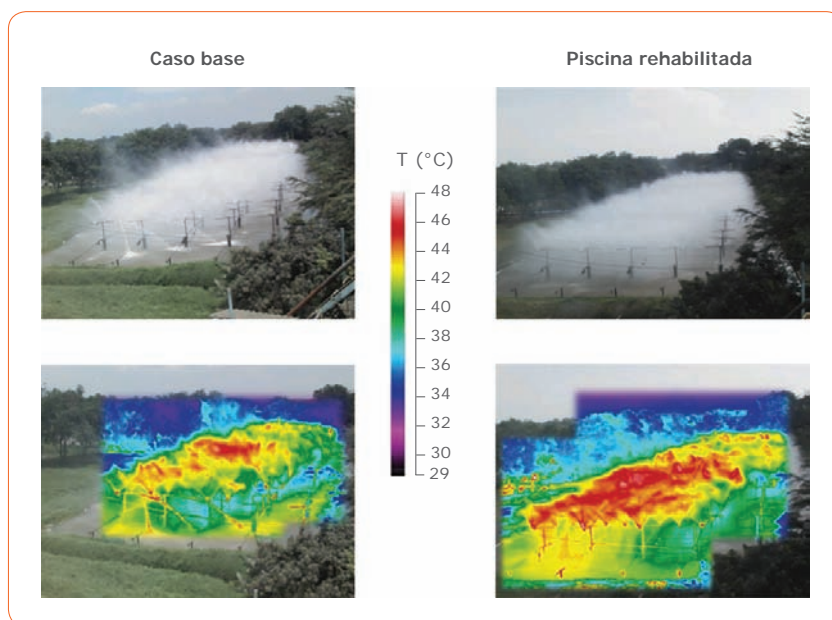
eléctrica para circular el agua necesaria en la condensación de los vapores vegetales del proceso de elaboración de azúcar.

Como resultado de la investigación se estimó un potencial ahorro energético (entre 35 - 40%) al incrementar la eficiencia de las piscinas de enfriamiento con la implementación de las siguientes medidas:

- Reacondicionamiento de las piscinas de enfriamiento con boquillas de amplia aspersión de agua a fin incrementar el contacto del agua con el aire ambiente.
- Incrementar el área de aspersión de la piscina para separar las boquillas y formar una amplia cortina de agua.
- Usar piscinas en paralelo para mayor acercamiento de la temperatura del agua con la del aire.
- Incrementar la frecuencia de mantenimiento de la piscina destaponando boquillas obstruidas.

Un ingenio piloto acogió las recomendaciones y reacondicionó su piscina de enfriamiento (sustituyó las boquillas averiadas e instaló nuevas boquillas en donde estaban ausentes). En el análisis termográfico realizado antes y después de las modificaciones se observó un incremento en el área expuesta del agua caliente en contacto con el aire evidenciado por el incremento de la temperatura (**Figura 46**). A partir de estas medidas, el ingenio incrementó la eficiencia de su piscina de enfriamiento al pasar de 29% a 55%, lo cual le representa al ingenio un potencial ahorro de energía eléctrica de 39%.

Estas investigaciones, además de mejorar la eficiencia energética del proceso de la elaboración de azúcar en los ingenios, también contribuyen a incrementar el aporte de energía eléctrica del sector a la red de interconexión nacional.

**Figura 46.** Termografía realizada a la piscina de enfriamiento.

## Identificación y control de escenarios de baja eficiencia fermentativa

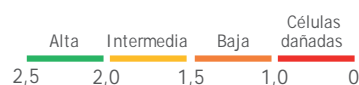
Para corregir las causas de una baja eficiencia fermentativa en la producción de etanol es fundamental conocer el destino que toman los azúcares que no se convierten a etanol en la etapa de fermentación.

En ese sentido, Cenicaña desarrolló y avanzó en la implementación de una herramienta en las cinco destilerías con fermentación continua para identificar dos escenarios causantes de esa baja eficiencia. El primero es la contaminación microbiana (<88% de eficiencia fermentativa), en donde alrededor del 40% de los azúcares no metabolizados por la levadura son convertidos en ácidos orgánicos por las bacterias contaminantes.

En el segundo escenario la contaminación no fue la causa de una baja eficiencia fermentativa (86%), dado que sólo el 12% de los azúcares no metabolizados por la levadura

fueron convertidos a ácidos de origen bacteriano. En este caso, se identificó una baja vitalidad de la levadura, que se traduce en niveles de azúcares residuales entre 5 y 10 veces más altos que los de escenarios de alta eficiencia (>90%) o incluso de baja eficiencia ocasionada por contaminación.

En este escenario medir la vitalidad de la levadura según el potencial de acidificación permite a las destilerías tener un nuevo parámetro de desempeño del proceso (**Figura 47**). Además, se recomienda que las corrientes de levadura (fresca y recirculada) tengan una actividad metabólica intermedia o preferiblemente alta para garantizar la máxima conversión de todos los azúcares a etanol.

**Figura 47.** Escala de actividad metabólica.

## Cálculo de la huella de carbono del etanol y azúcar

En 2017 seis destilerías del valle del río Cauca calcularon la huella de carbono del etanol anhidro combustible gracias a la herramienta desarrollada por la agroindustria con el apoyo de Cenicaña.

Como resultado de este ejercicio se obtuvo un promedio ponderado para la huella de carbono de 558 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup>EtOH, con un máximo de 694 y un mínimo de 394 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup>EtOH. Se resalta que la huella de carbono del etanol anhidro combustible cumple exigencias de la Resolución 1962 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que establece como límite a 2017 889 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup>EtOH. Además, según algunos reportes consultados (Mueller & Unnash (2016) y

Alverson (2013) el etanol producido a partir de caña de azúcar en Colombia tiene un mejor desempeño ambiental en términos de su huella de carbono, en comparación con el etanol producido a partir de maíz en Estados Unidos (1298 - 1597 kgCO<sub>2eq</sub>/m<sup>3</sup>EtOH).

Con esta herramienta también se calculó la huella de carbono de la producción de azúcar para ocho ingenios del valle del río Cauca y se obtuvo un promedio ponderado de 317 kgCO<sub>2eq</sub>/t azúcar, con un máximo de 371 y un mínimo de 272 kgCO<sub>2eq</sub>/t azúcar.

La implementación de esta herramienta permitirá establecer un nuevo criterio a la hora de considerar proyectos y cambios tecnológicos a lo largo de toda la cadena productiva, cuantificando así el impacto ambiental de las tecnologías o cambios operacionales y el potencial de reducción de la huella de carbono de los productos.

## Huella hídrica de la caña y sus productos derivados

La huella hídrica es un indicador del uso y consumo del agua a lo largo de la cadena productiva, que representa la cantidad de agua dulce requerida para la producción de bienes o servicios.

El indicador incluye un componente de uso directo, que se refiere a la cantidad de agua utilizada en el proceso productivo, y un componente indirecto, que representa el agua que fue utilizada en la producción de los insumos consumidos.

Cenicaña realizó un primer acercamiento a la estimación de la huella hídrica de la caña y sus productos derivados, siguiendo los lineamientos descritos por el Estándar Global para la Evaluación de la Huella Hídrica (Hoekstra, *et al.* 2019) con alcance al componente directo.

El ejercicio estimó la huella hídrica para la caña en 115 m<sup>3</sup>/t caña; para el azúcar, 1595 m<sup>3</sup>/t azúcar y para el etanol, 1678 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> etanol. Estos últimos dos valores incluyen el uso y consumo del agua tanto en campo como en los procesos industriales.

Estos resultados son significativamente bajos si se comparan con valores obtenidos en estudios realizados en Brasil (Scarpate, *et al.* 2016); Chico, *et al.* 2015) y a nivel global (Gerbens-Leenes y Hoekstra, 2009) para los principales países productores de caña y sus derivados. Este resultado se debe a las altas productividades obtenidas en campo y al esfuerzo conjunto realizado por cultivadores e ingenios en torno a la reducción de consumos de agua tanto en campo como en fábrica.

## Evaluación de alternativas para uso del RAC

Se estima que 1.8 millones de toneladas de residuos agrícolas de cosecha de caña (RAC) de la agroindustria provenientes de la cosecha mecanizada podrían ser aprovechadas en calderas como combustible o para la obtención de productos de valor agregado, siguiendo procesos biotecnológicos.

Sin embargo, su uso implica superar retos técnicos como la baja densidad (21-70 kg/m<sup>3</sup>) y el contenido de cenizas (9-27%). La densificación mediante la fabricación de briquetas o pellets es una alternativa para incrementar la densidad energética de los residuos y facilitar las condiciones de manejo de la biomasa.

En el 2018 Cenicaña continuó trabajando en esta dirección y en el transcurso del año logró que, mediante una máquina briqueteadora piloto, se elaboraran briquetas de forma continua, alcanzando densidades entre 800 y 1200 kg/m<sup>3</sup> (**Figura 48**). Estas briquetas fueron caracterizadas en sus propiedades físi-

cas, mecánicas y térmicas para determinar su uso posterior, ya sea en combustión o para la obtención de otros productos.

Igualmente, se identificó que el reemplazo total o parcial de carbón en los sistemas de cogeneración permitiría beneficios económicos y ambientales, puesto que la combustión de RAC emite 1.90 kgCO<sub>2eq</sub>/kJ, mientras que para carbón es 88.61 kgCO<sub>2eq</sub>/kJ, reduciendo la huella de carbono del sector.

También se ha evaluado el procesamiento de las briquetas en los sistemas actuales de alimentación de carbón de las calderas obteniendo una distribución granulométrica similar a la del carbón.

Paralelo a este trabajo, se trabaja en un modelo técnico-económico que analiza la recolección, transporte y briquetado de RAC desde el campo hasta un centro de beneficio o fábrica para su posterior uso. Este modelo permitirá realizar la selección de tecnologías y procesos para el aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha.

**Figura 48.** Briquetas de RAC y pruebas de trituración para su uso en combustión.





# Estrategias para una agroindustria más innovadora

## Programa de Aprendizaje

El Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT) de Cenicaña se desarrolla a través del desarrollo de competencias en los facilitadores (asistentes técnicos de proveeduría, jefes de investigación y jefes de zona de los Ingenios) y la capacitación a usuarios finales (proveedores, asistentes técnicos, personal de campo), con el fin de fortalecer la capacidad del sector para incorporar nuevas tecnologías y prácticas sostenibles en el proceso de producción.

En ese sentido, durante 2018 se capacitó al grupo de facilitadores de la asistencia técnica en el uso de sensores, manejo de salivazo y riego por goteo. Para los usuarios finales se ofreció un programa de capacitación en catorce tecnologías en el Centro de Capacitación de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. En total se capacitaron 1078 personas. (Figura 49).

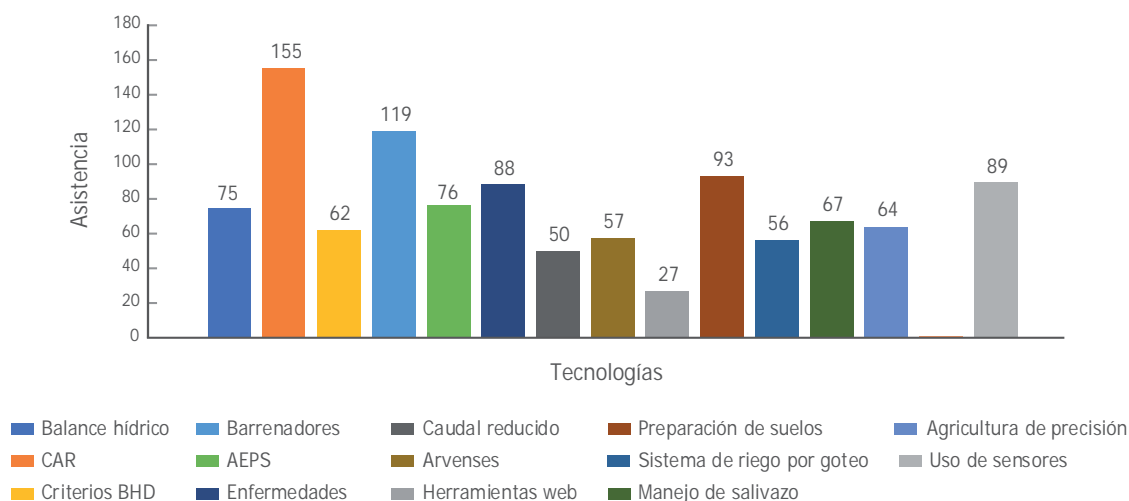
## Asistencia Técnica

De acuerdo con el componente de Asistencia Técnica del PAT propuesto por Cenicaña y puesto en práctica por los ingenios, en el 2018 se avanzó en la identificación de los factores limitantes y reductores de la productividad en 40% del total de haciendas.

Cuatro ingenios culminaron los diagnósticos, tres de ellos en tierras de proveedores y uno en manejo directo (Cuadro 11), y según ellos, los principales factores limitantes y reductores de la producción son el balance hidrológico negativo, ineficiencias en la conducción, suelos de baja fertilidad, suelos salinos, variedades mal ubicadas y alto número de cortes, plagas y enfermedades.

Dos de estos cuatro ingenios iniciaron la socialización de los planes de acción propuestos, que incluían principalmente el balance hidrológico y análisis de suelos.

Figura 49. Asistencia a actividades de capacitación en Cenicaña según la tecnología. 2018.





**Cuadro 11.** Estado de diagnósticos por ingenio a octubre de 2018.

Ingenio	No. haciendas	No. diagnósticos realizados	%
1	216	216	100
7	166	166	100
3	45	45	100
5	87	87	100
9	178	142	80
4	30	21	70
10	560	154	28
6	326	85	26
8	215	48	22
2	233	41	18
11	620	70	11
Total	2676	1075	40

También se contemplaba la renovación de suertes, la ubicación de variedades con enfoque AEPS y mejorar la conducción y aplicación del riego. Al finalizar el año los proveedores de uno de los ingenios habían ejecutado 63% de los planes de mejoramiento.

Cenicaña continuará acompañando a los ingenios en el Programa de Asistencia Técnica hasta finalizar los diagnósticos de las haciendas e iniciar la implementación de los planes de mejoramiento para aumentar la productividad en las haciendas tanto de proveedores como de manejo directo.

**Programa de capacitación 2018 segundo semestre**  
 Centro de Capacitación de la Agroindustria de la Caña  
 Dirigido a cultivadores de caña de azúcar, mayordomos, personal de ingenios, asistentes técnicos particulares y contratistas de la agroindustria azucarera.

Temática	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.
Manejo del cultivo con enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS).	26				25
Herramientas disponibles en web para la práctica de AEPS.		16		19	
Balance hídrico para la programación de los riegos.	24	14	11		
Control administrativo del riego.		18		19	
Sistema de riego con caudal reducido.		25		23	
Criterios para el cálculo del balance hidrológico en una finca.	12	30			
Sistema de riego por goteo.	18		12		
Programación de riegos.				5	

**Programa de capacitación 2018 primer semestre**  
 Centro de Capacitación de la Agroindustria de la Caña  
 Dirigido a cultivadores de caña de azúcar, mayordomos, personal de ingenios, asistentes técnicos particulares y contratistas de la agroindustria azucarera.

Temática	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
Agricultura específica por sitio (AEPS).	22			26	
Práctica de AEPS.			30	13	
Riegos.	15				21
Finca.		14	10		19
		13			
	24	29	26		
				27	

**Manual de reconocimiento de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar**  
 Más de 50 especies de arvenses y sus características en tres niveles de desarrollo.

Manejo de arvenses.  
 Puede inscribirse a través de nuestra página web [www.cenicaña.org](http://www.cenicaña.org)  
 También puede hacerlo por medio de su asistente o llamando al 524 66 11 ext. 5025

Jornada de capacitación en manejo de arvenses realizada en octubre de 2018 en el Centro de Capacitación de Cenicaña.

## Mayor presencia en redes sociales

Con el propósito de ampliar el alcance de las estrategias de transferencia tecnológica diseñadas por Cenicaña se fortaleció la presencia en redes sociales a través de la difusión de piezas audiovisuales:

En YouTube se dispuso de cuatro listas de reproducción con 22 videos sobre testimonios del PAT y adopción tecnológica y mensajes institucionales. Asimismo, en esta red social se realizó la primera transmisión en vivo del canal con el lanzamiento del Geoportal.

En Facebook se impulsaron las campañas Así nos ven, Compartiendo experiencias y Actividades de transferencia y capacitación, en las cuales se dio difusión a la Resolución 17848 del ICA sobre control de *Diatraea*, al congreso 45 de Socolen, al XI congreso Atalac-Tecnicaña, al ISSCT Factory Workshop 2018, a GTT y actividades de capacitación, entre otros.

Por otro lado, en el transcurso del año se publicaron dos ediciones de la Carta Informativa y una cartilla ilustrada sobre el manejo del agua en la agroindustria. Las dos publicaciones se distribuyen entre 1600 personas del sector.



A través de videos y testimonios en las redes sociales se promueve la adopción de tecnologías y la difusión de actividades de capacitación para los cultivadores.

## Recursos para acceder a información especializada

Para que los procesos de investigación y de gestión administrativa de la agroindustria se apoyen en el conocimiento y la información técnica producida por el Centro de Investigación y otras entidades, actualmente se cuenta con las siguientes herramientas y recursos:

- **Catálogo de Biblioteca:** 35,517 referencias de documentos (algunos en texto completo) relacionados con la caña de azúcar e industria azucarera.
- **Biblioteca Digital:** 5350 registros de presentaciones, informes y fotografías relacionadas con los eventos, proyectos y temas desarrollados por Cenicaña.
- **Sistema de Gestión de Proyectos:** 87 proyectos en ejecución y 7 en preparación los cuales cuentan con sus formularios, informes y documentos anexos.

- **Gestión Documental:** por medio de la herramienta QF Document se realizaron 72560 transacciones con información administrativa y de gestión para las actividades internas y la correspondencia del Centro de Investigación de acuerdo con normas archivísticas.

Durante el año se registraron 8052 visitas al Catálogo de Biblioteca, 2819 préstamos de documentos entre revistas y libros, se enviaron 428 documentos electrónicos y 2658 usuarios fueron atendidos en la sala de lectura.

Además, Cenicaña ofrece el servicio de consulta y de préstamo de documentos a la comunidad universitaria por medio de la Red Universitaria de Alta Velocidad del Valle del Cauca (RUAV).

# Acciones para fortalecer la capacidad científica de la agroindustria

## Reconocimiento como Centro de Investigación

En el 2018 se logró la renovación por cinco años del reconocimiento a Cenicaña como Centro de Investigación ante Colciencias, con lo cual podrá participar por recursos de cofinanciación con entidades nacionales e internacionales y en proyectos colaborativos de investigación.

La participación en dichas convocatorias es fundamental para garantizar el apoyo técnico y financiero a proyectos de investigación en temas de innovación, estratégicos para el desarrollo de la agroindustria.

Este reconocimiento también permite que empresas de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar se apoyen en Cenicaña para participar en convocatorias de innovación y desarrollo, puesto que para hacer parte de ellas se necesita vincular a un actor reconocido ante la entidad gubernamental.

El reconocimiento de Colciencias sólo se otorga por un periodo máximo de cinco años a los actores del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SNCT+I).

En cuanto a convocatorias, Cenicaña hace parte de dos de las cuatro alianzas que fueron seleccionadas este año en el programa Colombia Científica, para mejorar la calidad de la educación superior a través de proyectos de investigación que respondan a las necesidades del sector productivo.

Las alianzas son conformadas por instituciones de educación superior (IES) nacionales con acreditación institucional de alta calidad, IES nacionales sin acreditación y entidades del sector productivo (empresa y centro de investigación o desarrollo tecnológico), en las



que cada aliado aporta recursos y capacidades para el desarrollo de proyectos desde la investigación científica, el desarrollo tecnológico y/o la innovación.

Las alianzas en las que participa Cenicaña y que fueron seleccionadas en la convocatoria son:

- Sostenibilidad energética de los sectores industrial y de transporte colombiano, mediante el aprovechamiento de recursos renovables regionales. **Proyecto:** Evaluación de procesos de densificación de residuo agrícola (RAC) de caña de azúcar aptos para su utilización como fuente de energía renovable.
- Optimización Multiescala Insilico de Cultivos Agrícolas Sostenibles (infraestructura y validación en arroz y caña de azúcar). **Proyectos:** Infraestructura para la extracción y análisis de secuencias génicas; perfiles metabólicos y modelos predictivos de rutas de señalización celular para identificar su participación en la respuesta ante estreses bióticos y abióticos en plantas, mayor eficiencia en el uso de recursos, mayor adaptación al cambio climático, mayor resistencia a enfermedades y menor huella ambiental.

En la convocatoria del Programa de estancias postdoctorales para beneficiarios de formación Colciencias en entidades del

SNCT+I, también se aprobó la cofinanciación a los siguientes proyectos presentados por Cenicaña:

- Análisis de riesgo de plagas y enfermedades emergentes en el cultivo de la caña de azúcar de Colombia, bajo condiciones ambientales actuales y asociadas al cambio climático.
- Representación espacial de las formas de carbono y propiedades edáficas determinantes para la gestión sostenible del suelo en el sistema de cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.

## Protección de la producción intelectual

Con el objetivo de proteger legalmente los desarrollos de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar, así como para fomentar prácticas comerciales legales sobre estos desarrollos Cenicaña avanzó en trámites de propiedad intelectual de diferentes tecnologías.

Es el caso de diez nuevas variedades de caña de azúcar que actualmente se encuentran en proceso de registro ante el ICA y una patente de invención en el tema de cosecha.

Actualmente Cenicaña cuenta con 22 variedades con registro de obtentor vigentes, dos marcas y diez registros de software.

Precisamente, también este año se renovó el registro de la marca Cenicaña (logosímbolos y colores oficiales) ante la Sociedad de Industria y Comercio para su uso en productos y comunicaciones.

## Estrategias para lograr mayor visibilidad

Con el propósito de acercar Cenicaña a la comunidad en general y a su vez contribuir a la imagen de la agroindustria como un impulsor del progreso en la región se adelantó una estrategia de comunicaciones que incluyó la gestión de piezas periodísticas y la difusión de contenidos en redes sociales. Los canales

utilizados fueron Twitter, YouTube y Facebook y los medios El País, Agronegocios (La República), el noticiero regional 90 Minutos y Caracol Radio.

Con ese mismo objetivo pero hacia un público más específico este año Cenicaña participó en ExpoMalocas, feria organizada por la Gobernación del Meta y que tuvo como invitado especial al Valle del Cauca; Expocaña, evento organizado por Procaña; y en Agri-tech Catalyst Colombia, en el que empresas del Reino Unido buscaron socios colombianos para proyectos agroindustriales.

También para contribuir a visibilizar el trabajo del Centro de Investigación en otras regiones de Colombia y sectores productivos, a través del servicio de atención de visitantes se atendieron 1135 personas, la mayoría de ellas estudiantes la Universidad Nacional y el Sena (diferentes sedes) y de firmas agroindustriales.



En medios masivos de comunicación se hizo divulgación de la gestión en ciencia que realiza el sector a través de Cenicaña.



En eventos por fuera del valle del río Cauca, como Expomalocas, realizado en el Meta, Cenicaña también participó para hacer visible el trabajo de investigación de la agroindustria.

## Investigación de Cenicaña en revistas internacionales



La revista científica *Nature Genetics* publicó el artículo 'Genoma de alta resolución de la caña de azúcar autopoliploide *Saccharum spontaneum* L', que cuenta con contribuciones del área de biotecnología de Cenicaña.

El trabajo fue concebido por el investigador Ray Ming, profesor y director de los centros de investigación FAFU y UIUC-SIB en genómica, en el departamento de biología vegetal de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, quien en colaboración de un grupo de investigadores alrededor del mundo logró secuenciar y ensamblar, a nivel de cromosomas, el genoma de *S. spontaneum*, uno de los padres ancestrales de las variedades modernas de caña de azúcar.

Un grupo de tres investigadores de Cenicaña contribuyeron a este esfuerzo al analizar datos de secuencias de una población de caña de azúcar para determinar qué regiones del genoma de *S. spontaneum* han sido heredados a las variedades modernas.

Además de este artículo, la revista *Internacional Sugar Journal* publicó los artículos 'Revisión, avances y desafíos para el manejo integrado y sostenible de la roya café de la caña de azúcar y la roya de naranja en Colombia' y 'Estrategias para aumentar la disponibilidad y el rendimiento de molienda en las fábricas colombianas'.

Asimismo, en *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate* se publicó el artículo 'Red IoT aplicada a la agricultura: estaciones de monitoreo para el manejo del riego en suelos cultivados con caña de azúcar'; y en *Neotropical Entomology* se publicó 'El complejo *Diatraea* (Lepidoptera: Crambidae) en el valle del río Cauca en Colombia: un caso para el enfoque geográficamente localizado'.

En *Theoretical and Applied Climatology* se publicó 'Radio de influencia de la temperatura del aire de estaciones meteorológicas automáticas instaladas en terrenos complejos' y en la publicación del *14th International Conference on Precision Agriculture 2018* se registró el artículo 'Hacia una implementación agrícola de precisión para plantaciones de caña de azúcar en la región suroeste de Colombia en Sudáfrica'. Estas publicaciones son una muestra de cómo la investigación realizada en Colombia aporta a la investigación de clase mundial que se realiza alrededor de este cultivo.

## Ajustes al Sistema de Gestión de Proyectos

Para avanzar de manera eficiente en los proyectos de investigación planteados y alcanzar los resultados esperados es fundamental hacer un seguimiento permanente a la investigación. Para ello, Cenicaña cuenta con un software especializado en el cual se reportan avances y el cumplimiento de objetivos, entre otros.

En la actualidad el sistema cuenta con 87 proyectos en ejecución, de los cuales 19% pertenece al programa de Procesos de Fábrica, 41% al programa de Variedades y 40% al programa de Agronomía. También existen reportes de ocho proyectos finalizados (disponibles en el Catálogo de Biblioteca) y siete están en preparación.

## Nuevas obras para la experimentación

Este año se realizaron diferentes obras de infraestructura en la estación experimental de Cenicaña, con el ánimo de mejorar la experimentación y ofrecer servicios más eficientes y de calidad:

- Instalación de cubierta de plástico, con capacidad para cubrir hasta 1500 materas, con el propósito de controlar el aporte de agua proveniente de la precipitación en las investigaciones sobre manejo de aguas.
- Cambio del revestimiento del reservorio para evitar pérdidas de agua por infiltración. También se trabaja en un recubrimiento del reservorio para evitar la proliferación de algas que obstruyen los filtros y goteros de sistemas de riego.
- Construcción de diez terrazas con capacidad para 382,000 plántulas destinadas a multiplicación de variedades. Las terrazas cuentan con sistema de riego por microaspersión.
- Construcción de dos invernaderos de 100 m<sup>2</sup> cada uno, con sistemas de riego de microaspersión para el desarrollo de investigaciones en el proyecto SAM.



Invernadero para el desarrollo de investigaciones del proyecto SAM.

## Avances en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

Cenicaña avanzó en la implementación del Decreto 1072 de 2015 que estableció el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), con el cual se busca mejorar el ambiente de trabajo, bienestar y calidad de vida laboral y salud de sus colaboradores.

Como parte de esa gestión se fortalecieron las competencias del Comité de Convivencia, Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo y Brigada de Emergencias con diferentes actividades de capacitación realizadas en el transcurso del año. Igualmente se adquirieron equipos para la atención de emergencias y manejo de crisis en la estación experimental.



Para mejorar el ambiente laboral se avanza en la implementación del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Finalizando el 2018 también se inició un proceso de intervención psicosocial con todos los colaboradores de Cenicaña a través de grupos focales. Con ese propósito se realizó una encuesta grupal de percepción de las condiciones individuales, intralaborales y extralaborales del entorno para identificar factores que afectan el desempeño profesional. A partir de estos resultados se diseñará una estrategia de intervención psicosocial.

### Capacitaciones y jornadas para mejorar el bienestar laboral

Con el apoyo y acompañamiento de la aseguradora de riesgos laborales, entidades prestadoras de salud, cajas de compensación, proveedores y otros aliados se organizaron las siguientes actividades:

- Doce jornadas de salud de optometría, vacunación, riesgo cardiovascular, audición, antiestrés y donación de sangre.
- Catorce charlas / talleres informativos y preventivos en temas de salud, tránsito, convivencia y clima laboral.
- Veinte capacitaciones en riesgos profesionales (mecánico, químico, biológico, maquinaria pesada y trabajo en alturas, entre otros). Actualmente veinticuatro colaboradores están certificados en trabajo avanzado de alturas y se tienen seis coordinadores de trabajo en alturas.
- Un seminario en responsabilidad legal.
- Una campaña de reciclaje: 'Reciclar es tu mejor papel'.
- Tres jornadas de bienestar e integración.





# Anexo

	Página
I. Proyección climática para 2019. ....	82
II. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2018 .....	83
III. Servicios de sanidad vegetal.....	84
IV. Servicios de laboratorios .....	86
V. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2018 .....	87
VI. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018 .....	91

## I. Proyección climática para 2019.

Comportamiento mensual de variables meteorológicas de acuerdo con proyecciones climáticas para 2019.

**Escenario 1:** formación de un fenómeno El Niño corto y débil (octubre 2018 – marzo 2019) que sólo afectaría los meses de diciembre de 2018 y enero de 2019 y la formación de un fenómeno La Niña a finales de 2019.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura mínima (°C)	19.1	19.7	19.5	19.9	19.4	19.3	18.6	18.7	19.0	18.6	19.0	18.8
Temperatura media (°C)	23.3	24.0	23.4	23.9	23.3	23.3	23.7	23.8	23.8	22.5	22.7	22.5
Temperatura máxima (°C)	29.7	30.6	29.7	30.3	29.6	29.4	30.8	30.7	30.5	28.9	29.0	28.9
Humedad relativa (%)	80	78	82	80	81	81	75	74	74	80	81	82
Radiación solar global (%)	379	410	380	398	418	365	444	428	434	422	408	394
Precipitación (%)	65	57	96	90	143	49	37	40	67	133	127	111
Días con precipitación (No.)	13	9	17	16	17	12	9	12	12	23	21	20

**Escenario 2:** la anomalía positiva de la Oscilación Decadal del Pacífico se mantendrá por un periodo más largo y por ende El Niño que estaba en proceso de formación desde finales de 2018 se extendería hasta finales de año.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura mínima (°C)	18.5	19.3	19.2	19.3	19.5	19.1	18.8	19.0	18.9	19.2	19.5	19.0
Temperatura media (°C)	23.5	24.0	23.6	23.8	24.0	24.4	24.1	24.8	24.9	24.0	23.6	24.7
Temperatura máxima (°C)	30.9	31.1	30.7	30.7	30.9	31.5	31.4	32.4	33.0	31.4	30.1	32.3
Humedad relativa (%)	76	75	78	79	78	74	74	70	69	77	81	75
Radiación solar global (%)	409	445	440	427	398	387	398	424	465	432	385	421
Precipitación (%)	95	60	150	158	64	19	52	13	39	120	139	15
Días con precipitación (No.)	11	8	17	15	13	7	10	6	7	16	17	4

## II. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2018.

Datos correspondientes a las variedades cosechadas en las 10 zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria azucarera colombiana en 2018. Datos de doce ingenios.

Zona Agroecológica	Variedad	Suertes	Area cosechada	Rto (%)	TCH	TCHM	TAH	TAHM	Edad	Corte
10H3	CC 85-92	238	1427	11.2	121.0	8.55	13.6	0.96	14.5	7.7
	CC 01-1940	145	1007	11.0	127.3	9.54	14.0	1.05	13.6	2.9
	CC 93-4418	55	359	11.1	115.1	8.38	12.8	0.94	13.9	5.0
			<b>3015</b>							
11H0	CC 85-92	396	4863	11.3	121.1	9.01	13.7	1.02	13.7	9.7
	CC 01-1940	311	3049	11.2	156.6	11.61	17.5	1.30	13.6	2.3
	CC 93-4418	212	2170	11.4	123.4	9.41	14.0	1.07	13.2	4.8
	CC 01-746	52	502	11.1	126.7	9.87	14.1	1.10	13.0	3.2
	VARIAS	43	368	11.1	125.7	9.74	13.9	1.08	13.0	3.8
			<b>13,055</b>							
11H1	CC 85-92	487	4488	11.3	116.4	8.68	13.2	0.99	13.6	9.7
	CC 01-1940	416	3574	11.0	145.0	10.94	16.0	1.21	13.4	2.4
	CC 93-4418	309	2780	11.2	119.8	9.02	13.4	1.01	13.4	4.9
	CC 01-746	66	698	10.9	124.0	9.91	13.5	1.08	12.6	3.3
	VARIAS	59	531	11.3	123.1	9.20	13.9	1.04	13.6	4.1
			<b>14,196</b>							
11H2	CC 85-92	219	1780	11.2	109.6	8.15	12.2	0.91	13.6	9.6
	CC 01-1940	167	1339	11.3	126.2	9.53	14.3	1.08	13.4	3.0
	CC 93-4418	141	1040	11.3	113.3	8.43	12.8	0.95	13.6	4.6
			<b>4901</b>							
11H3	CC 01-1940	474	1962	11.1	117.5	9.08	13.0	1.01	13.1	3.4
	CC 85-92	390	1771	11.1	108.5	8.36	12.1	0.93	13.2	10.9
	CC 93-4418	243	1330	11.1	108.0	8.30	12.0	0.92	13.2	4.7
			<b>5955</b>							
15H1	CC 85-92	66	631	10.9	123.6	8.98	13.5	0.98	14.3	9.5
	CC 01-1940	41	371	10.9	147.8	11.53	16.1	1.26	12.9	2.4
			<b>1557</b>							
1H1	CC 01-1940	102	930	11.4	125.7	9.44	14.4	1.09	13.7	2.6
	CC 85-92	85	700	11.0	122.3	8.37	13.4	0.92	14.9	6.5
			<b>2399</b>							
5H3	CC 85-92	100	545	11.1	128.6	8.69	14.3	0.97	15.1	6.3
	CC 01-1940	81	513	11.3	142.5	9.73	16.1	1.10	14.9	2.7
			<b>1383</b>							
6H1	CC 85-92	758	7316	11.4	116.0	8.58	13.2	0.98	13.7	8.7
	CC 01-1940	661	6363	11.2	145.3	10.96	16.3	1.24	13.4	2.4
	CC 93-4418	306	2679	11.4	117.5	8.76	13.4	1.00	13.6	5.0
	CC 84-75	59	539	11.2	121.0	9.13	13.5	1.02	13.4	9.4
	CC 97-7170	53	434	10.6	122.7	9.82	13.1	1.05	12.6	3.7
	CC 01-1228	45	384	11.0	127.6	9.81	14.0	1.08	13.2	5.1
			<b>20,201</b>							
6H2	CC 01-1940	153	1389	11.2	117.7	8.53	13.2	0.96	14.0	2.9
	CC 85-92	111	1022	11.0	105.6	7.77	11.6	0.86	13.9	8.7
	CC 93-4418	75	530	11.1	112.0	8.42	12.4	0.93	13.5	4.1
			<b>3642</b>							

### III. Servicios de sanidad vegetal

Consolidado de los análisis realizados y servicios ofrecidos en Diagnóstico de Enfermedades, Inspección Fitopatológica en campo y laboratorio y Multiplicación y Propagación de variedades en el 2018.



#### Diagnóstico de enfermedades

- Se realizaron 9696 análisis de 6551.8 hectáreas entre lotes semilleros y comerciales, para raquitismo de la soca (*Leifsonia xily* sub *xily*), escaldadura de la hoja (*Xanthomonas albilineans*), virus de la hoja amarilla (SCYLV), mosaico (SCMV) y virus baciliforme (SCBV).
- Variedades más evaluadas: CC 01-1940, CC 85-92, CC 01-678, CC 05-430, CC 11-600, CC 98-72, CC 97-7170, CC 05-948, CC 00-3257, CC 93-3826, CC 99-2282, CC 93-4418, RB 73-2223, CC 01-746 y CC 93-4181 entre otras.
- En los lotes comerciales la incidencia para raquitismo, escaldadura y virus de la hoja amarilla fue de 0.7%, 0.2% y 10.5%, respectivamente, y en los lotes semilleros la incidencia fue de 0.5% para raquitismo, 0.2 para escaldadura y 14.4% para virus de la hoja amarilla.
- Entre 2017 y 2018 se presentó un aumento del promedio de la incidencia para raquitismo y virus de la hoja amarilla, de 0.47% a 0.6% y de 8% a 13.2%, respectivamente; mientras que los niveles de incidencia para escaldadura de la hoja se mantuvieron en 0.2%. Se observó un incremento de incidencia de virus de la hoja amarilla entre 2017 y 2018 en la mayoría de los ingenios.



#### Inspección fitopatológica en campo y laboratorio

- Se realizaron 19 inspecciones fitopatológicas en lotes comerciales y semilleros de los ingenios Riopaila industrial, Riopaila

agrícola, Castilla industrial, Castilla agrícola, Mayagüez, Risaralda y Manuelita, donde se visitaron trece haciendas correspondientes a 178 hectáreas. Se encontró roya café en las variedades CC 85-92, CC 98-72, CC 11-600, CC 03-469, CC 10-476 y CC 97-7170. Las variedades CC 01-678, CC 09-235, CC 01-746, CC 99-2461, CC 03-469, CC 09-702, CC 00-3257, CC 09-066, CC 98-72 y CC 01-1940 presentaron roya naranja, mostrando baja severidad.



#### Multiplicación y propagación de variedades

- Se solicitaron 546,347 plantas de las variedades: CC 11-600, CC 01-1940, CC 10-450, CC 09-535, CC 93-7711, CC 99-2282, CC 93-7510, CC 85-92, CC 98-72, CC 05-430, CC 01-678, CC 97-7170, CC 93-4418, CC 93-4181, CC 11-595, CC 09-066, CC 93-3826, PR 61-632, CC 09-325, CC 09-449, CC 01-1228 y CC 00-3257, entre otras.
- En el **Cuadro 1** se indica la cantidad de plantas entregadas por ingenio y el área probable de siembra de semilleros básicos. En proceso de producción de plantas están las variedades CC 11-600, CC 10-450, CC 06-489, CC 09-874, CC 05-430, CC 05-230, CC 05-231, CC 09-535 y CC 09-066.
- Se entregaron 18,580 paquetes de las variedades CC 05-430, CC 05-230 y CC 05-231 a ingenios y proveedores para ser usados en siembra de semilleros básicos (**Cuadro 2**).

**Cuadro 1.** Semilla de variedades promisorias entregadas a los ingenios y proveedores. 2018.

Variedad	MN	CM	RS	PC	CC	RP	MY	SC	CB	PR	LU	MR	CA	RPA	Proveedores	Total
CC 08-22	✓	✓	✓	✓											✓	300
CC 09-702	✓	✓	✓	✓	✓				✓						✓	640
CC 09-388	✓								✓						✓	320
CC 09-235	✓	✓	✓	✓	✓				✓						✓	610
CC 09-066	✓	✓	✓	✓	✓				✓						✓	1120
CC 09-535	✓	✓	✓	✓	✓										✓	480
CC 04-195		✓	✓	✓					✓						✓	130
CC 06-4		✓	✓						✓							180
CC 09-368	✓	✓	✓	✓	✓										✓	460
CC 05-430	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	10,597
CC 05-230		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	11,082
CC 05-231		✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓			✓	3887
CC 10-450															✓	1120
<b>Total</b>	1620	2290	2660	1877	1930	1260	1760	2400	1860	1147	1200	1560	1160	1740	6462	30,926
Área (ha) semilleros	2.7	3.8	4.4	3.1	3.2	2.1	2.9	4	3.1	1.9	2	2.6	1.9	2.9	10.8	51.5

Manuelita (Mn), Carmelita (CM), Risaralda (RS), Pichichí (PC), Central Castilla (CC), Riopaila (RP), Mayagüez (MY), Sancarlos (SC), La Cabaña (CB), Providencia (PR), Lucerna (LU), María Luisa (MR), Incauca (CA), Riopaila Agrícola (RPA).

**Cuadro 2.** Plantas entregadas por ingenio y distribución de área para siembra de semilleros básicos. 2018.

Ingenio	Total plantas entregadas	Área (ha) semilleros básicos
Manuelita	55,000	7.3
Risaralda	25,000	3.3
Pichichí	13,000	1.7
Central Castilla Industrial	33,000	4.4
Riopaila Industrial	43,000	5.7
Castilla Agrícola	18,000	2.4
Riopaila Agrícola	88,250	11.8
Sancarlos	3500	0.5
Mayagüez	12,000	1.6
Providencia	61,300	8.2
Lucerna	1000	0.1
Incauca	28,000	3.7
Carmelita	20,000	2.7
Proveedores	35,150	4.7
Investigación Cenicaña	57,125	7.6
Paneleros	53,022	7.1
<b>Total</b>	<b>546,347</b>	<b>72.8</b>

El laboratorio del Servicio Diagnóstico de Enfermedades de Cenicaña cumplió con los requisitos establecidos en la Resolución ICA 003823 del 2013/09/04 para su reconocimiento como laboratorio de diagnóstico fitosanitario. El acto administrativo de otorgamiento de registro como laboratorio reconocido está en proceso de emisión.

Esto quiere decir, que Cenicaña demostró la competencia técnica de los métodos de detección de los agentes causantes de las principales enfermedades asociadas al cultivo de la caña de azúcar, la validez técnica de sus resultados y la implementación de un sistemas de gestión de acuerdo a la Norma Técnica ISO/IEC 17025:2005.

## IV. Servicios de laboratorios

Consolidado de los análisis realizados en los laboratorios de suelos y tejido foliar, laboratorio de análisis de caña y laboratorio de cromatografía en el 2018.



### Análisis de suelos y tejido foliar

**3299** muestras procesadas

- 1510 de suelos (71.5% solicitudes de donantes – 38,5% análisis internos para la investigación)
- 1789 de tejido foliar (22,9% solicitudes de donantes – 77.1% análisis internos para la investigación).



### Análisis de cromatografía

**3806** muestras procesadas

- 2122 correspondieron a análisis de azúcares como sacarosa, glucosa, fructosa y glicerol.
- 1684 a ácidos orgánicos como indicadores de deterioro y contaminación en procesos de fermentación y en pérdidas de sacarosa.



### Análisis de calidad de caña

**18,692** muestras procesadas

- 14,217 son Ceni-AD
- 4475 corresponden a análisis directo (tallos) y análisis de azúcares reductores.

## V. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2018.



### Ingenio Carmelita

#### Marzo

- Importancia de los semilleros sanos y el diagnóstico de enfermedades para el establecimiento del cultivo.
- Beneficios económicos de la evaluación y control de los barrenadores del tallo, *Diatraea* spp. en el cultivo de la caña de azúcar.
- Acciones del ingenio para el diagnóstico de enfermedades y la evaluación y control de los barrenadores del tallo.

#### Septiembre

- Importancia de usar eficientemente el recurso hídrico con la implementación de tecnologías de programación del riego por medio de sensores de potencial mátrico.
- Caso hacienda Porvenir Montoya.
- Acciones del ingenio para la adopción de sistemas de riego eficientes y de bajo consumo de agua.

#### Diciembre

- Balance del ingenio.
- Estado actual del clima y proyección para el primer trimestre del año 2019.
- Factores que influyen en la productividad.
- Herramientas tecnológicas: Geoportal y App de reconocimiento de enfermedades de Cenicaña.

### Incauca

#### Febrero

- Productividad de la industria azucarera colombiana 2017 y proyecciones 2018.
- Estado actual y comportamiento de las variedades 2017 en el ingenio.
- Maduradores y su efecto en el incremento de la sacarosa.
- Variedades Cenicaña: hacia una mayor rentabilidad.
- Programa de capacitación para proveedores 2018.

#### Abril

- Identificación de las principales arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Criterios para seleccionar los principios activos, dosis y mezclas para el control de arvenses.
- Calidad de la labor de aplicación de herbicidas.
- Arvenses benéficas como hospederas de controladores biológicos de plagas.

#### Agosto

- Labores de campo adecuadas y oportunas de acuerdo al ambiente.
- Beneficios de un adecuado manejo del campo y su influencia el incremento de la productividad.
- Experiencias de cultivadores.
- Labores para ambiente húmedo y semiseco recomendadas por el ingenio.

#### Octubre

- Manejo de drenajes, ventajas y beneficios.
- Tipos de drenajes.
- Aspectos básicos para definir el tipo de drenaje.
- Estrategias en manejo de plagas.

### Ingenio La Cabaña

#### Febrero – abril

- Estado actual de *Diatraea* spp. en el ingenio, distribución de especies, susceptibilidad de variedades, metodología de evaluación y plan de liberación de insectos benéficos.
- Estado actual de los barrenadores del tallo en la industria.
- Salivazo: estado actual, pronóstico, evaluación, alternativas de control y costos.

#### Octubre

- Reunión focalizada con proveedores interesados en renovar
- Promoción de las variedades de ambiente semiseco CC 97-7170 y CC 01-678.

#### Noviembre

- Equipos de medición y control del riego.
- Equipos para el control y monitoreo de la disponibilidad del agua en el suelo.
- Optimizar costos en el riego a partir de alternativas de medición eficiente.

Continúa



## Manuelita

### Febrero

- Manejo integrado de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Identificación de las principales arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Productos, dosis y mezclas para el control de arvenses.
- Calidad de la labor de aplicación de herbicidas.
- Arvenses benéficas como hospederas de controladores biológicos de plagas.

### Junio\*

- Día de campo con proveedores potenciales adoptadores de la variedad CC 01-678.
- Experiencias y testimonio de proveedores con CC 01-678.
- Productividad, manejo agronómico y labores de campo para la variedad CC 01-678 en el ingenio.
- Productividad de la variedad CC 01-678 a nivel de agroindustria.

### Julio

- Estado actual de *Diatraea* spp. en el ingenio, distribución de especies, susceptibilidad de variedades, metodología de evaluación y plan de liberación de insectos benéficos.
- Estado actual de los barrenadores del tallo en la industria
- Aspectos sobre el barrenador gigante *Telchin licus*
- Salivazo: estado actual, pronóstico, evaluación, alternativas de control, costos.

### Octubre

- Lanzamiento del proyecto de Asistencia Técnica.
- Feria agrícola de insumos y servicios.

## Ingenio Mayagüez

### Junio

- Principales enfermedades del cultivo de la caña.
- Manejo y control de los barrenadores de tallo en caña de azúcar

### Julio\*

- Variedades CC 97-7170 y CC 01-678 para ambiente semiseco (experiencia de la hacienda Junín).

### Diciembre

- Proyección climática y su relación con la sacarosa del cultivo.
- Explicación de proceso de obtención del azúcar en el Ingenio, mediante recorrido en la fábrica.
- Presentación a los agricultores el estado del mercado mundial del azúcar.

## Ingenio Pichichí

### Febrero – Marzo\*

- Día de campo con proveedores potenciales adoptadores de la variedad CC 01-678.
- Experiencias y testimonio de proveedores con CC 01-678.
- Productividad, manejo agronómico y labores de campo para la variedad CC 01-678 en el ingenio.
- Productividad de la variedad CC 01-678 a nivel de agroindustria.

### Mayo

- Lanzamiento del proyecto de Asistencia Técnica.
- Criterios para la selección del sistema de riego según oferta y demanda de agua.
- Ventajas y beneficios de los análisis de suelos y foliares como herramienta base para la decisión de la fertilización.

### Agosto

- Identificación de las principales arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Manejo integrado de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Calidad de la labor de aplicación de herbicidas.
- Arvenses benéficas como hospederas de controladores biológicos de plagas.

### Diciembre

- Balance general del ingenio 2018.
- Proyección climática y su relación con la sacarosa del cultivo.
- Manejo integral del cultivo y normatividad para la producción de azúcar orgánico.
- Herramientas tecnológicas Agrónica: Geoportal y App de reconocimiento de enfermedades de Cenicaña.

Continúa

Continuación. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2018.

## Ingenio Providencia

### Marzo

- Aporte del ingenio en la sostenibilidad desde los enfoques social, económico y ambiental.
- Nuevo parque ecológico Providencia, reserva natural al oriente de Palmira.
- Manejo sostenible del recurso hídrico utilizado para riego.
- Balance y sostenibilidad de la fábrica del ingenio.

### Junio

- Manejo integrado de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Identificación de las principales arvenses en el cultivo de la caña de azúcar.
- Productos, dosis y mezclas para el control de arvenses.
- Calidad de la labor de aplicación de herbicidas.
- Arvenses benéficas como hospederas de controladores biológicos de plagas.

### Agosto

- Características agronómicas de la variedad CC 01-1940.
- Manejo integrado de fertilización en el cultivo de la caña de azúcar.
- Manejo integrado de plagas en el cultivo de la caña de azúcar.
- Maduración de la variedad CC 01-1940.

### Octubre

- Beneficios económicos de la evaluación y control de la plaga salivazo en el cultivo de la caña de azúcar.
- Acciones del ingenio para el manejo del salivazo.
- Evaluación y control de la plaga.

### Diciembre

- Importancia de usar eficientemente el recurso hídrico mediante la implementación de tecnologías de programación del riego.
- Caso de adopción del riego por pivote en el ingenio.
- Proyección climática y su relación con la sacarosa del cultivo.
- Cambio de aceite a agua para la lubricación de los pozos.

## Riopaila – Castilla (planta Castilla)

### Febrero

- Beneficios económicos de la evaluación y control de los barrenadores del tallo en el cultivo de la caña de azúcar.
- Resolución ICA 17848: medidas fitosanitarias en el cultivo de la caña de azúcar para la vigilancia y control de las especies de *Diatraea*.
- Acciones del ingenio para el manejo de los barrenadores.
- Conservación de arvenses de hoja ancha identificadas como hospederas de los agentes de control biológico de la plaga.

### Junio

- Beneficios de la cosecha mecanizada.
- Diseño de campo y la colinealidad de surcos para la cosecha mecanizada.
- Acciones del ingenio en la implementación de la agricultura de precisión con el piloto automático y mapas de productividad.
- Acciones del ingenio en la prevención y control oportuno de incendios mediante la brigada forestal.

### Septiembre

- Variedades promisorias con resultados satisfactorios en el ingenio.
- Datos comerciales de la industria de variedades promisorias.
- Importancia de la aplicación de maduradores para obtener mejores rendimientos.
- Importancia de la fertilización para un óptimo desarrollo del cultivo y su productividad.

## Riopaila- Castilla (planta Riopaila)

### Marzo

- Estado actual de las variedades en el ingenio.
- Testimonios de proveedores con nuevas variedades.
- Opciones de renovación de Cenicaña para lograr una mayor rentabilidad.

### Agosto

- Uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.
- Ventajas de la aplicación de Fertirriego en caña de azúcar.

## Continuación. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en 2018.

- Cómo mejorar la fertilización en los cultivos.
- Prácticas innovadoras en fertilización.

### Ingenio Risaralda

#### Marzo

- Experiencias del ingenio, Cenicaña y un cultivador en el uso del riego por goteo
- Beneficios del sistema del riego por goteo
- Impacto económico del uso del sistema de riego por goteo.

#### Octubre

- Detección de salivazo *Aeneolamia Varia* y *Mahanarva bipars* en caña de azúcar: monitoreo y medidas de control.

#### Noviembre

- Estado actual de las variedades en el ingenio.
- Variedades de ambiente húmedo y semiseco CC 09-874, CC 10-450 y CC 10-476.
- Testimonios de proveedores con nuevas variedades.
- Opciones de renovación de Cenicaña para lograr una mayor rentabilidad.

#### Diciembre

- Situación del mercado de los productos derivados de la caña de azúcar.
- Agrónica: las tecnologías al servicio de la agronomía.
- Entrega de diagnósticos realizados a las haciendas sobre potencial productivo.

### Ingenio Sancarlos

#### Agosto

- Estado del clima y proyección.
- Principales plagas del cultivo de la caña de azúcar.
- Metodología para la evaluación y el control de plagas.

#### Diciembre

- Proyección climática y su relación con la sacarosa del cultivo.
- Estado del mercado mundial del azúcar.
- Agrónica: Geoportal y *App* de reconocimiento de enfermedades de Cenicaña.
- Adopción riego tecnificado: experiencia de riego por pivote.

\* Reuniones focalizadas de los Grupos de Transferencia de Tecnología.



GTT



## VI. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

- Alpala Játiva, D.S. 2018. **Determinación de azúcares y ácidos orgánicos vía cromatografía de alta eficiencia HPLC de materiales de procesos azucareros y alcoholeros.** Informe final estudiante en práctica del contrato de aprendizaje SENA. Palmira: SENA; Cenicaña, 19 p.
- Amaya Estévez, A. 2018. **Agrónica: una oportunidad para crecer sosteniblemente.** En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018 p.2.
- Amaya Estévez, A. 2018. **Una alerta sanitaria y una reflexión.** En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). p.2
- Ángel Sánchez, J.C. 2018. **Manejo de enfermedades.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.51-52.
- Ángel, J.C.S., Victoria, J.I.K., Cadavid, M.O., Ángel, C.A.C. 2018. **The race is on: Review, advances and challenges for integrated and sustainable management of sugarcane brown rust and orange rust in Colombia.** International Sugar Journal 120(1437) / 2018.
- Aya Vargas, V.M.; Montoya Lerma, J.; Echeverri Rubiano, C.; Michaud, J.C. y Vargas Orozco, G.A. 2018. **Host resistance to two parasitoids (*Diptera: Tachinidae*) helps explain a regional outbreak of novel *Diatraea* spp. stem borers (*Lepidoptera: Crambidae*) in Colombia sugarcane.** Biological Control. 129, febrero: 18-23.
- Aya Vargas, V.M.; Montoya Lerma, J.; Echeverri Rubiano, E. y Vargas Orozco, G. 2018. **Desarrollo biológico de *Lydella minense* y *Billaea claripalpis* (*Diptera: Tachinidae*) sobre *Diatraea* spp. (*Lepidoptera: Crambidae*).** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.131-137, Colombia.
- Barrios Méndez, R.P.; Franco Arango, C.M.; Jaimes, H.; López Gerena, J. 2018. **Evaluación de tres vías morfogénicas para la regeneración de la caña de azúcar.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.49-57, Colombia.
- Barrios Méndez, R.P.; Sarria, Y.V.; Guerrero Coral, H.L.; Garcés Obando, F.F.; Ángel Sánchez, J.C. y J.I. Victoria Kafure. 2018. **Sistemas de Inmersión Temporal: Una Nueva Alternativa para la multiplicación In Vitro de Semilla Sana de Caña de Azúcar.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.101-109, Colombia.
- Bastidas Obando, E. y Carbonell González, J.A. 2018. **Monitoreo y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca por medio de información satelital y tiempo térmico durante amplos periodos de nubosidad.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.387-393, Colombia.
- Bedoya Martínez, L.F. 2018. **Sistema de información de variedades SIVAR.** Cali: Cenicaña, 10 p. Documento de trabajo, no.761
- Bolaños Moreno, L.M. 2018. **Análisis jugo de caña por método primario y por espectrofotómetro infrarrojo cercano (NIR).** Informe final estudiante en práctica del contrato de aprendizaje SENA Palmira: SENA, Cenicaña, 40 p.
- Bustamante Pájaro, I. del C. 2018. **Evaluación de tecnologías más apropiadas para mitigar el efecto de cambios en la calidad de la materia prima en el color de los materiales de proceso y del producto terminado (azúcar blanco directo y refinado) Informe de práctica profesional.** Cali: Cenicaña, 95 p.
- Campos Rivera, A.; Cruz Bermúdez, D.M. 2018. **Riego por goteo en el cultivo de la caña de azúcar.** Cali: Cenicaña, 179 p.
- Chapid Tobar, H.A. 2018. **Incremento de la eficiencia de extracción en molienda y disminución de su variabilidad ante escenarios cambiantes de operación.** Desarrollo de una estrategia complementaria para la gestión del mantenimiento. Informe

Continúa

Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

final de práctica. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería; Cenicaña.

Celades, J.; Caicedo, J.H.; García, C. and Mora Pérez, H. 2018. **Toward a precision Agricultural implementation for sugarcane plantations in southwestern region Colombia in South Africa.** En: Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture 2018

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **ABC de los sensores de humedad en las labores de riego.** En: Carta Informativa v.6 n.1, Julio (2018). p.4-5.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña. 2018. **Cultivo de la caña de azúcar de Colombia.** Agua. Cali: Colombia, 12 p.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **25 datos de 25 años de registro del clima regional.** En: carta Informativa v.6 no2, p.10-11.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **2017 indicadores de productividad.** En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). P.15.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Las variedades sin la agronomía, sin las fábricas, sin la transferencia no son nada.** En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). p.6-7

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Nace un nuevo parque.** En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.18-19

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Arvenses y moscas: una relación hacia el control biológico por conservación.** En: Carta Informativa v.6 no.1, Octubre 2018. p.16-17

Centro de investigación de la Caña de Azúcar de Colombia Cenicaña. Cenicaña 2018. **Control de Diatraea: compromiso de todos.** En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). p.10-11.

Centro de Investigación de la Caña de azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Establecimos una cultura de trabajo en equipo y de confianza.** En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.4-5.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Monitoreo hidrológico: una experiencia que llega al Cauca.** En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018 p.6-7.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **CC 01-678: una alternativa de alto rendimiento para ambiente semiseco.** En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.14-15.

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Proyección climática.** Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.9

Centro de Investigación de la caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Reconocimiento de enfermedades.** En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.8-9

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Uso de sensores para el control del riego.** Cali: Cenicaña, 23 p. (Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica, PAT Cartilla Didáctica no.4)

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Programa de capacitación para la agroindustria.** En: Carta informativa v.6 no.1, Julio (2018). p.8-9.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **¿Qué tan eficiente es el manejo del agua en su predio?** En: Carta Informativa v.6 no.1, p.12-13. Octubre 2018. p.12-13

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Qué variedades de caña de siembran en el mundo? Parte I.** En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). 12-13.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **¿Qué variedades de caña se siembran en el mundo Parte II?** Cali: Cenicaña. En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.20-21. En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018. p.20-21.

*Continúa*

## Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Cenicaña 2018. **Tres pasos para estar al día en el cultivo de la Caña de Azúcar**. En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). p.9.

Cobo Barrera, D.F.; Ospina Patiño, A.F.; Montes Posso, J.D. 2018. **Strategies for increasing availability and milling performance at colombian mills**. En: **International Sugar Journal v.120 no.1430, February (2018)**. p.124-133.

Cobo Barrera, D.F., Ospina, A.F.; Lucuara Medina, J.E.; F. y Montes, J.D. 2018. **Strategies for increasing availability and milling performance at Colombian mills**. *International Sugar Journal*. 120(1430).

Cortés Betancourt, E. 2018. **Proyección climática para el valle del río Cauca**. En: Carta Informativa v.6 no.1, Julio (2018). p.3.

Crespo Martínez, G.A. 2018. **Medición de color, fenoles y flavonoides en muestras de jugo prensa del proyecto SAM**. Informe de práctica profesional Cali: Cenicaña, 28 p.;CD-ROM

Cuervo Lugo, L.E. 2018. **Control de arvenses**. Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.50.

Cuervo Lugo, L.E.; Viveros Valens, C.A.; Moreno Gil, C.A.; Giraldo, J.L. y A. Otero. 2018. **Efecto de las Velocidades de la Cosechadora Mecanizada y el Extractor Primario en la Materia Extraña y el Rendimiento de Azúcar en la Cosecha en Verde de la Variedad CC01-1940**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.91-100, Colombia.

Delgado Méndez, L.M. 2018. **Implementación de metodologías de determinación de C y N rápidamente mineralizable como herramientas para determinar la respuesta a la fertilización nitrogenada en caña de azúcar**. Informe final de práctica profesional Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Cenicaña, 39 p.; CD-ROM

Díaz Serrano, Z.J. 2018. **Evaluación de biocidas para el control microbiológico en etapa de filtración**. Informe final estudiante en práctica. Bucaramanga: Universidad de Santander, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Cenicaña, 25 p.

Donneys Velasco, L.D.; Garcés Obando, L.D.; Rincón, E.; Cadavid Ordoñez, M. y C.A. Ángel Calle. 2018. **Incidencia del Virus de la Hoja Amarilla (SCYLV), Raquitismo de Soca (RSD) y Escaldadura de la Hoja (LSD) en las Variedades Sembradas en el Valle del Cauca (2015-2017)**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.91-100, Colombia.

Echeverri Rubiano, C.; Gómez Laverde, L.A.; Castro Valderrama, U.; Chica Ramírez, H.A. y G. Vargas Orozco. 2018. **Variedades de Caña de Azúcar y Resistencia a los Barrenadores de Tallo *Diatraea* spp. (*Lepidoptera: Crambidae*)**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.138-147, Colombia.

Echeverry Sandoval, L.P.; Sánchez Motta, T. y N.J. Gil Zapata. 2018. **Caracterización de Caña de Azúcar Desfibrada Vía NIR de Sólidos**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.551-557, Colombia.

Estrada Bedón, A.; Chica Ramírez, H.A. 2018. **Densidad de carga para el transporte de la caña de azúcar**. Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.107-109.

Estrada Bedón, A.; Arévalo Montaña, C.A. y J.A. Carbonell González. 2018. **Cosecha Mecanizada de Caña de Azúcar en el Valle del Río Cauca Evolución y Desafíos Tecnológicos**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.476-480.

Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

Franco Arango, C.M.; Jaimes Quiñones, H.A. 2018. **Edición genómica de caña de azúcar: modificación del ángulo de la hoja en la variedad CC 85-92**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.58-66.

García Cortés, C.E.; Montero Loaiza, D.; Soto Valencia, M.A. y F. Muñoz Arboleda. 2018. **Uso de una Cámara Multiespectral para la Discriminación entre Tratamientos de Nitrógeno en Caña de Azúcar**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.202-208.

Gómez Gil, L.F.; López Murcia, M.A.; Carbonell González, J.A. 2018. **Fisiología**. Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.17-30.

Gómez Gil, L.F.; Narváez Tobón, J.L. y H.A. Chica Ramírez. 2018. **Fisiología y Ecofisiología de la Caña de Azúcar en Colombia: de lo Básico a lo aplicado**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.394-403.

Granobles Parra, Y.X.; Zapata Martínez, S.L.; López Zúñiga, L.O.; Viveros Valens, C.A.; Quintero Muñoz, M.A.; Escobar Ortíz, J.E.; Ángel Cagueñas, M.A.; Garcés Obando, F.F.; Salazar Villareal F.A. 2018. **Estabilidad de la variedad CC 01-678 en el ambiente semiseco del valle del río Cauca**. Cali, Colombia: TECNICAÑA; ATALAC. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.21-27, Colombia.

Hincapié Gómez, E. 2018. **Requerimiento de agua**. Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.46-49.

Hincapié Gómez, E. y Sánchez Benítez, J. 2018. **Manejo del Riego en el Cultivo de la Caña con Sensores de Potencial Mátrico del Suelo**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.358-363.

Hincapié Gómez, E.; Sánchez Benítez, J. y Carbonell González, J.A. . **IoT Network Applied to Agriculture: Monitoring Stations for Irrigation Management in Soils Cultivated with Sugarcane**. En: In: Corrales J., Angelov P., Iglesias J. (eds) Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II. AACC 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 893. Springer, Cham

Hincapié Gómez, E.; Chica Ramírez, H.A. 2018. **Optimización de los Componentes del Balance Hídrico en un Suelo Cultivado con Caña de Azúcar**. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.341-349.

Isaacs Echeverri, C.H.; Pizarro Esquema, M.C.; Moreno Gil, C.A. 2018. **Comportamiento de la variedad CC 01-1940 en áreas de validación de tecnológica con enfoque de AEPS** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de la productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.91-96.

Jojoa Botina, J.F. 2018. **Evaluación de la vitalidad de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* mediante una técnica de poder de acidificación (AP) en fermentadores de destilería de una planta de alcohol carburante**. Informe final estudiante en práctica. Medellín: Universidad de Antioquia, Escuela de microbiología, Cenicaña, 20 p.; CD-ROM

Jiménez, M.A.; Molina, I.C.; Mejía, J.C.; Ramírez, M.; Ramírez Sánchez, G.D. y G.A. Vargas Orozco. 2018. **Mantenimiento de arvenses de hoja ancha en los callejones del cultivo de caña de azúcar para aumentar la actividad de la mosca benéfica *Genea***

Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

- jaynesi sobre los barrenadores del tallo, *Diatraea spp.*** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.148-159.
- López Gerena, J.; Franco Arango, C.M. 2018. **Caracterización molecular.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.15-16.
- López Gerena, J.; Sánchez Motta, T. 2018. **Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia.** Cali: Universidad Icesi. En: Internacionalización de pymes colombianas. Experiencias en Alemania en el marco del global business exchange programme. p.103-107.
- Luna Martínez, J.S. 2018. **Determinación del coeficiente de solubilidad de la sacarosa en mieles de ingenios por método de equilibrio por disolución de cristales.** Cali: Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería química; Cenicaña, 41 p.
- Gómez Gil, L.F.; López Murcia, M.A.; Carbonell González, J.A. 2018. **Fisiología.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.17-30.
- Martínez, M.C.; Loaiza Orduz, C.D.; Duitama, J.A. Riascos Arcos, J.J. 2018. **Optimización del cálculo de distancias genéticas teniendo en cuenta la naturaleza poliploide de la caña de azúcar.** Cali, Colombia: ATALAC, TECNICAÑA. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.43-50
- Mendoza Castiblanco, C.J.; Carbonell González, J.A.; Sánchez, J.B. y J.J. Lasso. 2018. **Evaluación de Desempeño del Sistema de Riego por Manguera Perforada en el Cultivo de Caña de Azúcar en Colombia.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.287-294.
- Mendoza Castiblanco, C.J.; Posada Contreras, C. y Carbonell González, J.A. 2018. **Comparación de Costos de Inversión para el Sistema de Riego por Goteo con Línea Lateral Superficial y Enterrada.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.305-314.
- Mercado Guerrero, S. 2018. **Revisión, desarrollo e implementación de metodologías analíticas para la determinación de compuestos colorantes y precursores de color.** Informe de práctica profesional Cali: Universidad del Valle, 47 p.
- Montes, J.D.; Tascón Vidarte, J.D.; Gómez Perlaza, A. y N.J. Gil Zapata. **Aplicación del Modelo de Imbibición en Línea en la Industria Sucro-energética como Estrategia de Control para Aplicar la Cantidad de Agua en Molienda.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.531-539.
- Montoya Arbeláez, M.; Ángel Sánchez, J.C.; Garcés Obando, F.F.; Ángel Calle, C.A. y R. Rodríguez Betancourt. 2018. **Evaluación de la Resistencia al Virus de la Hoja Amarilla (ScyLV) en Variedades de Caña de Azúcar Utilizando el Áfido Vector *Melanaphis Sacchari* (Zehntner).** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.110-120
- Muñoz Arboleda, F. 2018. **Nutrición.** En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Colombia (CC) 01-1940. p.31-40.
- Ojeda Muñoz, W.A.; Salterén, J.A.; Lucuara Medina, J.E. y N.J. Gil Zapata. **Valorización de Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) de Caña de Azúcar Mediante Densificación Mecánica.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.488-499.



Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

Ospina Patiño, A.F. 2018. **Alternativas para reducir el consumo de energía en el sistema de inyección y rechazo de las fábricas.** Cali: Cenicaña. En: Carta Informativa v.6 no.2, Octubre 2018 p.22-23. Octubre 2018.

Ospina Patiño, A.F.; Montes Posso, J.D.; Lucuara Medina, J.E; Gómez Perlaza A.L. y N.J. Gil Zapata. 2018. **Incremento de la Confiabilidad y Mejoramiento de la Eficiencia Energética de Equipos en la Industria Azucarera Colombiana Empleando Herramientas Asistidas por Computadora.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.714-725

Ospina Ceballos, B. 2018. **Distribución de *M. bipars* en la zona del valle del río Cauca, guía para el control de calidad de *T. exiguum*, y actividades de apoyo en campo y laboratorio.** Informe final Estudiante en práctica Palmira: Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Cenicaña, 17 p.

Palacios García, D.; Múnera Castañeda, B. y N.J. Gil Zapata. **Herramientas para la Evaluación del Desempeño Ambiental en el Sector Agroindustrial de la Caña en Colombia: Caso Huella de Carbono y Huella Hídrica.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.73-78. Colombia.

Paz Carvajal, A. 2018. **Incremento de la eficiencia en los sistemas de generación de vapor y energía eléctrica.** Valorización de subproductos del proceso suroenergético. Informe final pasantía Cali: Universidad del Valle, 49 p.; CD-ROM.

Peña Quiñones, A.J. 2018. **Calendario Pluviométrico para Cuatro Sitios del Valle del Río Cauca.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.513-519.

Peralta Salazar, L.J. 2018. **Determinación de azúcares y ácidos orgánicos vía cromatografía líquida**

**de alta eficiencia-HPLC de materiales provenientes del proceso azucarero y alcoholero.** Informe final estudiante en práctica Cali: Cenicaña, 20 p. CD-ROM

Posada Contreras, C.; Moreno, Gil, C.A. 2018. **Impacto de la adopción de la variedad CC 01-1940 en la productividad de la agroindustria en ambientes húmedos.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no. 40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.142-152.

Prieto Correa, G.C.; Palacios García, D.; Daza Merchán Z.T. y N.J. Gil Zapata. 2018. **Nuevas Herramientas para el Diagnóstico del Desempeño de la Fermentación Alcohólica.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.631-640

Ramírez Sánchez, G.D.; Molina, I.C.; Mejía, J.C. y G.A. Vargas Orozco. 2018. ***Bacillus thuringiensis* como Alternativa para el Control de *Diatraea spp.* en el Valle del Río Cauca.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.110-120

Riascos Arcos, J.J., Loaiza Orduz, C.D., Salazar Villareal, F.A., López Gerena, J., Moreno Gil, C.A., López Zúñiga, L.O., Martínez M.C. y Victoria Kafure, J.I. 2018. **Avances en la Identificación de Marcadores Moleculares Asociados a Caracteres Fenotípicos de Interés para el Mejoramiento de la Caña de Azúcar.** Cali, Colombia: TECNICAÑA; ATALAC. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.73-78. Colombia.

Rivas Viedman, J.L.; Sánchez Benítez, J.; Carbonell González, J.A.; Hincapié Gómez, E. 2018. **SAMI oT-Middleware based on IoT for irrigation planning on largr-scale crops.** En: The Third International Conference on universal Accessibility in the Internet of Things and Smart Environments. p.51-59

Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

Roa Lozano, J.; Espinosa, M.A.; Cadavid Ordoñez. M.; Muñoz Arboleda, F.; Chica Ramírez, H.A. y C.A. Angel Calle. 2018. **Cuantificación de la Fijación Biológica de Nitrógeno en Aislamientos de tres Géneros Bacterianos Asociados a Caña de Azúcar en el Valle del Río Cauca en Colombia.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.228-238, Colombia.

Salamanca Canizales. L.J. 2018. **Potencialidad de *Cotesia flavipes* Cameron (*Hymenoptera: Braconidae*) para el control del complejo *Diatraea* (*Lepidoptera: Crambidae*) en el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca, Colombia.** Palmira; Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias; Cenicaña, 202 p.

Salazar Vásquez, F.A. 2018. **Clasificador de enfermedades de la hoja de la caña usando inteligencia artificial.** Informe de práctica profesional. Cali: Universidad del Valle; Cenicaña, 8 p.

Salazar Villareal, F.A.; López Zuñiga, L.O.; Viveros Valens, C.A.; Zapata, S. L.; Granobles Parra, Y.X.; Quintero Muñoz, M.A.; Garcés Obando, F.F.; Victoria Kafure, J.I.; Rangel Jimenez, H. 2018. **Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de la variedad CC 01-1940 a través de pruebas regionales en ambientes húmedos del valle del río Cauca.** Cali, Colombia: TECNICAÑA; ATALAC. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.9-20, Colombia.

Salazar Villareal, F.A.; López Zuñiga, L.O.; Victoria Kafure, J.I.; Rangel Jiménez, H. 2018. **Evaluación de la estabilidad de la variedad CC 01-1940 a través de pruebas regionales en ambientes húmedos.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.75-90.

Santacruz Delgado, C.X.; Muñoz Perea, C.G.; Chica Ramírez H.A.; Ángel Sánchez, J.C.; Victoria Kafure, J.I.; Garcés Obando, F.F.; Ángel Calle, C.A. 2018. **Variabilidad Patogénica de Cuatro Aislamientos de *Puccinia Melanocephala* H. Sydow y *P. Sydow*,**

**Causante de la Roya Café de la Caña de Azúcar en el Valle del Cauca.** Colombia. Cali, Colombia: TECNICAÑA; ATALAC. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.79-90, Colombia.

Tascón Vidarte, J.D.; Rodríguez Sarasty, J.G. y Gil Zapata, N.J. 2018. **Determinación de Condiciones y Estrategias de Control para Estabilizar el pH de Jugo Encalado.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.586-596.

Tascón Vidarte, J.D.; Rodríguez Sarasty, J.G. y Gil Zapata, N.J. 2018. **Beneficios de la Automatización de Evaporación.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.695-704.

Tierradentro Muñoz, J.A. 2018. **Caracterización geométrica de cristales de sacarosa mediante técnicas de visión artificial.** Cali: Universidad del Valle; Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 26 p.

Trujillo Montenegro, J.H.; Duitama, J.; Quintero M. , L.C.D.; Devega, J.; Riascos, J.J. 2018. **Construcción de un genoma de caña de azúcar a partir de una variedad colombiana (variedad CC) de alto desempeño utilizando datos de secuenciación de nueva generación.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.67-72

Trujillo Montenegro, J.H.; Riascos Arcos, J.J. 2018. **Cenicaña avanza en la construcción del genoma de la caña de azúcar.** En: Carta Informativa v.6 no1, Julio (2018). p.16-18.

Vargas Orozco, G.A.; Lastra Borja, L.A.; Ramírez, G.D.; Solís M.A. 2018. **The *Diatraea* Complex (*Lepidoptera: Crambidae*) in Colombia's Cauca**

Continuación. IV. Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2018.

**River Valley: Making a Case for the Geographically Localized Approach.** Neotropical Entomology June 2018, Volume 47, Issue 3, pp 395–402.

Valencia Arcila, J.; Medina Vargas, G.; López Arbelaez, W.; Tiqué, W.; Viveros Valens, C.A.; Moreno Gil, C.A. 2018. **Metodología para el desarrollo comercial de variedades en el ingenio la Cabaña.** Cali, Colombia: ATALAC, TECNICAÑA. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.35-42, Colombia.

Vargas Orozco, G.A. 2018. **Avances en el Manejo de los Barrenadores del Tallo de la Caña de Azúcar, *Diatraea* spp.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.160-164, Colombia.

Vargas Orozco, G.A. 2018. **Manejo de plagas.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.53-59.

Villegas Trujillo, F. 2018. **Germinación.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.41-45

Villegas Trujillo, F. 2018. **Maduración.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.60-74.

Villegas Trujillo, F. 2018. **Maduración de la Variedad CC 01-1940 en Ambientes Húmedo y Semi-seco del Valle del Río Cauca.** En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.426-436, Colombia.

Viveros Valens, C.A. Ed. 2018. **Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia CC 01-1940.** Cali: Cenicaña, 162 p. Serie Técnica, no.40

Viveros Valens, C.A. ed. 2018. **Genealogía.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.11.

Viveros Valens, C.A. 2018. **Morfología.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.13-14.

Viveros Valens, C.A.; Moreno Gil, C.A. 2018. **Comportamiento comercial de la variedad CC 01-1940 frente a la CC 85-92 a través de los cortes.** Cali: Cenicaña. En: Serie Técnica, no.40. Características agronómicas y de productividad de la variedad Cenicaña Colombia (CC) 01-1940. p.97-106.

Viveros Valens, C.A.; Cuervo Lugo, L.E.; Bohórquez Paez, J.; Zapata Martínez S.L.; Granobles Parra, Y.X.; Quintero Muñoz, M.A.; López Zuñiga, L.O.; Ángel Sánchez, J.C.; Garcés Obando, F.F.; Moreno Gi, C.A.; Vargas Orozco, G.A.; Echeverri Rubiano, C.; Escobar Ortíz, J.E.; Cagüañas Parra, M.A.; Salazar Villareal, F.A. 2018. **Variedades de caña de azúcar robustas para las zonas húmedas del valle del río Cauca.** Colombia Cali, Colombia: TECNICAÑA; ATALAC. En: XI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe; Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de Caña de Azúcar. Memorias. Septiembre 24-28, 2018, p.1-8. Colombia.

Zhang, Jisen; Zhang, Xingtang; Tang, Haibao [et al.]. 2018. **Allele-defined genome of the autopolyploid sugarcane *Saccharum spontaneum* L.** Nature Genetics (2018-11-01) 50: 1565-1573, November 01, 2018.



BIBLIOTECA



# Apéndice

	Página
I. Comités de Investigación en 2018 .....	100
II. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2018.....	103
III. Reconocimientos otorgados a Cenicaña y/o sus profesionales en 2018 .....	107
IV. Convenios y acuerdos de cooperación suscritos en 2018.....	108
V. Registros de derechos de obtentor de variedades en 2018 .....	108
VI. Capital humano en 2018 .....	108
VII. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2018) .....	109

## I. Comités de investigación en 2018.

### Comité de Campo

#### Febrero 28

- Informe de la Dirección General.
- Clima y proyecciones 2018.
- Productividad y proyecciones 2018.
- Factores que inciden en la sacarosa (campo, cosecha, fábrica).

#### Mayo 30

- Informe de la Dirección General.
- Clima: primer trimestre 2018 y proyecciones.
- Nuevos productos web con información meteorológica.
- Productividad primer trimestre 2018 y proyecciones.
- Uso de los maduradores en 2017.
- Avance nuevas variedades y sanidad del cultivo.

#### Agosto 22

- Informe del Director General.
- Informe del clima - pronósticos.
- Red de pluviometría del ingenio Manuelita.
- Informe de producción - pronósticos.
- Legislación de uso de ultralivianos y drones.
- Avances en usos de la percepción remota.

#### Noviembre 28

- Informe del Director General.
- Informe del clima - pronósticos.
- Informe de producción - pronósticos.
- Importancia y requisitos para la certificación en buenas prácticas agrícolas.
- Informe *Workshop ISSCT* en Agronomía e Ingeniería Agrícola.
- Avances en el manejo de plagas y enfermedades. Meteoportal.

### Comité de Cosecha

#### Junio 7

- Estimación de sacarosa (% caña) en mata: avance de su implementación en ingenios.
- Estandarización de la metodología para cuantificación de materia extraña: comparación de métodos de muestreo.
- Accidentalidad de equipos de transporte.

- Reflectivos para equipos de transporte.
- Potencial de uso de mezclas de combustible con etanol en motores diésel.

#### Octubre 18

- Informe de clima y pronósticos.
- Análisis de un equipo forestal como alternativa para el alce de caña en condiciones de alta humedad o para recolección de caña de repique.
- Avances del uso de mezcla de diesel con etanol en equipos de cosecha.
- Estadísticas de cosecha – primer semestre 2018.
- Avances en evaluación del prototipo de troceado de caña larga.
- Metodología de investigación en cosecha mecanizada en Cenicaña.
- ¿Viabilidad de una cosechadora para Cenicaña?

#### Diciembre 13

- Reporte de consulta SINPAVESA.
- Informe de clima y pronósticos.
- Aumento de cosecha mecanizada en verde y residuos de cosecha en relación con incidencia de plagas y enfermedades.
- Análisis de caña via NIR de sólidos.
- Informe de avance – Grupo de Trabajo en materia extraña.
- Informe de *Workshop ISSCT* Ingeniería Agrícola, Agronomía y Extensión

### Comité de Variedades

#### Abril 11

- Variedades para el ambiente semiseco y húmedo.
- Plan varietal Riopaila Agrícola.
- Plan varietal Riopaila Castilla- planta La Paila.
- Recorrido en prueba regional ambiente húmedo serie 2009-2010.
- Semillero variedades promisorias ambiente semiseco.

#### Junio 27

- Variedades promisorias para ambiente semiseco.
- Distribución varietal Riopaila Agrícola.
- Distribución varietal Riopaila Castilla-Planta Castilla Recorrido ensayos adopción por etapas para el ambiente semiseco

Continúa

## Continuación. Comités de investigación en 2018.

## Comité de Fábrica

## Febrero 28

- Informe de la Dirección General.
- Comportamiento principales indicadores fábrica 2010 - 2017.
- Productos consolidados y en desarrollo en calidad de caña y en preparación y extracción.
- Productos consolidados y en desarrollo en elaboración.

## Mayo 23

- Condiciones Niño - Niña y clima del valle del río Cauca 2018. Trimestre I, Proyecciones trimestres 2 y 3.
- Producción, productividad y proyecciones de la agroindustria de la caña.
- Alternativas para diversificación del proceso sucro-energético.
- Potencial de ahorro energético en el sistema de agua de inyección y rechazo.
- Avances en confiabilidad y gestión de mantenimiento con enfoque RAMS.
- Evaluación de estrategias de control en un molino intermedio por medio de simulación.
- Herramientas para el desarrollo del desempeño ambiental: Huella hídrica y huella de carbono.

## Agosto 15

- Informe de la Dirección General.
- Clima del valle del río Cauca durante el primer semestre 2018. Proyecciones para el segundo semestre de 2018.
- Productividad de la agroindustria de la caña de Colombia. I semestre 2018.
- Desempeño de algunos indicadores del proceso fabril.
- Identificación e impacto de microorganismos en el área de elaboración de azúcar y su aporte en las pérdidas de sacarosa.
- Impacto del reproceso de materiales y prácticas analíticas en el balance de sacarosa.
- Herramientas para el diagnóstico del desempeño de la fermentación alcohólica: aplicación industrial.

## Noviembre 21

- Informe de la Dirección General.
- Clima 2018 y proyección I semestre 2019.

- Productividad de la agroindustria de la caña de Colombia. Enero – octubre 2018 y proyección 2019.
- Presentación proyectos nuevos - portafolio de proyectos 2019.
- Aspectos relevantes *ISSCT Workshops Engineering and Processing*.
- Análisis calidad de caña usando NIR de sólidos.
- Evaluación de pérdidas de sacarosa en las estaciones de clarificación y filtración en ingenio piloto.
- Estrategias para el incremento de la eficiencia de combustión en calderas.
- Estimación del consumo de vapor en fábrica como indicador de gestión energética en ingenios colombianos.

## Comité de Sanidad Vegetal

## Abril 4

- Efecto del virus de la hoja amarilla (SCYLV) en la producción de caña de azúcar.
- Estudios epidemiológicos de la roya café *Puccinia melanocephala* y *Puccinia kuehnii* en el valle del río Cauca (propuesta e información preliminar).
- Avances en la distribución de *Mahanarva bipars* en la zona norte del Valle del río Cauca. Desarrollo de metodología para aumentar el parasitismo de *Billaea claripalpis* sobre *Diatraea saccharalis* (Lep: Crambidae), en condiciones de laboratorio.

## Agosto 1

- Servicio de Diagnóstico de enfermedades durante el primer semestre del 2018. Monitoreo de CC 01-1940 para roya. Situación de los barrenadores de la caña de azúcar en la industria azucarera. Brote de salivazo *Aeneolamia varia*.

## Diciembre 18

- Optimización del cultivo de la Caña de azúcar mediante la aplicación de tecnologías biológicas.
- Estado actual de las plagas de la caña de azúcar. Monitoreo de roya naranja en la variedad CC 01-1940.
- Servicio de inspección fitopatológica.
- Multiplicación y propagación de variedades.
- App para el reconocimiento de enfermedades.

Continuación. Comités de investigación en 2018.

## Comité de Transferencia de Tecnología

### Junio 27

- Estado actual y proyecciones del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología.
- Programa de asistencia técnica: diagnóstico, estado actual y proyecciones.
- Programas de transferencia de tecnología: GTT y PAT estado actual.

### Diciembre 11

- Logros y proyecciones del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología.
- Resultados de la encuesta anual de adopción de tecnología.
- Impacto de las actividades de transferencia en la adopción de tecnología.

## Comité de Maduración

### Marzo 8

- Balance de la maduración del año 2017. Discusión de los resultados de maduración en 2017.

### Junio 14

- Aplicación de productos agrícolas por vía aérea utilizando drones. Demostración de campo.

- Experiencias en la aplicación de maduradores utilizando drones en varios ingenios.

### Septiembre 9

- Informe del Director General.
- Clima del primer semestre de 2018 y proyección climática para el segundo semestre del 2018 y primer semestre de 2019.
- Indicadores de productividad.
- Inocuidad e insumos agrícolas.
- Requisitos generales de aeronavegabilidad y operaciones para drones (RPA: *Remotely Piloted Aircraft*).
- Algunos aspectos de la maduración de la caña de azúcar.

### Diciembre 6

- Informe del Director General.
- Informe del clima y proyecciones.
- Indicadores de productividad de la agroindustria de la caña.
- Socialización y discusión sobre el proyecto de reglamentación sobre Sistemas de Aeronaves no Tripuladas - Drones (RAC 91).
- Aspectos de la maduración de la caña de azúcar.
- Encuesta sobre factores que afectan el contenido de sacarosa.



COMITÉS



## II. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2018.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
XI Congreso ATALAC - Tecnicaña: Agroindustria Inteligente para la Competitividad y Sostenibilidad / Tecnicaña – ATALAC / Cali, Colombia.	Septiembre 24 - 28	J. Carbonell, E. Hincapié, C. Mendoza, F. Hoyos, D. Cruz, F. Muñoz, F. Villegas, J. Roa, C. Arévalo, C. García, M. Castro, C. Muñoz, A. Estrada, L. Gómez, J. Valencia, M. Soto, D. Montero, A. Peña, J. Sánchez, J. Lasso, G. Segura, J. Narváez, H. Enríquez, A. Gómez, A. Ospina, N. Gil, B. Múnera, D. Cortés, D. Palacios, G. Prieto, J. Soto, J. Realpe, J. Armero, J. Sierra, J. Calpa, J. Rodríguez, J. Saltaren, L. Echeverry, N. Alarcón, N. Arveláez, R. Betancourt, S. Pereddo, T. Daza, W. Ojeda, L. López, M. Cagüañas, L. Donneys, M. Quintero, C. Viveros, E. Rincón, J. Riascos, M. Martínez, H. Jaimés, J. Trujillo, R. Barrios, I. Ocampo, E. Torres, V. Aya, X. Granobles, F. Salazar, F. Garcés, J. Angel, M. Montoya. A. Vélez, G. Castaño, G. Ramírez, J. Caicedo, W. Berrio, J. Rivas, H. Gallardo, C. Rojas, M. Diago, J. Celades, H. Chica, C. Posada, C. Moreno, C. Isaacs, M. Pizarro, L. Jimenez, H. Silva, S. Alarcón, S. Guzmán, M. Rondón, V. Carrillo, A. Campiño, L. Mosquera, A. Arias, M. Rodríguez, L. González, R. Candelo, G. Vargas, C. Echeverri.
Diplomado en ciencia e ingeniería de datos / Cenicaña - Univalle / Cali, Colombia.	Febrero – Mayo	L. López, S. Zapata, E. Rincón, M. Martínez, L. Mosquera, H. Jaimés, J. Trujillo, A. Vélez, L. Bedoya, J. Rivas, H. Gallardo, C. Rojas, D. Cruz, C. García, J. Valencia, M. Soto, D. Montero.
I Encuentro Nacional de Laboratorios Registrados ante el ICA / ICA / Medellín, Colombia.	Noviembre 15 - 16	L. Donneys.
Cruzamientos para Cenicaña / Centro de Investigación y Desarrollo de la Caña de Azúcar de México / Tuxla Chico, México.	Noviembre 19 – diciembre 7	C. Viveros.
XXVII Congreso Nacional y VII Internacional de Fitogenética / Sociedad Mexicana de Fitogenética / Montecillo, México.	Septiembre 24 – 28	S. Zapata.
Taller de Actualización en Virología Vegetal / Ascolfi / Bogotá, Colombia.	Agostos 17 - 18	E. Rincón, M. Montoya, J. Ángel, E. Rincón.
Calibración de equipos, verificaciones intermedias y medición eficiente / FV Colombia / Cali, Colombia.	Noviembre 15 - 17	E. Rincón.
Plant & Animal Genome Conference / Plant & Animal Genome Conference / San Diego, EE.UU.	Enero 12 - 17	J. Riascos.

Continúa



Continuación. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2018.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
Ciberestructura para Biodiversidad / Erham Institute / Bogotá, Colombia.	Junio 27 - 28	M. Martínez, J. Riascos.
Edición Genómica / Universidad de La Florida / Gainesville, EE.UU.	Octubre 2017 – octubre 2018	M. Franco.
Genética Vegetal y Biología Molecular / ISSCT / Okinawa, Japón.	Octubre 22 – 26	J. López.
Simposio de Control Biológico / Agrosavia / Bogotá, Colombia	Junio 20 - 21	V. Aya, G. Ramírez, C. Echeverri.
45° Congreso Nacional de Entomología/ Socolen / Cali, Colombia.	Julio 11 - 13	V. Aya, G. Vargas, G. Ramírez, M. Rondón, C. Echeverri, L. Rivera.
Rendición de Cuentas vigencia 2017 y avances 2018 del ICA en el Valle del Cauca / ICA / La Unión, Colombia.	Julio 5	J. Ángel.
Taller de Entomología / ISSCT / La Florida, EE.UU.	Diciembre 3 – 7	G. Vargas.
XII taller de Fitología / ISSCT / Coimbatore, India.	Septiembre 3 – 7	F. Garcés.
Foro Regional de Bioeconomía / Universidad Tecnológica de Pereira / Pereira, Colombia	Julio 12	F. Garcés, S. Guzmán.
Andicom - Congreso Internacional de TIC 2018 / Cintel / Cartagena, Colombia	Septiembre 4 - 6	H. Silva, J. Rivas.
XI Conferencia Colombiana de Comunicaciones y Computación / IEEE / Medellín, Colombia	Mayo 16 - 18	M. Diago, H. Gallardo.
Colombia 4.0. / Mintic / Bogotá, Colombia.	Octubre 19 - 21	M. Diago, J. Caicedo.
Congreso Internacional en Aplicaciones de la Inteligencia Artificial / Universidad Nacional de Colombia / Bogotá, Colombia.	Noviembre 2 - 3	L. Bedoya.
DragonJAR Security Conference 2018 / Dragon JAR / Bogotá, Colombia.	Septiembre 8 - 9	W. Berrio, D. Narváez.
Expocaña Internacional 2018 / Procaña / Cali, Colombia.	Mayo 9	J. Carbonell, E. Hincapié, F. Muñoz, S. Guzmán.
Modelamiento SWAT en caudales y sedimentos / Universidad Nacional de Colombia / Palmira, Colombia.	Febrero 1 - 2	F. Hoyos.
ClimateWise: Climate-Smart Watershed Investmens in the Montane Tropics of South America / Universidad de Minnesota / Quito, Ecuador.	Febrero 19 - 23	F. Hoyos.

Continúa

Continuación. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2018.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
II Conferencia Internacional de TICs, agricultura para la adaptación al cambio climático / Icesi / Cali, Colombia.	Noviembre 21 - 23	J. Sánchez.
Taller de Agronomía e Ingeniería Agrícola / ISSCT / Isla Reunión, Francia.	Septiembre 21 - 30	F. Muñoz, C. Arévalo.
Curso de Biología del suelo / Universidad Nacional de Colombia - CIAT - Universidad de Minnesota / Palmira, Colombia.	Abril 16 - 20	J. Roa.
XX Congreso Internacional de Mantenimiento y Gestión de Activos 2018 / Bogotá, Colombia.	Mayo 8 - 11	C. Muñoz.
Curso Eddy Covariance / CIAT / Palmira, Colombia.	Julio 11 - 14	L. Gómez, A. Peña.
Jornada de socialización del proyecto de Resolución para regular el uso de aviones no tripulados / Bogotá, Colombia.	Noviembre 28	M. Castro.
Congreso-Escuela en Estadística Espacial. Aplicaciones en Agricultura y Ambiente / Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba / Córdoba, Argentina.	Diciembre 12 - 14	M. Castro.
Space for Smarter Government / Embajada Británica en Colombia / Bogotá, Colombia.	Mayo 2	C. García.
Workshop Inteligencia Artificial / CIAT / Palmira, Colombia	Mayo 8 - 22	C. García, J. Valencia, M. Soto, D. Montero.
II Foro IDESC datos espaciales / Departamento de Planeación Municipal Santiago de Cali / Cali, Colombia.	Noviembre 22 - 23	C. García.
UNIGIS / Icesi / Cali, Colombia	Noviembre 16	M. Soto.
Seminario Resiliencia Climática / FSC Colombia Starbucks Coffee Company / Manizales, Colombia.	Noviembre 13	Peña.
Taller de Procesos e Ingeniería / ISSCT / Cali, Colombia.	Octubre 1 - 3	A Gómez, A. Ospina, J. Rodríguez, J. Saltaren, N. Gil, S. Pereddo, T. Daza.
Máster Europeo en Energías Renovables / Universidad de, Alemania – Universidad de Ciencias Aplicadas Hanze, Holanda.	Enero – Diciembre	J. Lucuara.
Curso Internacional de Colecciones de Microorganismos: aspectos técnicos y legales / Pontificia Universidad Javeriana / Bogotá, Colombia.	Octubre 31	T. Daza.

Continuación. Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2018.

Evento / Entidad organizadora / Lugar	Fecha	Participante
Seminario Bonos de carbono clúster de Bioenergía / Cámara de Comercio de Cali / Cali, Colombia.	Noviembre 15 - 16	B. Múnera.
Visita Universidad de La Florida y Florida Crystals / La Florida, EE.UU.	Febrero 6 - 10	N. Gil.
Reunión Comité Ejecutivo de la ISSCT / ISSCT / Buenos Aires, Argentina.	Abril	N. Gil.
II Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el proceso agroindustrial de la caña de azúcar ATACORI / Laica / Puntarenas, Costa Rica.	Junio	T. Daza.
Pellets de biomasa para generación de energía en el Reino Unido / Orla Williams / Florida, Colombia.	Marzo 27	J. Saltaren, J. Montes, A. Paz, C. Castro.
II Congreso Nacional de Bionergía Bi-On 2018 / Cámara de Comercio de Cali / Cali, Colombia.	Abril 26 y 27	D. Palacios, A. Ospina.
Seminario de riego por pivote / Cali, Colombia.	Julio 24	S. Alarcón, M. Pizarro.
Curso TIC y audiovisual: creación de contenidos web / Univalle, Cali, Colombia.	Septiembre 11 – Noviembre 13	M. Rodríguez.
Curso Community Manager: introducción a la gestión de contenidos / Univalle, Cali, Colombia.	Septiembre 11 – Noviembre 20	M. Rodríguez, H. Silva.
Diplomado en gerencia de proyectos con enfoque PMI / Tecnicaña / Cali, Colombia	Junio 18	L. González.
51° Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente / Consejo Colombiano de Seguridad / Bogotá, Colombia.	Junio 27 - 29	M. Zuluaga.
Diplomado Gestión del Talento Humano en los Sistemas de Gestión de Seguridad y salud en el trabajo / Universidad Autónoma de Occidente / Cali, Colombia.	Abril	M. Zuluaga.
Curso Análisis Multicriterio en Ingeniería / Univalle / Florida, Colombia.	Junio 12 - 22	Posada, L. Mosquera, C. Moreno, H. Chica.

### III. Reconocimientos otorgados a Cenicaña y/o sus profesionales en 2018.

Reconocimiento / evento	Trabajo y/o proyecto	Autores
Investigador Joven / Taller de Ingeniería / ISSCT	Aumento de la eficiencia de combustión de bagazo en la industria azucarera colombiana.	A. Ospina.
Investigador Joven / Taller de Procesos / ISSCT /	Efectos fisicoquímicos de la acción microbiana e indicadores de pérdidas microbianas de azúcar.	T. Daza.
Investigador Joven / Taller de Entomología / ISSCT /	Arvenses de Hoja Ancha y Control Biológico por Conservación de los Barrenadores del Tallo de la Caña de Azúcar	G. Vargas.
Categoría Campo / XI Congreso ATALAC Tecnicaña Agroindustria Inteligente para la Competitividad y Sostenibilidad.	Uso de una cámara multispectral para la discriminación entre tratamientos de nitrógeno en caña de azúcar.	García, D. Montero, M. Soto, F. Muñoz.
Categoría Procesos Industriales / XI Congreso ATALAC Tecnicaña Agroindustria Inteligente para la Competitividad y Sostenibilidad.	Beneficios de la automatización de evaporación.	J. Calpa, J. Tascón, J. Rodríguez, N. Gil.
Categoría Pósters / XI Congreso ATALAC Tecnicaña Agroindustria Inteligente para la Competitividad y Sostenibilidad.	Avances en el desarrollo de una metodología para la evaluación y selección temprana de variedades de caña de azúcar tolerantes a estrés por sales mediante condiciones de hidroponía.	M. Quintero, F. Salazar, L. Lopez, C. Viveros., F. Garcpes, H. Chica, S. Zapata, M. Cagúeñas, Y. Granobles, J. Escobar.
Premio Hermano Apolinar María Opción Natural / 45° Congreso Nacional de Entomología/ Socolen.	Franjas de vegetación natural: estrategia para conservación de hormigas y conectividad en paisajes cañeros.	L. Rivera.
Valle territorio inteligente e innovador, categoría Rural sostenible / Gobernación del Valle.	Proyecto de la Red GNSS RTK.	Cenicaña.

## IV. Convenios y acuerdos de cooperación suscritos en 2018.

**Universidad del Valle.** Enero. Convenio de práctica y pasantías académicas en Cenicaña.

**SENECA (universidades y empresas energéticas).** Julio. Acuerdo de colaboración: alianza para la sostenibilidad energética de los sectores industrial y de transporte colombiano mediante el aprovechamiento de recursos renovables regionales: Sostenibilidad Energética para Colombia (SENECA).

**OMICAS (universidades, CIAT, Fedearroz y Hi-tech).** Agosto. Acuerdo de colaboración para el desarrollo del ecosistema científico Optimización Multiescala Insilico de Cultivos Agrícolas Sostenibles (OMICAS). Infraestructura y validación en arroz y caña de azúcar.

**Asocaña.** Octubre. Convenio de cooperación para implementar, administrar, operar y realizar mantenimiento a la Red Automatizada de Monitoreo de Material Particulado PM10 y PM2.5 de la agroindustria colombiana de la caña.

## V. Registros de derechos de obtentor de variedades en 2018.

Ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) actualmente Cenicaña tiene 22 variedades de caña de azúcar con derechos de obtentor.

En el 2018 se presentaron diez solicitudes de registro para las siguientes variedades: CC 00-3257, CC 01-746,

CC 05-231, CC 05-430, CC 09-066, CC 09-535, CC 09-874, CC 10-450, CC 11-600 y CC 91-1606

Este año también se solicitó el retiro de las variedades CC 87-434, CC 84-75 y CC 85-92, al cumplirse los 15 años de protección.

## VI. Capital humano en 2018.

En el 2018 Cenicaña contó con el apoyo de 250 colaboradores para el desarrollo de proyectos de investigación y la prestación de servicios, así: 100 personas de nivel profesional (2 con postdoctorado, 15 con doctorado, 24 con maestría, 59 con pregrado); 51, de apoyo en investigación y servicios; 77 trabajadores de campo, y 10 aprendices del Sena. En trabajo de grado y pasantía estuvieron 14 estudiantes de distintas disciplinas.

Este año se produjeron varios retiros de colaboradores por motivo de pensión, de los cuales 5 pertenecían al personal profesional; 3, al grupo de apoyo en investigación y servicios; y 3, al personal de campo.

Entre el grupo de profesionales que se retiraron por pensión están: Armando Campos Rivera, quien estuvo vinculado como asesor en manejo de aguas; Jorge Ignacio Victoria, quien se encontraba como asesor del Programa de Variedades; Genith Medranda, contadora de Cenicaña; Camilo Humberto Isaacs, jefe del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología (SCTT); y Enrique Cortés, meteorólogo.

Fernando Villegas Trujillo, asumió como jefe del SCTT; Andrés Javier Peña, como meteorólogo; y Karen Bolaños, como contadora.

## VII. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2018).

### Dirección General

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

### Dirección Administrativa

**Einar Anderson Acuña.** Director Administrativo. Ingeniero Industrial.

**Karen Bolaños Botello.** Contadora. Contadora Pública.

**Andrea Patricia Castro Rebellón.** Contadora Asistente. Contadora Pública.

**Paola Andrea Sarria Acosta,** Contadora Asistente. Contadora Pública.

**Claudia Camargo Martínez.** Jefe de Compras y Servicios Generales. Administradora de Empresas.

**Maria Fernanda Zuluaga Mantilla.** Coordinadora del Sistema de Gestión y Seguridad en el Trabajo. Administradora de Empresas. M.Sc.

### Programa de Variedades

**Freddy Fernando Garcés Obando.** Director Programa de Variedades. 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.

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

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

**Alejandro Hipólito Pabón Valverde.** Entomólogo. Ingeniero Agronómico, Ph.D.

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

**Eliana Andrea Rincón.** Microbióloga Agrícola. Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

**María Camila Martínez Villa.** Asistente de Investigación en Bioinformática. Bióloga, M.Sc.

**Gershon Darío Ramírez Sánchez.** Entomólogo. Ingeniero Agrónomo.

**Yarley Ximena Granobles Parra.** Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma.

**Leidy Diana Donneys Velasco.** Coordinadora Laboratorio Diagnóstico Enfermedades. Bacterióloga.

**Hugo Arley Jaimes Quiñónez.** Biotecnólogo. Biólogo.

**Claudia Marcela Franco Arango.** Bióloga. Bióloga.

**Claudia Echeverri Rubiano.** Bióloga. Bióloga.

**Rocio del Pilar Barrios Méndez.** Bióloga. Bióloga.

**Isabel Cristina Ocampo Quiceno.** Asistente de investigación, Bióloga.

**Eliana Torres Bedoya,** Asistente de investigación. Bacterióloga.

**Sandra Lorena Zapata Martínez.** Investigador temporal. Ingeniera Agrónoma.

**Manuel Alexander Quintero Muñoz.** Investigador temporal. Ingeniero Agrónomo.

**Melissa Montoya Arbeláez,** Investigador temporal. Ingeniera Agrónoma.

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

**Miguel Ángel Cagúeñas Parra,** Ingeniero Agrónomo. Ingeniero Agronómico.

### Programa de Agronomía

**Javier Alí Carbonell González.** Director Programa de Agronomía. 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.

**Christian José Mendoza Castiblanco.** Ingeniero de Suelos y Aguas. Ingeniero Agrícola, Ph.D.

**Andrés Javier Peña Quiñones.** Meteorólogo. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

**Mauricio Castro Franco.** Investigador Agricultura de Precisión. Ingeniero Agrónomo, Ph.D. \*

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

**Jennifer Roa Lozano.** Asistente de Investigación. Bióloga, M.Sc.

\* Profesional con postdoctorado.

## Continuación. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2018)

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

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

**Fanny Hoyos Villada.** Ingeniera Agrícola. Ingeniera Agrícola.

**Doris Micaela Cruz Bermudez.** Ingeniera de Suelos y Aguas. Ingeniera Agrícola.

**Juan Manuel Valencia Correa.** Analista Sistemas Información Geográfica. Ingeniero Topográfico.

**Mario Andrés Soto Valencia.** Topógrafo. Ingeniero Topográfico.

**Efraín Camilo Muñoz Montenegro.** Ingeniero Mecánico Cosecha. Ingeniero Mecánico.

**Jorge Luis Narváez Tobón.** Investigador temporal, Ingeniero Agrónomo.

**David Montero Loaiza.** Auxiliar de Sistemas de Información Geográfica. Ingeniero Topográfico.

**Diana Marcela Cuero Pabón,** Auxiliar Laboratorio de Suelos. Ingeniera Agrícola.

### Programa de Procesos de Fábrica

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

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

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

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

**Juan Sebastián Saltaren Bouzas.** Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico, M.Sc.

**Juan Manuel Armero Viveros.** Ingeniero Electrónico. Ingeniero Electrónico, M.Sc.

**Sara del Carmen Perredo Vidal.** Química. Química.

**Kimberly Gutiérrez Castellanos.** Química. Química

**Sylvana Posso Hernández.** Química. Química

**Natalia Fernanda Alarcón Pulistar.** Química. Química.

**José Sebastián Soto Girón.** Químico. Químico

**Esteban Omar Benavides Hidalgo.** Químico. Químico

**Juan Gabriel Rodríguez Sarasty.** Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.

**David Palacios García.** Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.

**José Vicente Realpe Salcedo.** Ingeniero Químico. Ingeniero Químico.

**Gloria Carolina Prieto Correal.** Microbióloga. Microbióloga Industrial.

**Juanita Sierra Becerra.** Microbióloga. Microbióloga Industrial.

**Andrés Felipe Ospina Patiño.** Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

**Julian Esteban Lucuara Medina.** Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

**Julian David Montes Posso.** Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

**Daniel Fernando Cortes Ramírez.** Ingeniero de Mecanización. Ingeniero Mecánico.

**William Alexander Ojeda Muñoz.** Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

**Julio Antonio Calpa Pantoja.** Ingeniero Electrónico. Ingeniero Electrónico.

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

### Servicio de Análisis Económico y Estadístico

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

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

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

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

### Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

**Fernando Villegas Trujillo.** Jefe Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología. Ingeniero Agrícola, M.Sc.

**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.

*Continúa*

## Continuación. Personal profesional (al 31 de diciembre de 2018)

**Liliana Jiménez Lozano.** Ingeniera Agrónoma.  
Ingeniera Agrónoma.

**Sandra Lorena Alarcón Muriel.** Ingeniera Agrícola.  
Ingeniera Agrícola.

**Melissa Rondon Arango,** Ingeniera Agrónoma.  
Ingeniera Agrónoma.

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

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

**Andrea Carolina Campiño Blanco.** Diseñadora.  
Diseñadora de Comunicación Visual.

### Servicio de Tecnología Informática

**Jaime Hernán Caicedo Ángel.** Jefe Servicio de  
Tecnología Informática. Ingeniero de Sistemas, M.Sc.

**José Luis Rivas Viedman.** Ingeniero de Sistemas.  
Ingeniero de Sistemas, M.Sc.

**Melissa Eugenia Diago Mosquera.** Ingeniera  
en Electrónica y Comunicaciones. Ingeniera en  
Telecomunicaciones, M.Sc.

**William Berrio Martínez.** Ingeniero de Sistemas.  
Ingeniero de Sistemas.

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

**Cristian Iván Rojas Valencia,** Ingeniero de Sistemas.  
Ingeniero de sistemas.

**Julian Eduardo Antia Castaño.** Ingeniero de  
Redes y Telecomunicaciones. Ingeniero Electrónico y  
Telecomunicaciones.

**Luisa Fernanda Bedoya Martínez.** Ingeniera de  
Sistemas. Ingeniera de Sistemas.

### Servicio de Información y Documentación

**Adriana Arenas Calderón.** Jefe Servicio Información y  
Documentación. Bibliotecóloga, M.Sc.

**Diana Marcela Posada Zapata.** Biblioteca Digital.  
Bibliotecóloga.

### Superintendencia de la Estación Experimental

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



# Referencias

- Alverson, R. 2015. "Re-thinking the Carbon Reduction Value of Corn Ethanol Fuel. Ethanol Across America White Paper".
- Chico, D., Santiago, A. and Garrido, A. 2015. "Increasing efficiency in ethanol production: Water footprint and economic productivity of sugarcane ethanol under nine different water regimes in north-eastern Brazil". Spanish Journal of Agricultural Research, Vol. 13 (2): 1203.
- Garsmeur, O., Droc, G., Antonise, R., Grimwood, J., Potier, B., Aitken, K., Jenkins, J., Martin, G., Charron, C., Hervouet, C., Costet, L., Yahiaoui, N., Healey, A., Sims, D., Cherukuri, Y., Sreedasyam, A., Kilian, A., Chan, A., Van Sluys, M.-A., Swaminathan, K. and D'Hont, A. 2018. "A mosaic monoploid reference sequence for the highly complex genome of sugarcane". Nature Communications 9 (1): 2638.
- Gerbens-Leenes, P.W., Hoekstra, A.Y. 2009. "The water footprint of sweeteners and bio-ethanol from sugar cane, sugar beet and maize". UNESCO-IHE Institute for Water Education. Delft, Reino de los Países Bajos. Value of Water Research Report Series No. 38: 44.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. 2009. "The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard". Water Footprint Network. Delft, Reino de los Países Bajos: 228.
- Mueller, S. y Unnash, S. 2016. "Greenhouse Gas Life Cycle Analysis of US-Produced Corn Ethanol for Export to Global Markets". U.S. Grains Council.
- Paterson, A.H., Bowers, J.E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., Gundlach, H., Haberer, G., Hellsten, U., Mitros, T., Poliakov, A., Schmutz, J., Spannagl, M., Tang, H., Wang, X., Wicker, T., Bharti, A.K., Chapman, J., Feltus, F.A., Gowik, U., Grigoriev, I.V. and Rokhsar, D.S. 2009. "The Sorghum bicolor genome and the diversification of grasses". Nature 457(7229): 551-556.
- Riaño-Pachón, D.M. and Mattiello, L. 2017. "Draft genome sequencing of the sugarcane hybrid SP80-3280". [version 2; referees: 2 approved]. F1000Research 6: 861.
- Scarpore, F., Hernandez, T., Ruiz-Corrêa, S., Kolln, O., Gava, G., dos Santos, L. and Victoria, R. 2016. "Sugarcane water footprint under different management practices in Brazil: Tietê/Jacaré watershed assessment". Journal of Cleaner Production, Vol. 112 (Parte 5): 4576 - 4584.

# Acrónimos, siglas y abreviaturas

## Instituciones y grupos

- CIAT:** Centro de Investigación de Agricultura Tropical
- COLCIENCIAS:** Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
- EESA:** Estación Experimental San Antonio
- FAVPS:** Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad
- GTT:** Grupos de Transferencia de Tecnología
- ICA:** Instituto Colombiano Agropecuario
- NOAA:** *National Oceanic and Atmospheric Administration*
- SENA:** Servicio Nacional de Aprendizaje
- SIN:** Sistema Interconectado Nacional

## Variedades de caña de azúcar

- CC:** Cenicaña Colombia
- PR:** Puerto Rico
- RB:** República de Brasil
- MZC:** Mayagüez
- SP:** Sao Paulo
- V:** Venezuela

## Varios

- AEPS:** Agricultura específica por sitio
- BH:** Balance hídrico
- ENOS:** El Niño Oscilación del Sur
- GEI:** Gases de efecto invernadero
- GNSS:** *Global navigation satellite system*
- Gpb:** Giga pares de bases
- GPS:** *Global Positioning System*
- h:** potencial mátrico
- Mpb:** Mega pares de bases
- PacBio:** *Pacific Bioscience*
- PAT:** Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica
- PCR:** Reacción en cadena de la polimerasa
- Ppm:** Partes por millón
- RAC:** Residuo agrícola de cosecha
- RTK:** *Real Time Kinematic*, RTK (navegación cinética satelital en tiempo real)
- SNP:** *Single Nucleotide Polymorphism* (marcadores polimorfismo de un solo nucleótido)
- SWAT:** *Soil and Water Assessment Tool*
- Z.A.:** Zona agroecológica

## Publicación Cenicaña

### Comité editorial

Adriana Arenas Calderón  
Álvaro Amaya Estévez  
Fernando Villegas Trujillo  
Javier Ali Carbonell González  
Freddy Fernando Garcés  
Nicolás Javier Gil Zapata  
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

Andrea Campiño: portada centro y arriba, 16, 60, 62, contraportada izquierda.

Cortesía Ingenio Carmelita: 8.

Edgar Hincapié: 51.

Fanny Hoyos: Contraportada arriba.

Hernán Felipe Silva: 77.

Liliana Jimenez: 38.

Luis Eduardo González: 78.

Luis Fernando Semaan / Julio Durán: 10, 30, 46, 70, 79, 80.

María Claudia Pizarro: 39, 57.

Margarita María Rodríguez: portada abajo, 34, 45, 53, 60, 72.

Sandra Lorena Alarcón: 55.

### Preprensa e impresión

Se terminó de imprimir el 4 de marzo de 2018  
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](http://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 2018-130. 4-72, vence 31 de dic. 2019



**cenicaña**

Centro de Investigación de la  
Caña de Azúcar de Colombia

[www.cenicana.org](http://www.cenicana.org)