



# HACIA UNA REGIÓN + SOSTENIBLE



INFORME 20  
ANUAL 20



A graphic illustration on the left side of the page. It features a green plant stem with two leaves. A circular inset shows a close-up of a plant's cross-section. A dashed blue line starts from the bottom of the plant, goes up and around a black map pin icon, and then continues down towards the word "SOSTENIBLE".

# HACIA UNA REGIÓN + SOSTENIBLE

INFORME **20**  
ANUAL **20**

**INFORME ANUAL 2020**

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

I 112 p.; 27 cm  
ISSN 0120-5854

Informe Anual 2020 / Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. CENICAÑA. – Cali: Cenicaña, 2021.

**INCLUYE**

*anexo, referencias y apéndice*

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

I. Título.  
633.61 CDD 23 ed.  
C395

Cenicaña - Biblioteca Guillermo Ramos Núñez

**Producción editorial**

Oficina de Comunicaciones Estratégicas

**Tiraje**

100 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  
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 corporativo  
Misión y Visión  
Valores corporativos

**PERFIL CORPORATIVO**

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 del valle del río Cauca y sus proveedores de caña de azúcar.

A través de la investigación y la prestación de servicios especializados, el Centro apoya la gestión de conocimiento y la innovación tecnológica en la agroindustria colombiana. Fundado en 1977 por iniciativa de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia, Asocaña.

**MISIÓN**

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

**VISIÓN**

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

**VALORES CORPORATIVOS**

Coherencia



Integridad



Lealtad



Respeto



Responsabilidad

## JUNTA DIRECTIVA 2020-2021

 **Vicente Borrero Calero**  
Presidente

 **Einar Anderson Acuña**  
Secretario

### PRINCIPALES

**Luis Felipe Gaviria Giraldo**  
Gerente General  
Ingenio Risaralda

Incauca S.A.

**Pedro Enrique Cardona López**  
Presidente Riopaila  
Castilla S.A.

**Mauricio Iragorri Rizo**  
Gerente General  
Ingenio Mayagüez S.A.

**Rodrigo Belalcazar Hernández**  
Gerente General  
Ingenio Manuelita S.A.

**Henry Sánchez Cortés**  
Gerente General  
Ingenio La Cabaña S.A.

**Andrés Rebolledo Cobo**  
Gerente General Ingenio  
Pichichí S.A.

Asocaña

**Rodrigo Villegas Tascón**  
Representante de los cultiva-  
dores 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

**Gustavo 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.

**Bernardo Atehortua Arango**  
Gerente Financiero  
y Administrativo  
Ingenio Manuelita S.A.

**Camilo Arturo Jaramillo Marulanda**  
Gerente Ingenio María Luisa S.A.

**Mario Andrés Restrepo Renjifo**  
Gerente General  
Ingenio Carmelita S.A.

**Claudia Ximena Calero Cifuentes**  
Directora Gestión Social  
y Ambiental Asocaña

**Jorge Alberto Vallejo Bernal**  
Representante de los cultiva-  
dores afiliados a Asocaña

**Carlos Hernando Azcárate Tascón**  
Vicepresidente Junta Directiva  
Procaña

**Juan Manuel Salcedo Cabal**  
Vicepresidente Junta Directiva  
Procaña

**Humberto Ramírez Arango**  
Azucari

### COMITÉ DE LA JUNTA

#### Comité de programas

Presidente:

**Mario Andrés Restrepo Renjifo**  
Gerente general Ingenio Carmelita

## COMITÉS DE INVESTIGACIÓN

 **Comité de campo**  
Presidente:  
**Alvaro José López Mishi**  
Gerente de Campo  
Ingenio Providencia

 **Comité de cosecha**  
Presidente:  
**Juan Carlos Rosero Cerón**  
Director de Cosecha Mecánica  
Incauca S.A.

 **Comité de fábrica**  
Presidente:  
**Luisa Benedicta Barona González**  
Gerente de Fábrica  
Ingenio Riopaila Castilla

 **Comité de maduración**  
Presidente:  
**Mauricio Benjumea Cadavid**  
Coordinador de Cosecha  
Ingenio Providencia S.A.

## PERSONAL DIRECTIVO 2020

 **Freddy Fernando Garcés Obando**  
Director General

 **Einar Anderson Acuña**  
Director administrativo

**John Jaime Riascos Arcos**  
Director del Programa de Variedades

**Miguel Angel López Murcia**  
Director del Programa de Agronomía

**Nicolás Javier Gil Zapata**  
Director del Programa de Fábrica

**Freddy Fernando Garcés Obando**  
Jefe encargado del Servicio de Análisis Económico  
y Estadístico

**Fernando Villegas Trujillo**  
Jefe del Servicio de Cooperación Técnica  
y Transferencia de Tecnología

**Jaime Hernán Caicedo Ángel**  
Jefe del Servicio de Tecnología Informática

**Adriana Arenas Calderón**  
Jefe de Servicio de Gestión del Conocimiento

**Luis Eduardo Gonzáles Buritica**  
Jefe de la Superintendencia de la Estación  
Experimental

Pág  
**35**

Cifras y datos del sector 2020

Pág  
**38**

Caña de azúcar:  
base de nuestra agroindustria

Pág  
**54**

Tecnologías y conocimiento  
para el manejo del cultivo

Pág  
**68**

Herramientas y desarrollos  
para procesos fabriles

Pág  
**78**

Estrategias para impulsar  
la innovación en la agroindustria  
agroindustria

Pág  
**83**

Acciones para ser un centro  
de excelencia, reconocido  
y bioseguro

Pág  
**91**

Anexo

Pág  
**106**

Apéndice

Pág  
**116**

Referencias

Pág  
**117**

Acrónimos, siglas  
y abreviaturas

## CONTENIDO

Pág  
**10**

**2020: Ciencia, tecnología  
y solidaridad**  
Freddy Fernando Garcés,  
Director General de Cenicaña

Pág  
**13**

**Cenicaña, un aliado para  
hacerlo posible**  
Luis Felipe Gaviria, Gerente  
General del Ingenio Risaralda

Pág  
**14**

**2020: Una oportunidad para  
acelerar la adopción tecnológica**  
Ana María Payeras, cultivadora

Pág  
**15**

**La resiliencia de clúster  
de la caña de azúcar**  
Santiago Fernández, cultivador

Pág  
**16**

**Los desafíos de la  
pospandemia**  
Óscar Flórez, cultivador

Pág  
**17**

El clima en el valle del río  
Cauca 2020

Pág  
**22**

Producción y productividad  
de la agroindustria de la caña  
de azúcar 2020

## HACIA UNA REGIÓN MÁS SOSTENIBLE

### Informe anual 2020

El informe anual resume los principales avances y logros del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, Cenicaña, para contribuir a la competitividad y sostenibilidad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

El presente documento cubre la gestión realizada en el 2020, año que a partir del 11 de marzo fue declarado en pandemia por la Organización Mundial de la Salud (OMS), situación que fue determinante en muchas de nuestras acciones a lo largo del año.

Para comprender el entorno al que se enfrentó la agroindustria en este periodo, líderes de la agroindustria comparten sus reflexiones frente a las condiciones en las que cultivadores e ingenios siguieron operando y los desafíos para una era posCOVID-19, especialmente en ciencia, tecnología e innovación.

En esas condiciones y a pesar del distanciamiento físico que marcó muchas acciones del año, el trabajo conjunto entre Cenicaña, ingenios y cultivadores prevaleció a lo largo del 2020. Las fotografías que acompañan este informe es un reconocimiento a esa relación que año a año se fortalece con investigación, servicios e información.

En los siete capítulos de este documento se presenta la gestión de los tres programas de investigación y cuatro servicios especializados que hacen parte de la estructura institucional de Cenicaña y que a través de proyectos de investigación buscan ampliar el conocimiento sobre la caña de azúcar, desarrollar tecnologías y herramientas para el manejo del cultivo desde el enfoque de agricultura específica por sitio (Aeps), mejorar los procesos fabriles y ampliar la diversificación de la industria.

Asimismo, se muestran las principales acciones adelantadas durante el año con el propósito de contribuir a la consolidación de un centro de investigación de excelencia, reconocido y bioseguro.

Cada uno de estos avances, resultados y acciones conducen a la consolidación de **una región más sostenible**.



01

#### INFORME DE CLIMA:

El nuevo servicio agroClimático de Cenicaña presenta un análisis de los registros obtenidos por la Red Meteorológica Automatizada hasta la fecha para las principales variables meteorológicas en el valle del río Cauca y de los datos entregados por agencias meteorológicas internacionales.

Foto: Diana Catalina Delgado, Jefe de Agricultura de Precisión y SIG del ingenio Mayagüez, y Jorge Celades, profesional del Servicio de Tecnología Informática de Cenicaña.



02

#### INFORME DE PRODUCTIVIDAD:

Análisis de los principales indicadores de productividad de la agroindustria de la caña de azúcar.

Foto: Angelo Andrés Hurtado, supervisor del ingenio Riopaila Castilla, y Natalia González, profesional del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología de Cenicaña.



03

#### CAÑA DE AZÚCAR: BASE DE NUESTRA AGROINDUSTRIA:

Presenta los resultados y avances de investigación del Programa de Variedades y cada una de sus áreas de trabajo: biotecnología, mejoramiento, entomología y fitopatología. En este capítulo también se presenta la gestión respecto a variedades realizada por el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología y el Servicio de Análisis Económico y Estadístico.

Foto: Luis Orlando López, profesional del Programa de Variedades de Cenicaña; Jaime Andrés Marín, ingeniero agrónomo de Incauca; y Oscar Andrés López, profesional del ingenio Providencia.

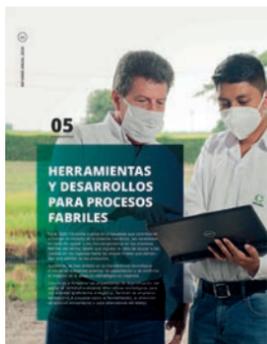


04

#### TECNOLOGÍAS Y CONOCIMIENTO PARA EL MANEJO DEL CULTIVO:

Comprende los desarrollos y resultados realizados por el Programa de Agronomía en las áreas de manejo de agua, nutrición y fertilización, fisiología, maduración, geomática y proyecto Corte, Alce, Transporte y Entrega de caña (CATE). Se integran a este capítulo los principales resultados del año del Servicio de Tecnología Informática y del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología para el manejo del cultivo.

Foto: Fanny Hoyos, ingeniera agrícola del Programa de Agronomía, y Dulima Mosquera, directora de Corpopaló.



**05**  
**HERRAMIENTAS Y DESARROLLOS PARA PROCESOS FABRILES:**  
 Incluye los resultados y avances del Programa de Procesos de Fábrica.

Foto: Julio Calpa, ingeniero electrónico del programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña, y Jairo Rubio, líder de elaboración del ingenio María Luisa.



**06**  
**ESTRATEGIAS PARA IMPULSAR LA INNOVACION EN LA AGROINDUSTRIA:**  
 Comprende la gestión realizada por el Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología en tecnologías diferentes a variedades de caña de azúcar y manejo de riego y agricultura de precisión.

Foto: Adriana Guzmán Maldonado, cultivadora; y Alejandro García, ingeniero agrónomo del Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología de Cenicaña.



**07**  
**ACCIONES PARA SER UN CENTRO DE EXCELENCIA, RECONOCIDO Y BIOSEGURO:**  
 Presenta la gestión realizada por los servicios de Tecnología Informática y Gestión de Conocimiento para el fortalecimiento institucional de Cenicaña. También se incluyen las principales acciones de la Superintendencia de la Estación Experimental, del Sistema de Gestión y Seguridad en el Trabajo y la Oficina de Comunicaciones Estratégicas.

Foto: Onésimo Rubio, colaborador de campo de Cenicaña.



**GALERÍA 1:**  
 Magda Ortiz, directora de Asoamaime; Dulima Mosquera, directora de Corpopaló; Alejandro García, profesional de Cenicaña; Miguel Angel Cagüañas, profesional de Cenicaña; John Jaime Riascos, director del Programa de Variedades de Cenicaña; Hernando Ulloa, profesional del ingenio de Occidente; y Freddy Garcés, director general de Cenicaña; Laura Ramírez, jefe de zona del ingenio Risaralda; Héctor Chica, Luz Ángela Mosquera y Claudia Posada, profesionales de Cenicaña; Jairo Valencia, profesional del ingenio La Cabaña; Michael Arredondo, profesional de Cenicaña; Isaías Mendoza, técnico agrícola de Cenicaña, y Óscar López, supervisor de Agronomía del ingenio Providencia.



**GALERÍA 2:**  
 Fotos: José David Velásquez, operario cosechadora del ingenio Mayagüez; Tomás Valencia, tractorista del ingenio Mayagüez; Jhon Fernando Echeverry, del ingenio Carmelita; Julián Montes, profesional de Cenicaña; y José Luis Naranjo, profesional del ingenio Carmelita; Nicolás Gil, director del programa de Procesos de Fábrica de Cenicaña; Luisa Barona, directora de Fábrica y Destilería, del ingenio Riopaila Castilla; Bernardo Bolaños, colaborador de campo de Cenicaña; Tomás Valencia, tractorista del ingenio Mayagüez; y Alejandro Estrada, profesional de Cenicaña.



**GALERÍA 3:**  
 Fotos: Claudia Echeverry, profesional de Cenicaña; Angie Valencia, estudiante vinculada al ingenio Providencia; profesionales de Cenicaña con personal del ingenio Manuelita; Liliana Echeverry, profesional de Cenicaña; Diana Campo, jefe de laboratorio del ingenio Pichichí; Germán Prado y José Ricardo Burgos, colaboradores de campo de Cenicaña.

**ICONOS QUE ACOMPAÑAN EL INFORME:**



**Código QR:** Accede a material audiovisual complementario al tema presentado.

Escanee con la cámara de su celular



Seminarios web



Videos



Herramientas



Documentos



Servicios



**Apunte para tener en cuenta.**



**Mensajes director e invitados.**



**Galerías de imágenes.**

## 2020: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOLIDARIDAD

**Freddy Fernando Garcés Obando**  
*Director General de Cenicaña*

La humanidad se enfrentó en el 2020 a una amenaza causada por una partícula que la condujo a una crisis económica y sanitaria de la que aún no se recupera. Nuestra agroindustria de la caña de azúcar, sin embargo, siguió adelante, mostrando la resiliencia que históricamente ha tenido ante las amenazas y dificultades.

Muchos factores influyeron en esa situación, pero bien vale la pena destacar aquellos que nos permitieron mantenernos a flote, sin perder la esperanza. De hecho, en el 2020 quedó claro que el futuro sólo es posible de la mano de la ciencia y la tecnología, dos pilares sobre los que se sostiene el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia, y del espíritu colaborativo que siempre ha caracterizado a nuestro sector.



*Mensaje del  
 director general  
 de Cenicaña*

Sobre este último aspecto es importante resaltar los gestos de solidaridad de ingenios y cultivadores para hacerle frente a la pandemia y que impactaron directamente a toda el área de influencia de la caña de azúcar. Estas acciones sectoriales son valiosas porque reafirman ante la sociedad nuestro compromiso con la región y el país.

La tecnología, por su parte, también fue clave en la gestión de Cenicaña a lo largo del año porque nos dio la posibilidad de seguir adelante con nuestras vidas y proyectos. En ella se soportaron buena parte de nuestras acciones de transferencia de tecnología, con diferentes plataformas para mantenernos conectados y continuar interactuando con nuestros donantes, aun en los momentos de mayor aislamiento y a pesar de la distancia.

De esa forma fue posible seguir impulsando la innovación en campos y plantas fabriles con nuevas tecnologías, metodologías y conocimientos; entregar nuevas soluciones tecnológicas, como la Red de IoT, que será fundamental para hacer seguimientos en los procesos de campo, cosecha y fábrica buscando ser más eficientes y sostenibles; y avanzar en propuestas que mitiguen los impactos en los procesos de fabricación de azúcar, cogeneración de energía y producción de etanol.

También fue un año en el que cobraron relevancia avances como el ensamblaje del genoma y de la huella molecular de la variedad CC 01-1940, que apoyarán el proceso convencional de mejoramiento y desarrollo de variedades de caña de azúcar, y la exploración de alternativas que respaldarán las proyecciones de diversificación y amplían las oportunidades de la agroindustria. Estos avances y logros nos plantean un futuro esperanzador, que en el actual escenario mundial deben ser una prioridad.

Precisamente para responder a ese futuro con las capacidades que así lo exigen, en el 2020 Cenicaña continuó fortaleciéndose desde el punto de vista de infraestructura, con nuevos equipos y adecuaciones que son importantes para una experimentación aún más precisa, para acelerar los procesos de validación y entrega de tecnología y con acciones que apoyen la gestión del conocimiento a nivel sectorial, como los Centros Piloto.

Por supuesto, para que toda esta gestión fuera posible en un año particularmente especial, acogimos e implementamos las medidas del Gobierno Nacional para disminuir el riesgo de contagio de nuestros colaboradores, de sus familias, de nuestros aportantes y de la comunidad del entorno. Al cierre del 2020, el nivel de contagio en nuestro equipo de trabajo fue de 8% (transmisión por fuera de las actividades laborales), gracias al trabajo preventivo y consciente de nuestros colaboradores.

En este informe, que resume nuestros principales avances y logros durante un año, también compartimos las reflexiones y puntos de vista de ingenios y cultivadores sobre las oportunidades y retos de un año que reafirmó nuestra vulnerabilidad como sociedad y nos dio la oportunidad de ver el mundo y nuestra región con una visión más solidaria.

El 2020 también fue un año para decir adiós a Clímaco Cassalet Dávila y Juan José Lülle Suárez, dos líderes a quienes siempre recordaremos por su compromiso y aportes no sólo al Centro de Investigación, sino a la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. Sus contribuciones hacen parte de la historia que hemos construido todos juntos en estos 43 años.



## AVANZAMOS HACIA UNA REGIÓN MÁS SOSTENIBLE CUANDO TRABAJAMOS EN UN MISMO PROPÓSITO CON LA COMUNIDAD Y NUESTROS DONANTES



### CENICAÑA, UN ALIADO PARA HACERLO POSIBLE

Luis Felipe Gaviria,  
Gerente General del Ingenio Risaralda



► Si bien en el sector agroindustrial de la caña de azúcar no tuvimos que detener nuestra operación en el marco del aislamiento preventivo decretado por el Gobierno Nacional, la realidad es que todos tuvimos que transformar la forma de operar y en muy poco tiempo.

Pusimos a prueba nuestra creatividad, flexibilidad y sobre todo nuestra capacidad de trabajar en equipo, de forma incluyente con las comunidades vulneradas y haciéndole frente a la incertidumbre, con el impacto que la misma genera.

En el ingenio Risaralda y en todo el sector nos volcamos a las personas. Lo social, entendido como trabajo en comunidad tanto con nuestros colaboradores como con nuestros diferentes grupos de interés, fue el filtro para priorizar nuestras acciones e inversiones.

En ese operar incluyente y empático en el ingenio Risaralda nos descubrimos vulnerables ante las necesidades, sin duda; pero también capaces de generar buenos resultados, aun en el marco de una pandemia. Fue así como a través de un trabajo estructurado y disciplinado de eficiencias en los procesos productivos en campo, cosecha y fábrica pudimos mejorar nuestros indicadores de desempeño del negocio.

Pero esos resultados no se alcanzan de forma unilateral. Contar con aliados que nos ayuden, nos enseñen lo que no sabemos hacer y que nos permitan evolucionar cada día es una gran ventaja. Que una empresa como el ingenio Risaralda (95% de las tierras cultivadas son de proveedores de caña) pueda ofrecerles a sus cultivadores un portafolio de herramientas y desarrollos técnicos, de investigación, tecnológicos y formativos de la mano de Cenicaña nos da tranquilidad. Es contar con profesionales especializados que se esfuerzan para que hagamos las cosas bien y alcancemos un mejor nivel.

En los procesos de campo es destacable tener un abanico de variedades Cenicaña Colombia (CC)

para la multiplicación de los materiales y una estrategia de adopción de nuevas variedades para diversos ambientes. También contar con herramientas de pronóstico productivo (TCH y sacarosa) y para estudiar y predecir el comportamiento del clima; con apoyo sanitario para darle manejo a plagas y enfermedades, con lineamientos para lograr una sana maduración y acompañamiento en aspectos de cumplimiento normativo principalmente en aplicación de insumos agrícolas.

Pero no solo en el campo evidenciamos el beneficio de un aliado como Cenicaña. En 2020 materializamos una mejora significativa en las eficiencias fabriles de extracción, recuperación de sacarosa, consumo de vapor y aumento de generación de energía,

Los resultados fueron muy positivos en términos de pérdidas de sacarosa. Las pérdidas totales de sacarosa (% caña) descendieron 7.13% con respecto a las pérdidas presentadas en 2019 que tuvo un valor de 1,767% vs 1,627% obtenidas en 2020. Este logro es producto de un esfuerzo corporativo para aumentar la recuperación de sacarosa como quintales empacados y totales. El Ingenio Risaralda tuvo una recuperación de azúcar de 2.207 toneladas de sacarosa, equivalentes a 44.190 quintales en comparación con los resultados del año anterior.

Adicionalmente, los seguimientos detallados a la matriz de uso de agua y las mejoras en todo el proceso productivo contribuyeron a la reducción del consumo energético en kW/TCM y la captación de agua para fábrica de azúcar. Cerramos el año con 40% menos de captación de agua en fábrica, evidenciando un incremento de 35% en la eficiencia de nuestro circuito de enfriamiento de agua.

Con total gratitud hacia todo el equipo humano de Cenicaña por su acompañamiento y le apostamos a un 2021 con metas mucho más ambiciosas, que juntos vamos a alcanzar.



## 2020: UNA OPORTUNIDAD PARA ACELERAR LA ADOPCIÓN TECNOLÓGICA

Ana María Payeras,  
Cultivadora



► Cuando inició el año 2020 nunca nos imaginamos que un virus cambiaría nuestras vidas, empezando por la manera de relacionarnos.

Si bien la pandemia nos alejó físicamente de muchos, también nos acercó a otros al disponer de nuevas formas para comunicarnos.

A través de alternativas digitales y en línea, muchos cultivadores hoy se sienten más cerca de su Centro de Investigación y ven más oportunidades que podrían conducir a una mayor adopción tecnológica y, por supuesto, a campos más innovadores.

Los seminarios web, las capacitaciones virtuales y los contenidos digitales en redes sociales desarrollados y ofrecidos por Cenicaña fueron fundamentales para ampliar el alcance de las estrategias y acciones de transferencia de tecnología. A su vez Procaña y Tecnicaña hicieron alianzas para apoyar al sector con información oportuna y de calidad, a través de eventos virtuales como Conexión Internacional de la Caña 2020.

A pesar de las difíciles condiciones que trajo el COVID-19, alternativas como estas que menciono contribuyeron a visibilizar las oportunidades que nos ofrece la tecnología, a perderle el miedo y asumir el riesgo hasta apropiarnos de ellas.

Le ocurrió a Vicente Espinosa Casañas, mayordomo de 71 años, quien sólo en el 2020, después de más de un año con una estación de tensiómetros de prueba en el predio que nos administra, se animó a aprender el uso de esta tecnología. Hoy consulta los datos y hace la programación de los riegos.

Como él, este año todos tuvimos que superar los temores y redescubrir de manera acelerada las inmensas posibilidades que nos ofrece la tecnología.

El 2020 fue un año para olvidar en muchos sentidos, pero también debe servir para reflexionar respecto a lo que hoy nos ofrece la ciencia y el conocimiento, y de esa manera acelerar el salto tecnológico que nuestra agroindustria y la región necesitan.



## LA RESILIENCIA DEL CLÚSTER DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Santiago Fernández,  
Cultivador



► No hará falta el 2020, pero siempre lo recordaremos porque con el paso de los días dejó muerte y miseria; también reflexiones y aprendizajes.

En marzo, con la declaratoria de la emergencia sanitaria, muchas de nuestras fincas cañicultoras se convirtieron en refugio temporal para sobre llevar el aislamiento preventivo. Fue la posibilidad para fortalecer la unión familiar y para valorar lo que siempre dábamos por hecho, como un abrazo, por ejemplo.

Para abril, mientras la vida en ciudades y pueblos transcurría lenta y difícil, las actividades económicas eran limitadas y la precaria situación de los migrantes se recrudecía en las bermas de las vías, en los campos de caña de azúcar nos acostumbrábamos a realizar labores agrícolas con protocolos de bioseguridad. Nunca antes, cuidarnos había sido tan importante porque de nuestras medidas dependía la vida de otros.

También, de nuestra capacidad para seguir operando dependía la tranquilidad de muchos. Mecánicos, mayordomos, asistentes técnicos y otros más siguieron listos para hacerle frente a la nueva normalidad. Las fuentes de empleo se conservaron.

A pesar del enorme impacto de la pandemia en la situación social y económica del país, ingenios y cultivadores cerramos el año en mejores condiciones que muchos otros sectores productivos. El clúster de la caña de azúcar superó esta prueba de esfuerzo con robustez y resiliencia (como decimos en el norte del Valle tener perrenque).

La solidaridad y la unión fueron característicos este año y es lo que debemos conservar para los siguientes, porque tenemos un gran compromiso con la región y el país en una era pospandemia.

Es nuestro deber como sector prepararnos para esos desafíos con nuevas tecnologías, mejores capacidades y otros enfoques, como nos lo propone constantemente Cenicaña.

Este año el Centro de Investigación nos propuso nuevas variedades que fortalecen nuestros planes de renovación para mejorar la productividad y en buenas condiciones fitosanitarias; también nos propone alternativas para mejorar la conectividad en los campos como la Red IoT de la agroindustria, y herramientas para que las labores agronómicas sean más eficientes y sostenibles.

La pandemia nos ha demostrado que la ciencia y el conocimiento son la mejor forma de prepararnos para el futuro y que el campo siempre será clave en el progreso del país. Tenemos como asumirlo.



## LOS DESAFÍOS PARA LA POSTPANDEMIA

Óscar Flórez,  
Cultivador



► La crisis causada por el coronavirus nos enfrenta a varios desafíos en el día a día. La pandemia golpeó fuerte y seguirá golpeando las bases cómodas sobre las que estábamos asentados.

Veníamos mal en muchos frentes y la crisis suscitada por la pandemia nos abre la posibilidad de reencaminarnos en mejores direcciones. No debemos dejar que se ciegue la mirada hacia el futuro, pues hoy tenemos la oportunidad de aprovechar mejor las nuevas tecnologías y habilidades digitales en esta 'nueva normalidad'. En un escenario tan incierto, lo único claro es la necesidad de hacer un cambio.

La 'nueva normalidad', como la llamamos ahora, nos dio la posibilidad de ser resilientes, y al mismo tiempo, nos mostró cuán frágiles somos. Estos meses de aislamiento social preventivo han traído cambios y fusiones significativas entre las rutinas personales y las de trabajo. En medio de la pandemia nos hemos dado cuenta de que se requieren otras capacidades para lograr los objetivos, que no siempre tenemos que desplazarnos para llevar adelante las tareas y que sin internet hubiera sido difícil salir adelante.

Durante los primeros meses que el mundo estuvo en pausa, la naturaleza nos mostró que no tenemos una relación sana con el medio ambiente. Hoy la principal crisis a la que nos enfrentamos es el coronavirus, pero a la vuelta de la esquina estarán las crisis climáticas que venimos experimentando.

¿Vamos a seguir sosteniendo las mismas tecnologías de producción dominantes, basadas en el uso intensivo de recursos y productos de alto riesgo? ¿Vamos a incentivar y apoyar otras alternativas? De la conducta de cada uno depende el futuro de la humanidad. Todos debemos trabajar para cambiar el rumbo; como seres humanos la tarea es proteger cada gota de agua y cada molécula de oxígeno con industrias más sostenibles y humanas.

Frente a nosotros tenemos la ciencia y la investigación como pilares fundamentales y definitivos para el presente y futuro de nuestra agroindustria de la caña de azúcar. Nuestro centro de investigación, Cenicaña, debe continuar buscando alternativas de diversificación, más allá del azúcar y el alcohol, porque así nos lo exige la disminución de recursos no renovables y la necesidad de energías limpias. Otro eje prioritario debe ser promover la adopción de prácticas agrícolas sostenibles, que protejan nuestro medio ambiente, sin comprometer el futuro.

Cenicaña, agricultores e ingenios tenemos un gran reto: seguir generando estabilidad y progreso en la región y el país con prácticas más amigables y sostenibles en todos los frentes.



# 01

## EL CLIMA EN EL VALLE DEL RÍO CAUCA 2020

El comportamiento climático durante 2020 presentó dos matices, uno cálido y uno frío, asociados a la variabilidad climática ENOS (El Niño Oscilación del Sur). En el primer semestre el clima fue modulado por un calentamiento de las aguas del océano Pacífico incidiendo con lluvias por debajo de lo normal y temperaturas por encima de los promedios climatológicos en el valle del río Cauca. Durante el segundo semestre se consolidó la fase fría del ENOS en el océano Pacífico tropical, Fenómeno La Niña. Ante este evento normalmente se incrementan las precipitaciones, sin embargo, para este año se reflejó una condición anómala ya que los meses de septiembre, octubre y noviembre registraron valores de lluvia por debajo de lo normal.

## Condiciones en el océano Pacífico tropical central

Según los diferentes centros internacionales, la temperatura superficial del mar en la cuenca del Océano Pacífico presentó valores ligeramente cálidos durante el primer semestre del 2020 registrando un comportamiento normal en donde predominaron las condiciones ENOS neutral. En el segundo semestre, a partir de agosto especialmente en la zona Niño 3.4, se fortaleció el enfriamiento de las aguas del océano con valores por debajo de lo normal en la temperatura superficial del mar. El pico de aguas más frías se alcanzó en noviembre en las zonas Niño 3 y Niño 3.4.

La región Niño 3.4 (Figura 1C) fluctuó con valores de anomalía entre  $+0.1^{\circ}\text{C}$  y  $+1.2^{\circ}\text{C}$  entre enero y mayo de 2020. A partir del mes de junio empezó un gradual enfriamiento de la temperatura superficial del

mar, con valores entre  $-0.4$  y  $-0.6$ . Desde julio hasta diciembre predominaron anomalías negativas hacia el centro y del océano Pacífico ecuatorial, oscilando con valores entre  $-0,1$  y  $-1,7^{\circ}\text{C}$  (Figura 1B). De otra parte, los valores de anomalía negativa de la temperatura subsuperficial del mar empezaron a registrarse a partir de agosto, consolidando un gran núcleo de aguas frías sobre el océano central y oriental de la cuenca del Pacífico dando paso a la evolución de un posible Fenómeno La Niña.

El anterior comportamiento de temperaturas del mar superficial y subsuperficial más frías de lo normal en el centro del océano Pacífico, sumados a un patrón de vientos alisios fuertes hacia el oriente de la cuenca del océano y la ubicación de la celda de Walker hacia el occidente, generó el desarrollo de un Fenómeno La Niña moderado por su acoplamiento en las condiciones océano-atmosféricas en el segundo semestre de 2020.

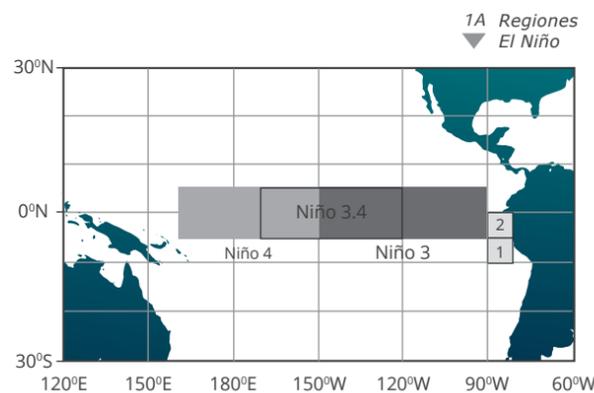
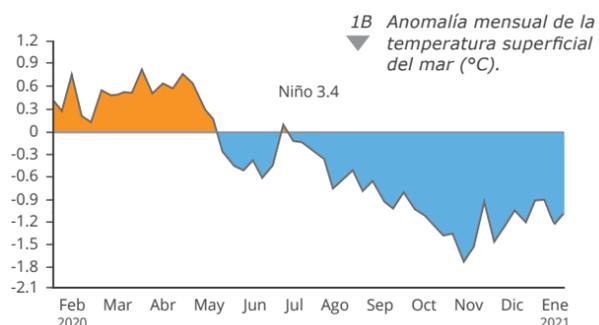


Fig. 1 Evolución de la anomalía de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) en el océano Pacífico tropical durante 2020.

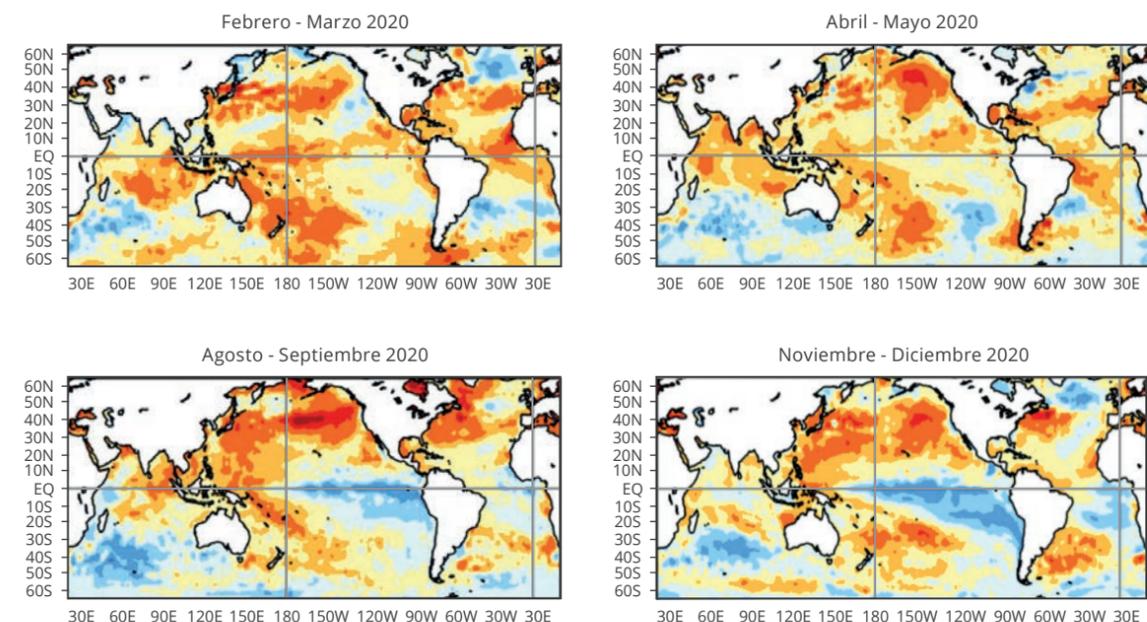


A partir del año 2020 el área de meteorología de Cenicaña pasó a ser el Servicio agroClimático de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar, con el propósito de integrar y ampliar el alcance de productos o servicios que ya se venían ofreciendo a ingenios y cultivadores, e incluir nuevos servicios como los pronósticos diarios y semanales. De esta forma, a través del Servicio agroClimático, la agroindustria colombiana de la caña de azúcar en el valle del río Cauca contará con pronósticos del tiempo, predicciones climáticas y análisis de datos climatológicos y meteorológicos, entre otros.

01

El clima en el Valle del Río Cauca 2020

1C Promedio de anomalías de la temperatura superficial del mar para marzo, mayo, septiembre y noviembre de 2020.

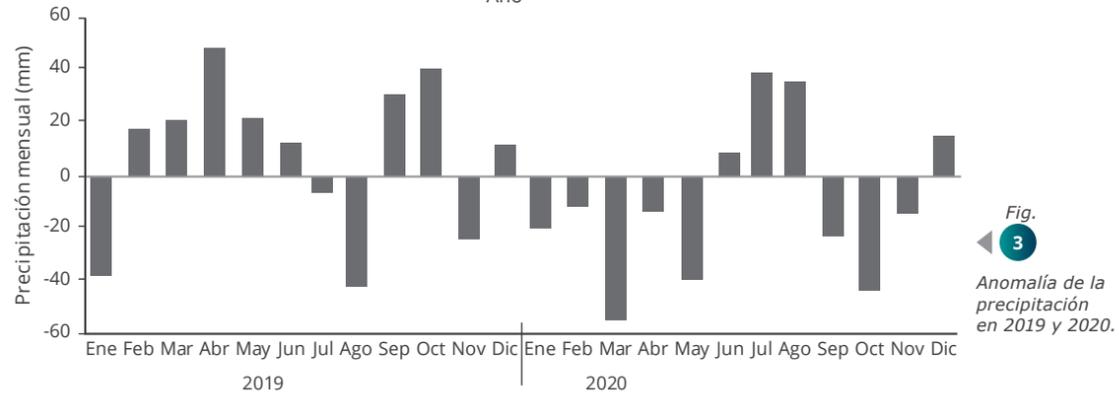
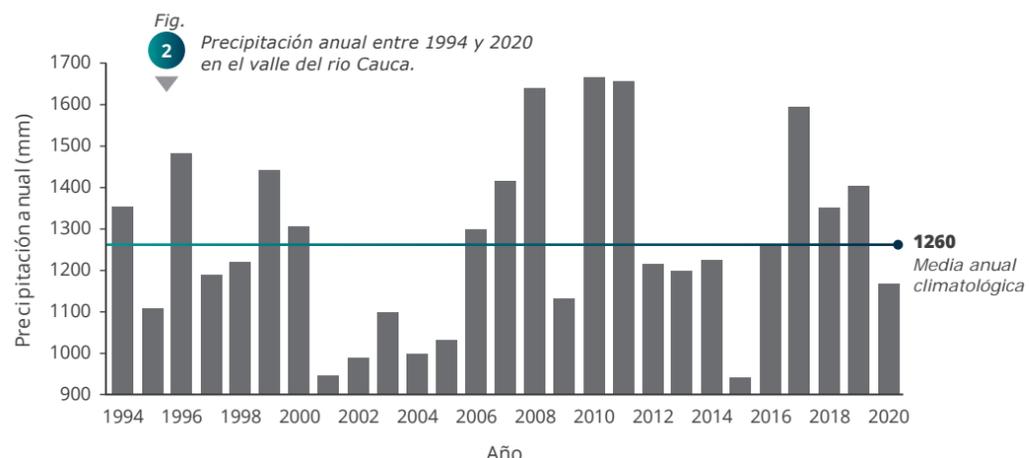


## Comportamiento de las variables meteorológicas en el valle del río Cauca en 2020

### Precipitación

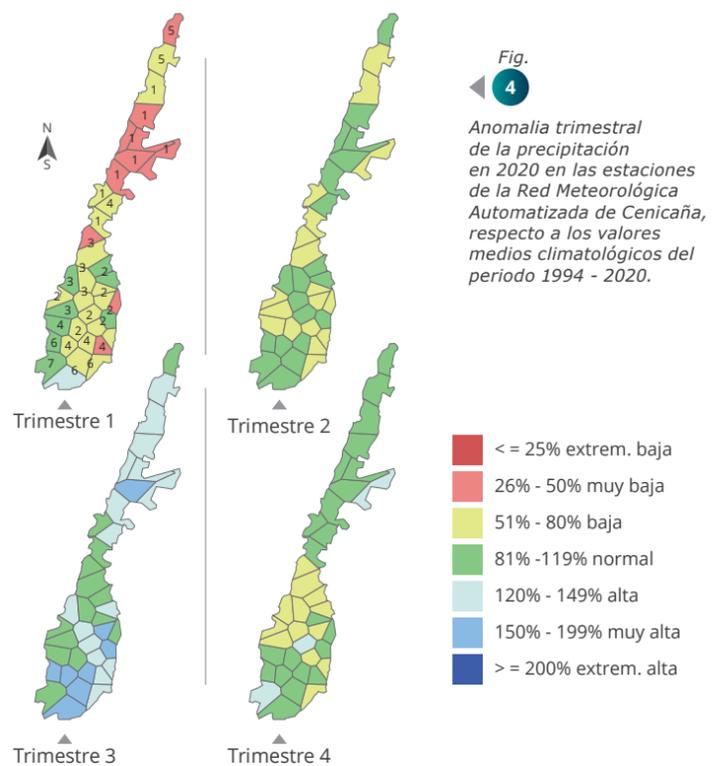
El comportamiento de la precipitación en el valle del río Cauca presentó condiciones anómalas asociadas a perturbaciones de la escala intraestacional y a las oscilaciones de variabilidad intraanual especialmente en el segundo semestre de 2020, por lo que el promedio anual de lluvia alcanzó 1157 mm, registro más bajo que los años inmediatamente anteriores (Figura 2).

La disminución de los valores medios mensuales de la precipitación en el primer semestre en el valle del río Cauca se asocia con la ocurrencia de aguas ligeramente cálidas en el Océano Pacífico Ecuatorial y a otras oscilaciones de menor escala. En el segundo semestre de 2020 a pesar de la presencia de aguas frías en el océano Pacífico las precipitaciones tuvieron un comportamiento anómalo en el segundo pico de lluvias, ya que se registraron valores por debajo de lo normal, mientras que los mayores volúmenes ocurrieron en los meses de julio y agosto, meses de transición. En la figura 3 se indican las anomalías negativas durante el segundo semestre de 2020 que determinaron el desarrollo del Fenómeno La Niña.



### Anomalia de la precipitación trimestral en el valle del río Cauca

En la **figura 4** los mapas de la distribución de la anomalia de la precipitación muestran en el primer trimestre claramente condiciones entre bajas a extremadamente bajas de lluvia en el norte del valle del río Cauca (zona climática homóloga 1), valle del río Risaralda (5) y en el Centro Occidente del valle del río Cauca (3) asociadas a condiciones de calentamiento en las aguas del Pacífico durante la primera temporada menos lluviosa del año. Cabe resaltar, el incremento de los volúmenes de lluvias en los meses de julio-agosto-septiembre, trimestre 3, como respuesta al enfriamiento del mar en la cuenca del Pacífico y la incidencia indirecta por la ocurrencia de la actividad ciclónica en el mar Caribe.

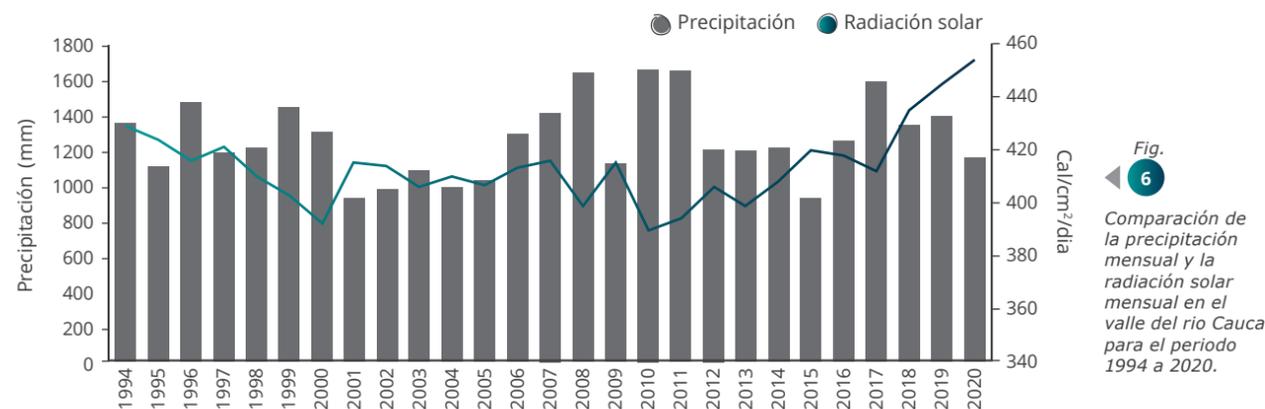
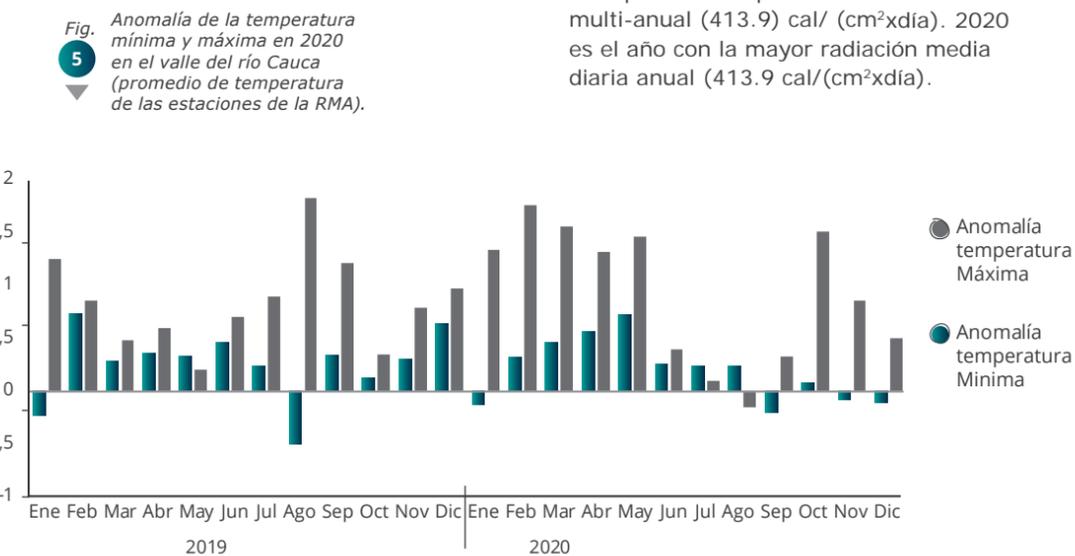


### Anomalia de la temperatura

Las temperaturas máxima y mínima del aire mostraron registros por encima de lo normal durante los años 2019 y 2020. A pesar de la ocurrencia del Fenómeno La Niña en el segundo semestre de 2020, la temperatura máxima registró valores por encima del promedio climatológico en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

### Radiación solar

Durante el primer trimestre la radiación global registró valores por encima de sus respectivas medias climatológicas en todas las zonas climáticas homólogas, siendo la zona 1 (norte del valle del río Cauca) y la zona 5 (valle de Risaralda) las que mayores valores de radiación solar registraron. La **figura 6** indica que durante el 2020 la radiación solar incidente en un día (453.9 cal/(cm<sup>2</sup>x día) estuvo cerca del 10% más alta que la correspondiente media diaria multi-anual (413.9 cal/(cm<sup>2</sup>x día)). 2020 es el año con la mayor radiación media diaria anual (413.9 cal/(cm<sup>2</sup>x día)).



02

# PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGROINDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR 2020

Los análisis descriptivo y comparativo de 2019 y 2020 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 1**).

Cuadro 1  
Indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. 2019 - 2020.

INDICADOR	TRIMESTRES 2020				ENERO-DICIEMBRE		DIFERENCIA 2019-2020 (%)
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	2019	2020	
<b>Campo (12 Ingenios)</b>							
Suertes cosechadas	7561	5437	8103	7336	29,652	28,437	-4.10
Área cosechada (ha)	53,038	35,186	57,030	51,652	201,500	196,907	-2.28
Toneladas de caña por hectárea (TCH)	106.2	111.3	117.0	114.8	111.7	112.5	0.72
Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	11.8	11.8	12.8	12.9	12.5	12.4	-0.98
Toneladas de caña por hectárea por mes (TCHM)	8.5	9.2	9.6	9.2	8.8	9.1	3.19
Toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM)	0.94	0.97	1.05	1.04	0.99	1.00	1.43
Rendimiento comercial	11.1	10.6	11.0	11.3	11.2	11.0	-1.69
Edad de cosecha (meses)	12.6	12.2	12.3	12.6	12.8	12.4	-2.78
Número de corte	5.3	5.6	5.2	5.3	5.2	5.3	1.37
<b>Fábrica (12 ingenios)</b>							
Toneladas totales de caña molida <sup>1</sup>	6,171,611	4,539,931	6,920,459	5,926,733	23,319,660	23,558,734	1.03
Toneladas totales de azúcar producida <sup>2</sup>	688,024	490,505	770,153	688,911	2,658,718	2,637,594	-0.79
Rendimiento real con base en 99.7% Pol <sup>3</sup>	11.24	10.78	11.15	11.49	11.34	11.18	-1.38
Fibra % caña	14.76	14.88	14.55	15.23	15.03	14.83	-1.28
Sacarosa aparente % caña	12.79	12.37	12.64	13.04	12.90	12.73	-1.30
Pérdidas de sacarosa en miel final % sacarosa caña	6.80	6.82	6.58	6.17	6.48	6.39	-1.36
Pérdidas en cachaza % sacarosa caña	0.57	0.58	0.59	0.64	0.59	0.59	0.73
Pérdidas en indeterminadas % sacarosa caña	1.59	2.10	1.48	1.73	1.63	1.69	3.52
Pérdidas en bagazo % sacarosa caña	3.52	3.61	3.35	3.63	3.66	3.51	-4.12
Litros de etanol (miles) <sup>4</sup>	125,825	57,431	101,839	97,217	444,433	382,311	-13.98
Energía eléctrica generada (MWh) (reportado por XM.A. ESP)					1,571,406	1,644,708	4.66
Energía eléctrica vendida (MWh) (reportado por XM.A. ESP)					649,540	680,128	4.71
<b>Clima</b>							
Precipitación (mm mensuales)	207	342	241	348	1353	1138	-15.95
Oscilación media diaria de temperatura	12.7	11.1	12.1	11.7	11.7	11.9	1.56
Temperatura mínima media (°C)	19.3	19.7	18.6	18.8	19.1	19.1	-0.29
Radiación solar media diaria [cal/(cm <sup>2</sup> x día)]	484	430	448	445	445	452	1.59

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

Valores multianuales 1994-2020	Precipitación	Radiación solar media diaria [cal/(cm <sup>2</sup> x día)]	Oscilación media diaria de temperatura	Temperatura mínima media (°C)
Trimestre 1	293	425	11,3	19,0
Trimestre 2	386	399	10,5	19,1
Trimestre 3	188	424	12,0	18,5
Trimestre 4	388	404	10,6	18,8

### Observaciones de campo

Las toneladas de caña por hectárea (TCH) de los primeros meses de 2020 fue consecuente con la tendencia de finales de 2019, producto de la alta precipitación asociada a la cosecha anterior.

Una inusual anomalía positiva de la precipitación en la segunda temporada de bajas lluvias del año, se tradujo en mayor disponibilidad hídrica para el cultivo en su época de máximo desarrollo. Lo anterior favoreció el TCH después del mes de julio, con valores superiores a 115 toneladas (Figura 7).

La edad de cosecha se mantuvo alrededor de los 12 meses en los primeros 8 meses del año; a partir de septiembre de 2020 se incrementó en 15 días (Figura 8). La sacarosa (% caña) tuvo su acostumbrado comportamiento estacional de dos picos, en el primer y segundo semestre del año. Sin embargo, el primer pico se dio en marzo (13%) y se mantuvo en abril (12.7 %); y en el segundo semestre, el pico usual de septiembre se registró para octubre (13.3%). En comparación con el 2019, este indicador fue más bajo, dado que para este mes no se dan todas las condiciones (temperatura mínima más alta) para la máxima expresión de la sacarosa (Figuras 9 y 10).

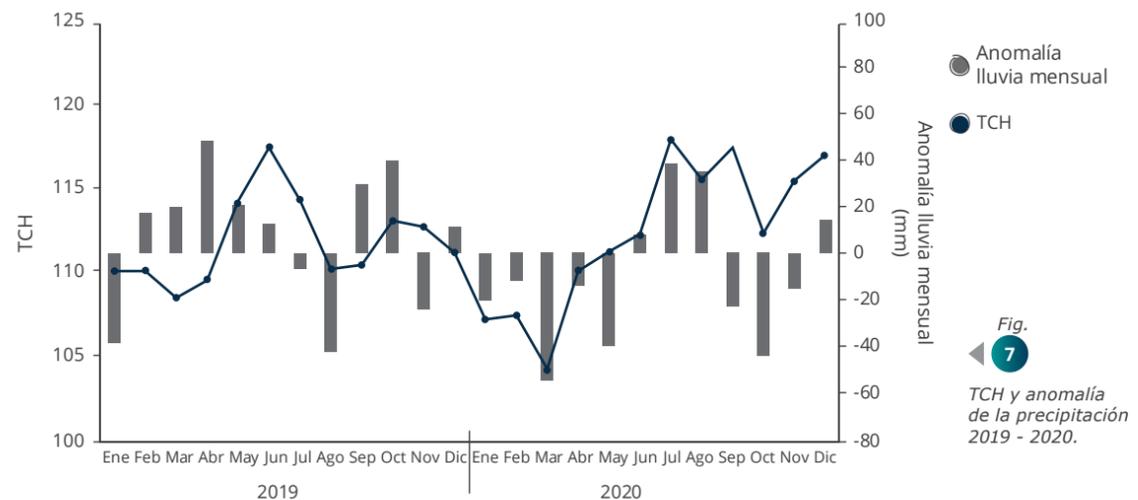


Fig. 7  
TCH y anomalía de la precipitación 2019 - 2020.

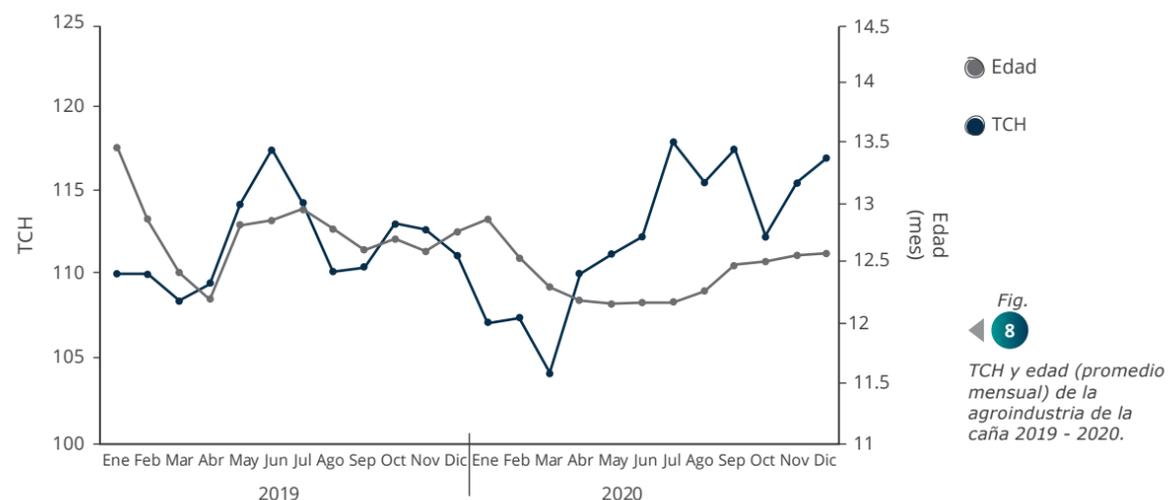


Fig. 8  
TCH y edad (promedio mensual) de la agroindustria de la caña 2019 - 2020.

### 02 Producción y productividad de la agroindustria de la caña de azúcar 2020

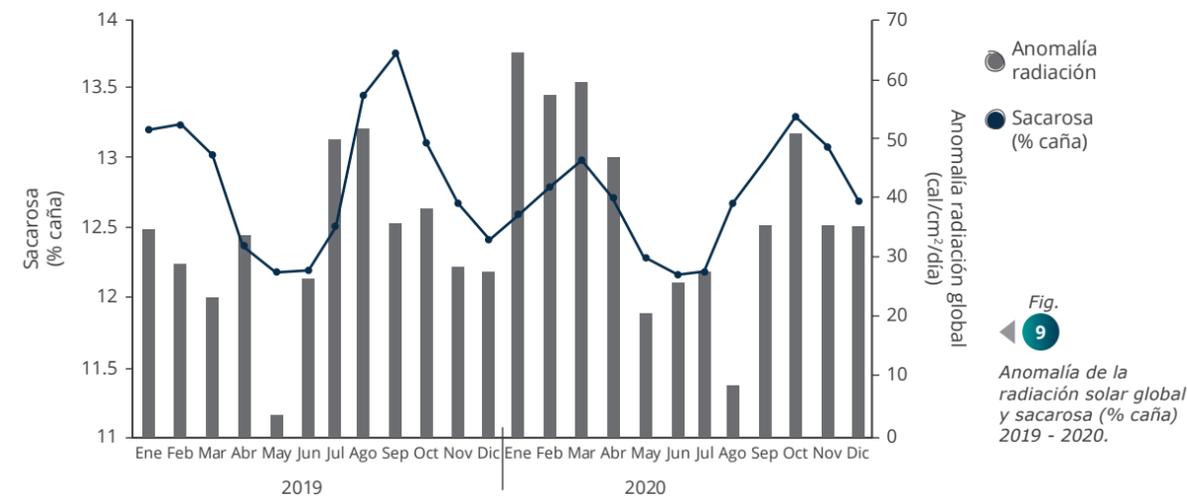


Fig. 9  
Anomalía de la radiación solar global y sacarosa (% caña) 2019 - 2020.

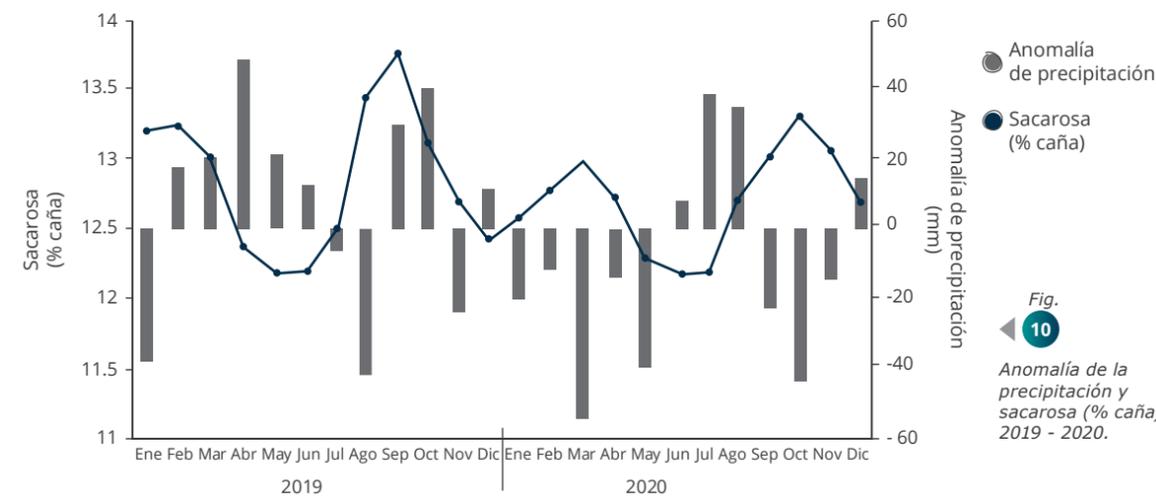


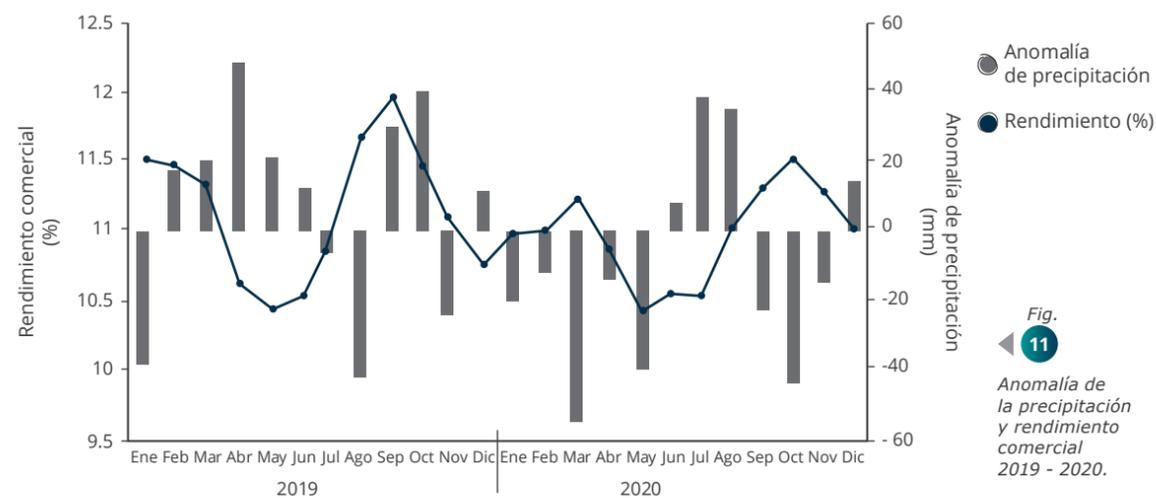
Fig. 10  
Anomalía de la precipitación y sacarosa (% caña) 2019 - 2020.

El rendimiento comercial siguió la tendencia de la sacarosa (% caña), con valores porcentuales menores en 1.73% en promedio (Figura 11); las toneladas de azúcar por hectárea (TAH) se incrementaron a partir de junio de 2020 y superaron el segundo semestre de 2019 (Figura 12).

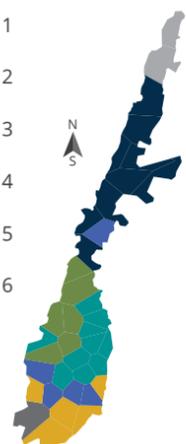
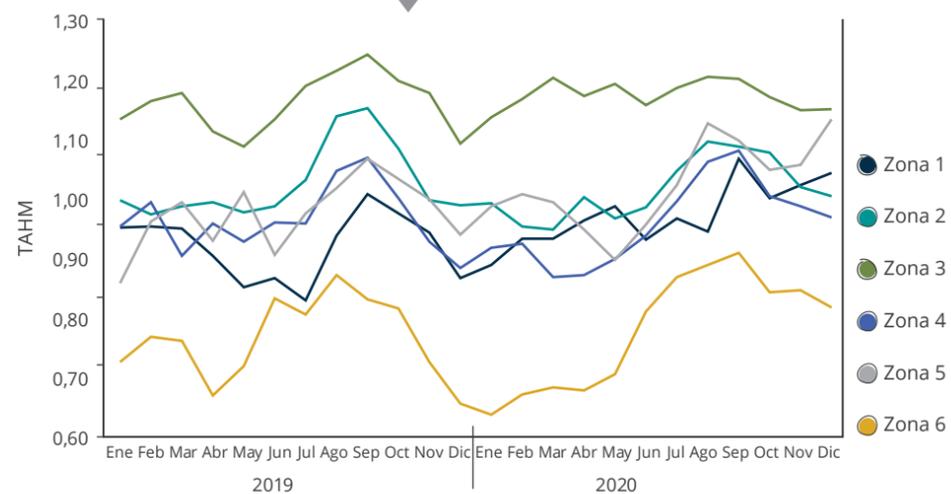
Un análisis por zonas climáticas del indicador de toneladas de caña por hectárea mes (TCHM) mostró los mayores valores en las

zonas 2 y 3 (centro del valle del río Cauca) como es usual en la agroindustria pero, a diferencia de otros años, los TCHM de las zonas 4 (centro-sur) y 5 (norte) alcanzaron a los de las zonas 2 y 3 (Figura 12).

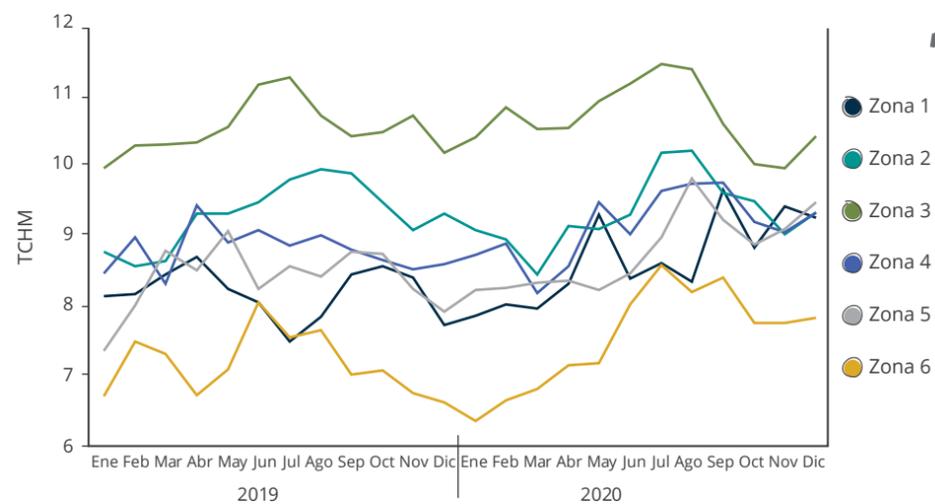
El incremento del TCH en 2020 con una edad de cosecha similar a la de 2019 se tradujo en alto TCH para todas las zonas climáticas en 2020 (Figuras 13 y 14).



**Fig. 12** TAHM de la agroindustria de la caña 2019 - 2020 por zona climática homóloga.

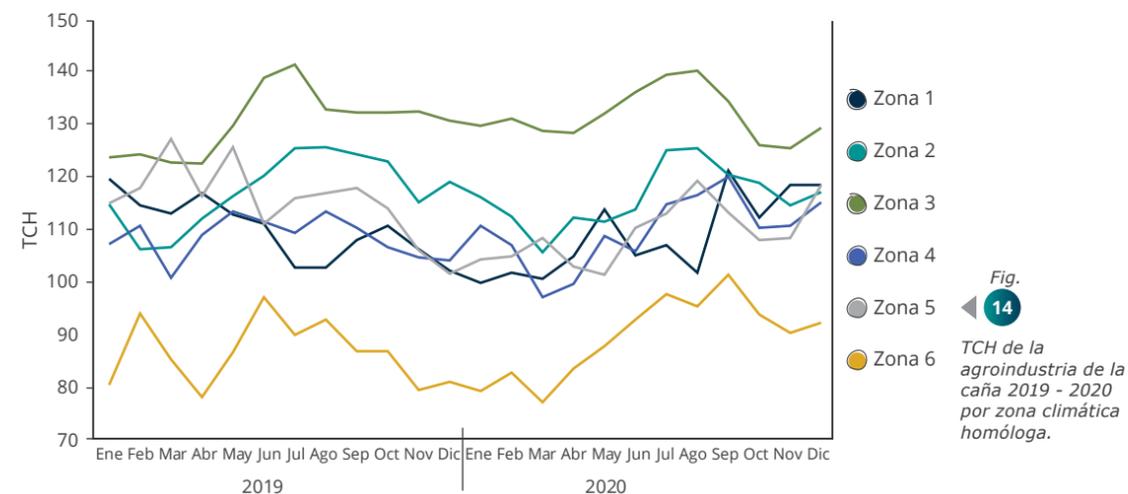


**Fig. 13** TCHM de la agroindustria de la caña 2019 - 2020 por zona climática homóloga.



02

Producción y productividad de la agroindustria de la caña de azúcar 2020

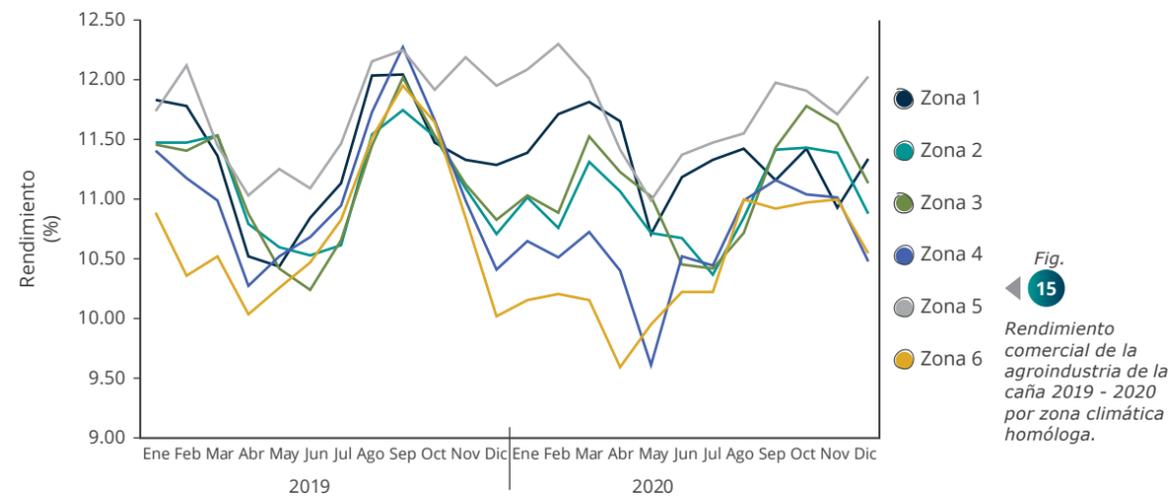


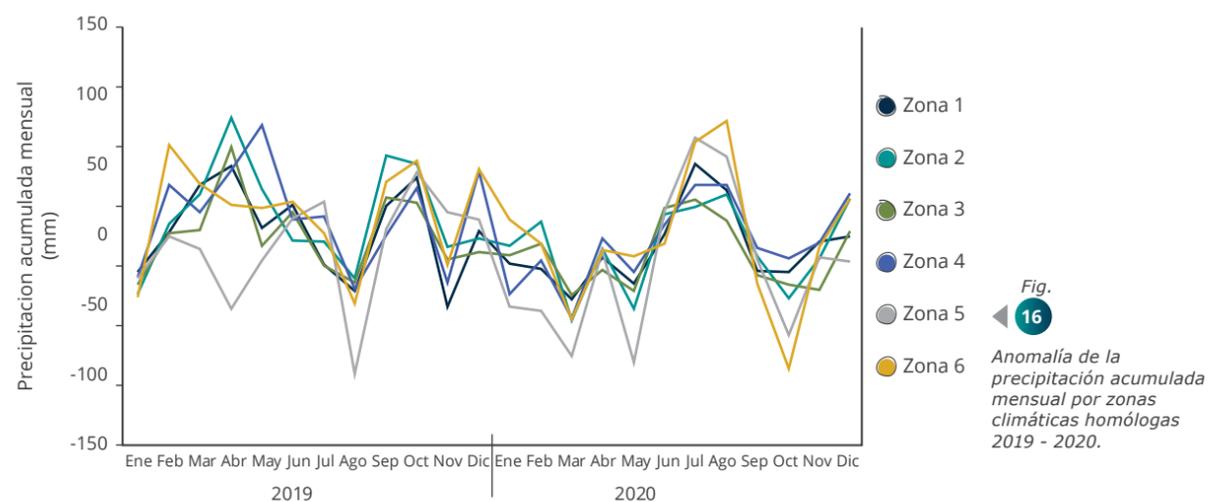
El rendimiento comercial de cada zona climática está correlacionado con el comportamiento de la precipitación en cada una de ellas (**Figuras 15 y 16**):

- **Zona 5 (valle del Risaralda):** una anomalía negativa de lluvia (muy seco) todo el año favoreció el mayor rendimiento.
- **Zona 6 (sur):** tuvo la mayor anomalía negativa de lluvia (muy seco) en el segundo semestre del año lo que influyó de manera positiva en el TCH y el rendimiento comercial, ya que se trata de una zona lluviosa.

- **Zona 2 y 3 (centro):** las anomalías positivas en los meses que se esperaban menos lluviosos impactaron el rendimiento comercial del segundo semestre (retraso de su pico y reducción del porcentaje).

El comportamiento de la lluvia del segundo semestre de 2019 (exceso), del primer semestre de 2020 (déficit) y del segundo semestre de 2020 (exceso) generaron las condiciones ideales para la recuperación de TCH en todas las zonas climáticas homólogas.





El área sembrada en 2020 se calculó en 241,994 hectáreas y la variedad CC 01-1940 fue la más sembrada en 102,162 hectáreas (42% del área) (Cuadro 2).

Cuadro 2 Participación de las variedades de caña de azúcar en el área sembrada en 2020.

VARIEDAD	ÁREA (HA)	ÁREA (%)	VARIEDAD	ÁREA (HA)	ÁREA (%)
CC 01-1940	102,162.90	42.22	CC 91-1606	593.67	0.25
CC 85-92	51,675.08	21.35	CC 04-195	508.96	0.21
CC 05-430	18,118.32	7.49	CC 93-3826	480.46	0.20
CC 93-4418	13,011.26	5.38	CC 00-3771	378.51	0.16
CC 11-600	9071.737	3.75	CC 05-230	333.87	0.14
CC 11-595	6403.26	2.65	CC 99-2282	299.17	0.12
SP 71-6949	3031.85	1.25	CC 12-2120	293.48	0.12
CC 01-678	2640.601	1.09	CC 93-3895	248.75	0.10
CC 00-3257	2141.67	0.89	CC 06-783	234.05	0.10
CC 97-7170	1849.6	0.76	CC 03-154	223.05	0.09
CC 01-746	1763.2	0.73	CC 14-3296	190.30	0.08
CC 01-1228	1723.89	0.71	CC 09-874	176.60	0.07
CC 10-450	1611.44	0.67	CC 05-948	159.17	0.07
CC 09-066	1545.435	0.64	CC 11-605	146.06	0.06
CC 84-75	1541.81	0.64	CC 03-469	140.73	0.06
CC 98-72	1053.568	0.44	CC 09-235	119.58	0.05
RB 73-2223	962.73	0.40	CC 09-702	104.26	0.04
V 71-51	670.30	0.28	VARIAS	6072.133	2.51
CC 93-4181	669.12	0.28	RENOVACIÓN	5201.535	2.15
CC 09-535	634.61	0.26	OTRAS	2244.693	0.93
PR 61-632	629.93	0.26	PAN COGER	334.09	0.14
CC 92-2198	598.96	0.25	ÁREA TOTAL	241,994.39	

02

Producción y productividad de la agroindustria de la caña de azúcar 2020

Seguimiento a indicadores de campo

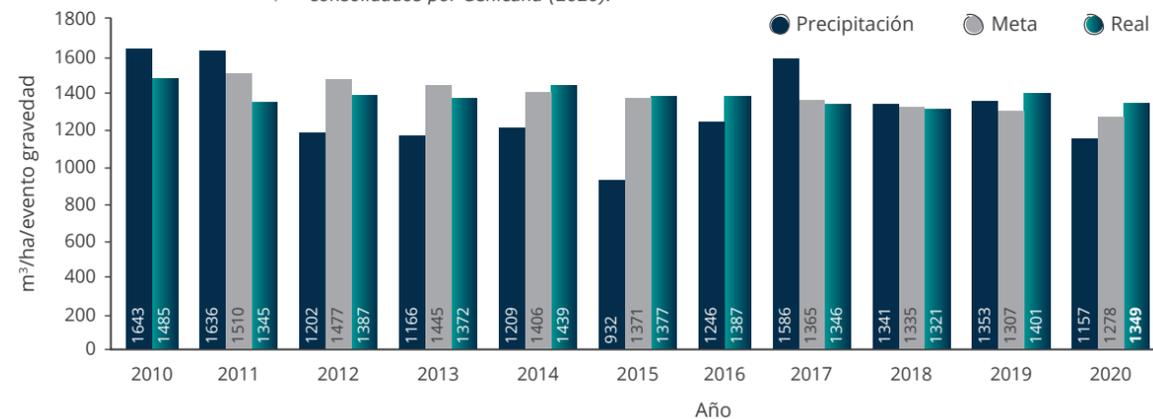
01 Riego

El requerimiento de agua del cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca oscila entre 1200 y 1500 mm (12000 y 15000 m³/ha/ciclo) dependiendo de las condiciones ambientales que se presenten durante el ciclo de producción. A través de la Mesa del Agua, la agroindustria hace el seguimiento a indicadores de consumo de agua para riego desde la fuente.

Según los datos consolidados para el año 2020, la precipitación acumulada anual fue de 1157 mm, es decir, que las lluvias aportaron 11570 m³/ha/ciclo del agua requerida por el cultivo. Para las tierras de manejo directo, el consumo medio ponderado por ciclo de cultivo fue de 528.3 mm, por lo tanto, se aplicaron mediante riego 5283 m³/ha/ciclo. Considerando una precipitación efectiva del 80%, el uso de agua total de precipitación (925,6 mm) más riego (528.3 mm) fue de aproximadamente 1454 mm (14540 m³/ha/ciclo), en el rango del requerimiento de agua del cultivo en la zona cañicultora del valle geográfico del río Cauca.

- **Precipitación acumulada anual 2020 (valle del río Cauca):** 1157 mm (11570 m³/ha/año)
- **Consumo promedio ponderado de agua por evento de riego por gravedad:** 1349 m³ ha⁻¹. Disminuyó 9.2% respecto a la línea base (2010), es decir, 136 m³/ha/evento y 3.7% en relación con el 2019, sin embargo, superó la meta establecida para el 2020 en 71 m³/ha/evento (5.5%) (Figura 17).
- **Consumo promedio ponderado de agua por evento de riego por aspersión:** 759 m³/ha/ciclo. Disminuyó 1,3% con respecto a la meta (10 m³/ha/aspersión) y aumentó 15,5% en relación al año 2019.
- **Número de riegos (valor medio):** 4.5, aumentó respecto al 2019. Este valor es dependiente de la precipitación.
- **Consumo promedio ponderado de agua por ciclo de cultivo:** 5283 m³ ha⁻¹, 2.8% (151 m³ ha⁻¹ por ciclo) por debajo de la meta para el 2020 (5434 m³ ha⁻¹ por ciclo); sin embargo, este indicador aumentó 19% frente al año anterior (indicador dependiente de la precipitación).

Fig. 17 Consumo promedio ponderado por evento de riego por gravedad. Fuente: ingenios. Datos consolidados por Cenicaña (2020).



Continúa



- **Eficiencia en el uso de agua de riego por tonelada de caña (promedio ponderado):** 47 m<sup>3</sup> agua de riego/t caña, 4% por debajo de la meta fijada para el año 2020 (indicador dependiente de la precipitación) (Figura 18).
- **Eficiencia en el uso de agua total (precipitación + riego) por tonelada de caña (promedio ponderado):** 128 m<sup>3</sup> agua total/t caña, 9% por debajo del año anterior (2020), a pesar de haberse presentado un menor aporte por precipitación (indicador dependiente de la precipitación) (Figura 18).

El incremento en el consumo promedio ponderado por evento de riego por gravedad respecto a la meta fijada para el año se explica en los mayores volúmenes de agua requeridos en las áreas en renovación que aumentaron 26% y 22% respectivamente para 2018 y 2019 (en 2020 el área renovada fue de 30,784, 36% superior a la renovada en 2019) y a cambios en las inversiones de infraestructura para riego que

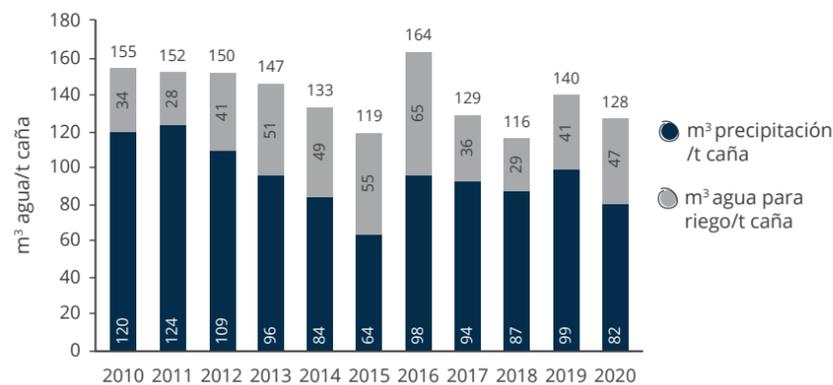
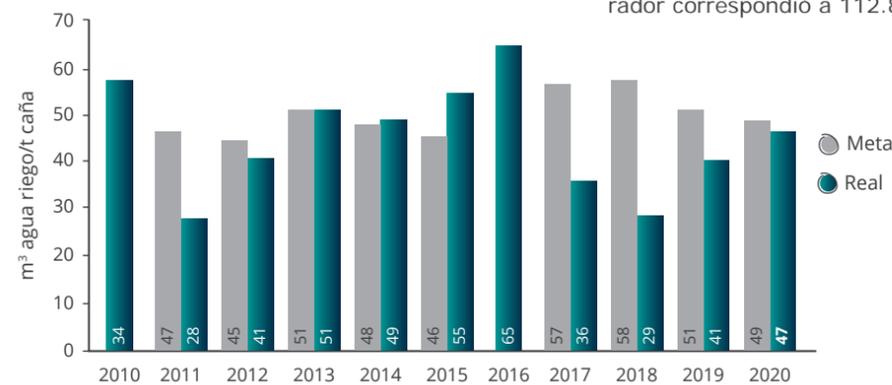


Fig. 18  
Eficiencia del uso del agua desde la fuente en manejo directo (promedio ponderado). Fuente: ingenios. Datos consolidados por Cenicaña (2020).

no coinciden a las proyectadas para el cálculo de las metas de 2019 y 2020.

## 02 Maduración

La maduración es una práctica de manejo agronómico utilizada para aumentar la sacarosa (% caña) y el rendimiento de la caña de azúcar. Durante el año 2020, 76% de las suertes cosechadas fueron tratadas con algún producto tipo madurante. En la Figura 19 se hace el comparativo mensual del rendimiento entre suertes maduras y no maduras. El mes de mayor eficacia en el aumento del rendimiento fue febrero, con 1.19 unidades porcentuales respecto a la no maduración; seguido de agosto, con 1.04 unidades porcentuales. En contraste, noviembre mostró la menor eficacia en la maduración, con una diferencia de 0.43 unidades porcentuales frente a la no maduración. En promedio, la práctica aumentó 0.74 unidades porcentuales (7.4 kg de azúcar por tonelada de caña) el rendimiento comercial de la caña de azúcar. Respecto al TCH, el promedio no ponderado, cuando se realizó la maduración, se ubicó en 112.1; mientras que el mismo promedio sin madurador correspondió a 112.8.

## 02

Producción y productividad de la agroindustria de la caña de azúcar 2020



Fig. 19  
Comparativa de sacarosa entre madurado y no madurado por mes. Año 2020.

## 03 Cosecha

- **Caña en verde:** 133,333 hectáreas (70%), valor superior al reportado en el 2019 (125,462 hectáreas - 66%).
- **Cosechas en quemas no programadas:** 19,821 hectáreas (10%), valor similar al reportado en 2019 (18,837 hectáreas).
- **Tiempo de permanencia:** Se presentó una reducción de 8% frente al mismo periodo del año pasado, es decir, 20.1 horas con respecto a las 21.8 horas del 2019.
- **Cosecha mecánica:** En los últimos ocho años la agroindustria de la caña ha evolucionado hacia sistemas de cosecha más tecnificados; mientras en el 2013 se cosecharon mecánicamente 76,512 hectáreas, en 2020 se reportaron 133,083 hectáreas. Este incremento representa un 74% en el valor absoluto para este periodo. En igual sentido, el valor absoluto de las áreas cosechadas mecánicamente en verde aumentó 86%, al pasar de 64,741 hectáreas en 2013 a 120,488 hectáreas

en 2020. Durante el último año la agroindustria cosechó de manera mecánica 70% de su área, siendo el 92% de esta cifra, cosecha mecánica en verde (sin quema).

En 2020 Cenicaña dio apoyo técnico al sector en las gestiones realizadas ante la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) para la regulación de quemas controladas en cultivos de caña de azúcar y la modificación de los equipos de bombeo en pozos de aguas subterráneas.

En el primer tema, se acordó reducir a menos de la mitad el área permitida para la quema de caña en el departamento del Valle del Cauca, bajando del 78 (~135 mil ha) al 32% (~55 mil ha) del área cultivada. En cuanto a la modificación de los equipos de bombeo se logró una extensión de tres años adicionales (2023) para su cumplimiento, según el Acuerdo CVC 029 de 2020. Así mismo, se acordó la instalación de una Mesa Técnica CVC – sector, con los objetivos de realizar el seguimiento de las acciones y compromisos de reconversión, evaluar alternativas técnicas en lubricación de pozos y evaluar casos especiales, tales como la afectación del pozo asociada a la reconversión.

## Observaciones de fábrica

La caña molida aumentó en 239,074 toneladas con respecto al 2019 dado el incremento en TCH. El aumento pudo ser mayor, pero el área cosechada disminuyó en 4594 hectáreas. La producción de azúcar (incluida el azúcar crudo equivalente y mieles destinados a la producción de etanol) disminuyó en 21,124 toneladas como consecuencia de un menor contenido de sacarosa (% caña) entrando a fábrica, que pasó de 12.90% en 2019 a 12.73% en 2020 (Cuadro 1). En cuanto a la producción de etanol se redujo en 14%, equivalente 62,12 millones de litros, probablemente asociado al menor consumo de combustibles en el país efecto del COVID-19 y un incremento en las importaciones de etanol carburante.

La generación de energía eléctrica y su venta aumentaron en 4.7% con respecto al 2019 (Cuadro 1). El porcentaje de energía generada que se entregó al Sistema Interconectado Nacional (SIN) se mantuvo constante en 41.4%.

Un análisis por trimestres muestra una disminución en la caña molida en el segundo trimestre, asociado a los paros de fábrica programados y un mayor tiempo perdido no programado por cosecha, el mayor de todo el año. Por otra parte, el segundo trimestre también se caracterizó por el menor contenido de sacarosa (% caña) entrando a fábrica, asociado a las mayores precipitaciones, menor radicación y oscilación de temperatura. Como es tradicional, en el tercer trimestre se alcanzó la mayor cantidad de caña molida; sin embargo, tanto la sacarosa (% caña) como el rendimiento presentaron mejores valores en el cuarto trimestre.

La fibra industrial (% caña) disminuyó en 0.19 unidades con respecto al 2019, mientras que los sólidos insolubles, que hacen parte de la fibra industrial, no presentaron variación, razón por la cual se presentó una disminución efectiva en la fibra vegetal, alcanzando dos años consecutivos de

descenso. La eficiencia de recuperación de sacarosa en la fábrica pasó de 87.64% a 87.56%. El descenso en la eficiencia de recuperación de sacarosa en la fábrica se debe principalmente al incremento en las pérdidas indeterminadas.

## Huella de carbono de la producción de etanol

En el 2019 la huella de carbono asociada a la cadena productiva del etanol anhidro combustible desnaturalizado (EACD) se calculó en un promedio ponderado de 580.9 kg CO<sup>2</sup>eq/m<sup>3</sup> EACD con un máximo de 768.1 y un mínimo de 398.0 kg CO<sup>2</sup>eq/m<sup>3</sup> EACD (Figura 20).

Estos valores se encuentran por debajo del límite de emisiones establecido por la legislación colombiana para el 2019 (853 kg CO<sup>2</sup>eq/m<sup>3</sup> EACD)

Este cálculo implica el cumplimiento de la Resolución 1962 de 2017, que establece el límite anual de emisiones asociadas a la producción del etanol nacional e importado.

Actualmente Cenicaña trabaja en la actualización de la herramienta de cálculo del inventario de gases de efecto invernadero y la huella de carbono para categorizar las emisiones y sus fuentes, facilitar la generación de reportes y la estimación de la incertidumbre asociada al procedimiento de cálculo. De esta forma, se garantiza una mayor transparencia en el ejercicio y confiabilidad de los resultados presentados, así como futuros procesos de verificación más ágiles.

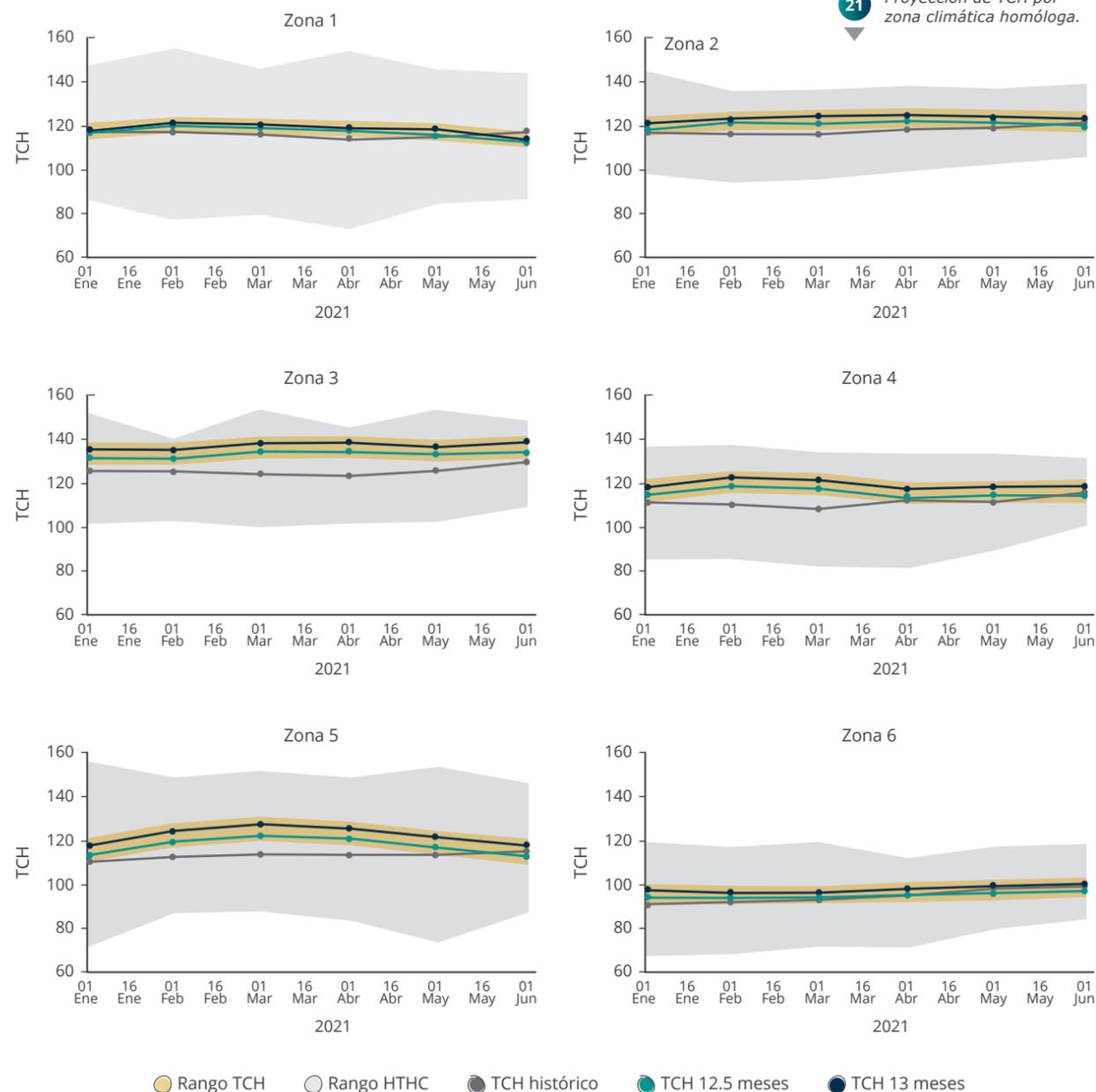


## 02

Producción y productividad de la agroindustria de la caña de azúcar 2020

## Proyección productividad 2021 (primer semestre)

### 01 TCH

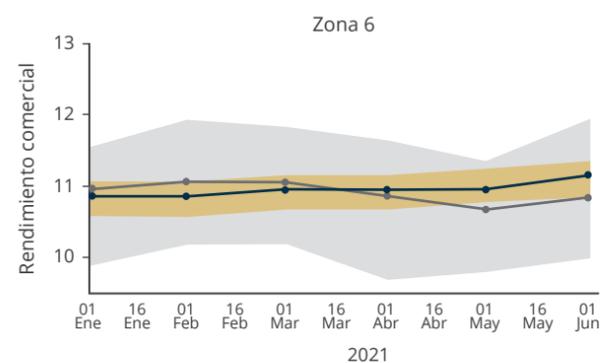
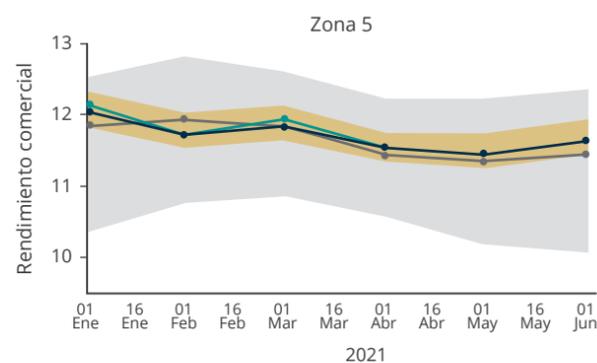
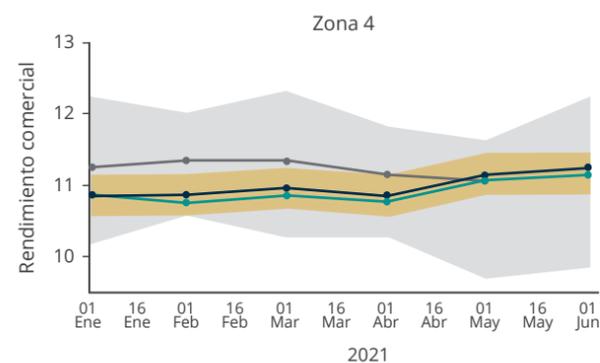
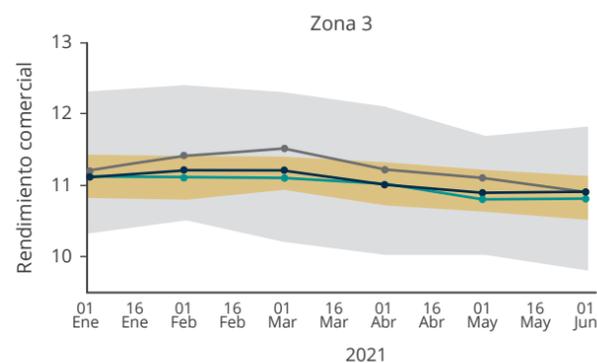
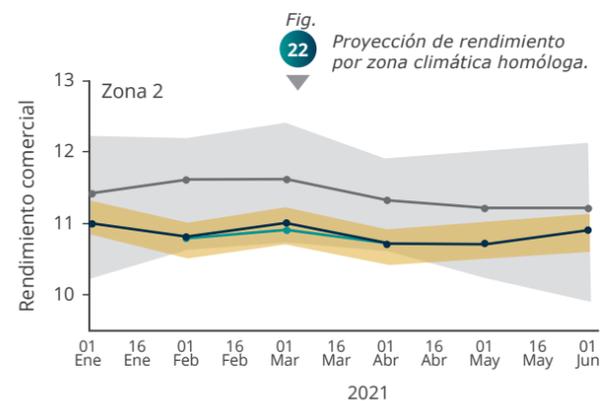
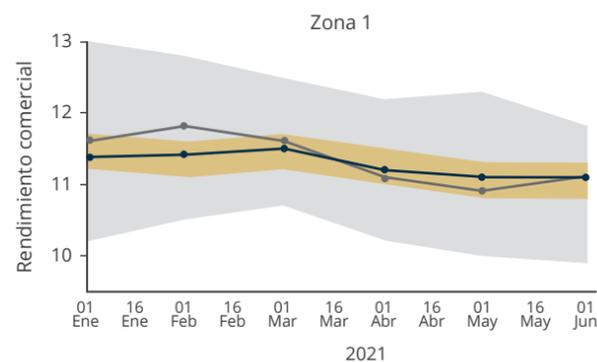


En TCH, por lo menos hasta mayo se esperan valores superiores al histórico en las seis zonas climáticas homólogas (Figura 21).

## ! Proyección productividad 2021 (primer semestre)

### 02 Rendimiento comercial

En rendimiento se esperan valores por debajo del histórico mensual en las zonas 1,2 y 3. En los extremos del valle, zona 1 (Norte) y zonas 4 y 6 (Centro sur y sur) se proyecta un rendimiento por encima del histórico para el segundo trimestre de 2021 (Figura 22).



● Rango RTO   ● Rango HRTO   ● RTO histórico   ● RTO 12.5 meses   ● RTO 13 meses

La proyección se realiza de acuerdo con el comportamiento que se espera del clima para 2021 y para edades de cosecha entre 12.5 y 13 meses. Una diferencia con dicho valor o una disminución del TCH por falta de riego o la presencia de una enfermedad o plaga influyen en la tendencia.

Fig. 22 Proyección de rendimiento por zona climática homóloga.



# CIFRAS Y DATOS DEL SECTOR 2020

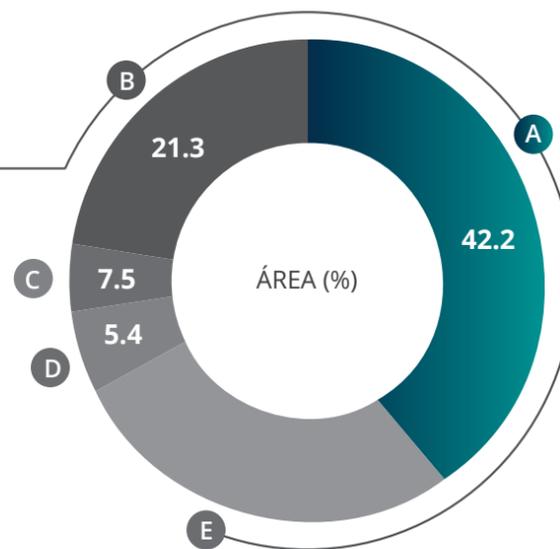
Resumen de los principales indicadores de productividad y datos generales de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar y Cenicaña.





**VARIEDADES MÁS SEMBRADAS**

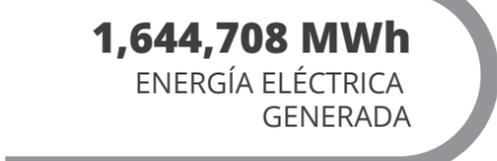
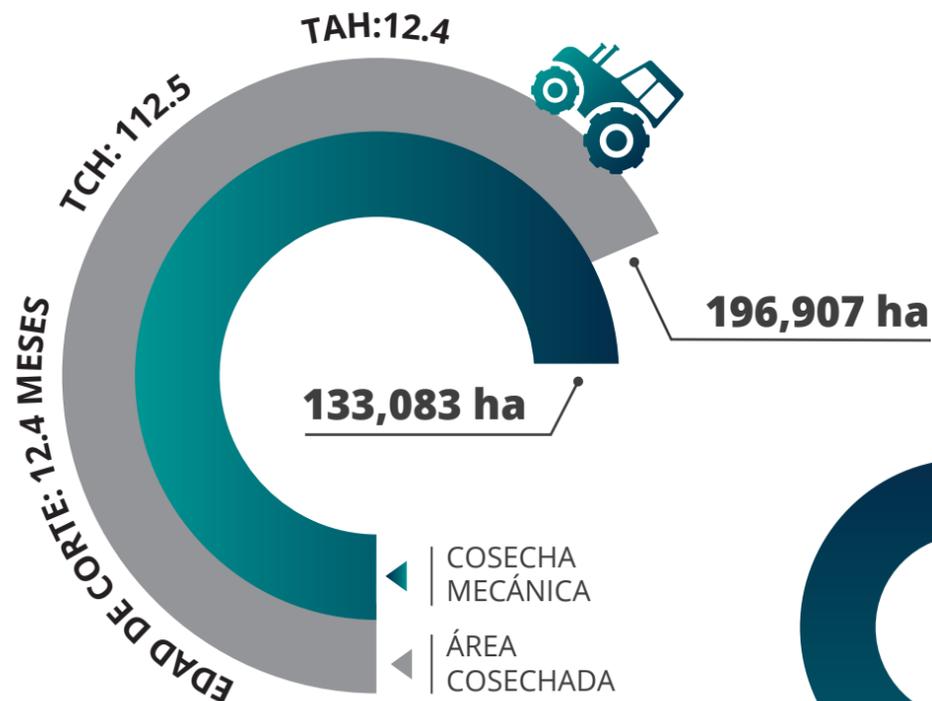
- A CC 01-1940
- B CC 85-92
- C CC 05-430
- D CC 93-4418
- E Otras



102,162.90
51,675.08
18,118.32
13,011.26
ÁREA (ha)

HUELLA DE CARBONO PRODUCCIÓN DE ETANOL 2019

**META**  
**853**



Nuevo aportante  
A partir de 2020  
**INGENIO DE OCCIDENTE**  
**1932 HA**  
de tierras propias

**76**  
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN en ejecución

Catálogo de Biblioteca Disponible en web  
**36,920**  
DOCUMENTOS ESPECIALIZADOS en caña de azúcar

La estación experimental de Cenicaña, ubicada en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros, Florida, cuenta con 24 lotes experimentales

## 03

## CAÑA DE AZÚCAR: BASE DE NUESTRA AGROINDUSTRIA

En el 2020 Cenicaña avanzó en el uso de herramientas biotecnológicas y moleculares que apoyen el proceso convencional de desarrollo de variedades con enfoque de agricultura específica por sitio (AEPS). Un logro importante fue el ensamblaje del genoma de la variedad CC 01-1940 y el establecimiento de una huella molecular para diferenciar las variedades del banco de germoplasma. También se evidenció un incremento en el área sembrada con nuevas variedades, lo que le permitirá a ingenios y cultivadores contar con más opciones varietales en el futuro, y se fortaleció el trabajo colaborativo con Agrosavia y la ONU para apoyar al sector panelero con variedades más productivas y sanas.

Durante el año se continuó estudiando el grupo de insectos *Telchin* (*Lepidoptera: Castniidae*) como medida preventiva ante el ataque del barrenador gigante en cultivos de caña de azúcar en la altillanura y se propuso evaluar económicamente las variedades de caña a través de un indicador de utilidad acumulada. A continuación más resultados y avances de investigación.

## 03

Caña de azúcar:  
base de nuestra  
agroindustria

### Ensamblaje del genoma de CC 01-1940 y huella molecular para el banco de germoplasma

Con la realización de un análisis de completitud (correspondencia de la información genética ensamblada) y de contaminación, en el 2020 Cenicaña finalizó la construcción del primer genoma monoploide de un híbrido colombiano de caña de azúcar (CC 01-1940).

Como resultado se obtuvo que de los 1440 genes esperados, el ensamblaje contenía 91.8% de la información genética, información que es la más alta encontrada en un genoma público de caña de azúcar, hasta la fecha. Para evaluar qué tan completo estaba el genoma, se utilizó la herramienta *Busco* (Simão et al., 2015) y la base de datos *Viridiplantae\_odb10*, la cual se compone de 425 grupos de genes distribuidos en 57 especies de plantas.

Respecto al análisis de presencia de contaminación se observó que de las 1254 Mbp ensambladas, 1251.53 Mbp (99.8%) pertenecen a caña de azúcar, lo que confirmó que no existe contaminación en el ensamblaje. Para evaluarlo se utilizó la herramienta *Blob Tools* (Laetsch & Blaxter 2017).

La identificación y organización de la información genética de la variedad CC 01-1940 contribuirá a que la investigación para el desarrollo de nuevas variedades sea más precisa porque, entre otras múltiples utilidades, se podrán identificar marcadores moleculares y así aumentar la posibilidad de identificar organismos con características deseables e indeseables en una etapa temprana de desarrollo.

Escanee el código QR  
Para ingresar al seminario web El genoma de la variedad CC 01-1940 y su importancia.



### Validación de marcadores moleculares SNP

Tras la identificación, en 2019, de marcadores SNP asociados a características agronómicas de interés, Cenicaña validó si éstos tienen la capacidad de actuar como huella molecular y diferenciar al resto del banco de germoplasma de la agroindustria.

Para este propósito se utilizó la tecnología *Targeted Re-sequencing* (TR por sus siglas en inglés), la cual reprodujo los marcadores en 360 individuos, de los cuales 64 pertenecen a los 220 genotipos originalmente seleccionados.

Estos resultados han permitido definir un patrón de dosis alélica única para todos los individuos evaluados, utilizando tecnologías de secuenciación diferente, tales como GBS, RADSeq y TR. El siguiente paso en este proceso, en el cual se trabaja actualmente, es la implementación rutinaria de esta nueva herramienta.

Estos resultados han permitido definir un patrón de dosis alélica única para todos los individuos evaluados, tanto para los datos GBS y RADSeq como para los 360 individuos evaluados con TR.



La validación de un marcador molecular consiste en determinar de manera confiable si los resultados observados en la etapa de descubrimiento se mantienen en poblaciones distintas, de tal manera que los mismos puedan ser de uso práctico. No existe una guía para validar marcadores moleculares, aunque se pueden encontrar algunas recomendaciones. En Cenicaña se realiza una validación tecnológica y otra biológica.

## Proyecto Selección Asistida por Marcadores (SAM)

### Validación de marcadores para sacarosa

En el marco del proyecto de Selección Asistida por Marcadores (SAM) se realizaron validaciones tecnológicas y biológicas a 53 marcadores moleculares para sacarosa, con el propósito de usarlos en la selección de variedades de caña de azúcar.

Del total de marcadores validados, cuatro identificaron un conjunto de individuos con mayor contenido de sacarosa. Como parte de este proceso de validación los marcadores fueron mapeados al genoma de referencia (CC 01-1940) y se hallaron seis genes relacionados con producción de carbohidratos:

- **Glicosiltransferasa** (BC10\_ORYSJ)
- **Transaldolasa** (TAL\_THIDA)
- **ligasa ATL31** (ATL31\_ARE3 ubiquitina-proteína ATH)
- **Alfa-galactosidasa** (AGAL\_COFAR)
- **Alfa-galactosidasa 2** (AGAL2\_ARATH)
- **Proteína MAIN-LIKE 2** (MAIL2\_ARATH).

### Análisis GWAS para sacarosa y resistencia a roya café y carbón

Se realizó un análisis de asociación (GWAS) con 30,448 marcadores alineados al genoma de referencia *Saccharum spontaneum* y datos fenotípicos de las variedades del banco de germoplasma de la agroindustria.

Para las evaluaciones de sacarosa (% caña) se encontró un marcador con una asociación significativa y para el análisis de carbón y roya se obtuvieron 39 marcadores significativamente asociados a la resistencia a la primera enfermedad y 37 marcadores asociados a la segunda. Se continuará con la validación de estos marcadores en la fase biológica.

Por otra lado, Cenicaña continuó las evaluaciones para confirmar si genes de caña de azúcar seleccionados tienen potencial para contribuir a la tolerancia al déficit hídrico. Durante las evaluaciones se caracterizó un gen, que codifica por una enzima relacionada con el metabolismo de carbohidratos, que puede contribuir no solo a la tolerancia al déficit hídrico, sino al incremento en la producción de biomasa.



03

Caña de azúcar:  
base de nuestra  
agroindustria

## Avances en procesos de transformación y edición genética

Con el propósito de mejorar los procesos de producción de callo embriogénico en los proyectos de transformación y edición genética, se compararon diferentes metodologías de regeneración y enraizamiento en tres variedades comerciales de caña de azúcar.

Tras diferentes ensayos realizados se identificó que RP-IND fue el mejor medio para producir callo embriogénico de variedades de caña, y por lo tanto será implementado de manera rutinaria como el medio de cultivo para producir este tipo de material.

De otro lado, se continuó evaluando la resistencia a insectos plaga, como *Diatraea* spp., a través de la transformación de plantas de la variedad CC 01-1940 con el gen Cry1Ab y en diez, de las 74 plantas que pasaron el proceso de cultivo de tejidos, se evidenció la producción de ARN mensajero como prueba de la expresión del gen (cuadro 3).

Cuadro 3  
Plantas de CC 01-1940 transformadas con gen Cry1Ab con resistencia a *Diatraea* spp.

ENSAYOS	No. DE PLANTAS	PLANTAS POSITIVAS POR PCR (ADN)	PLANTAS POSITIVAS POR RT-PCR (CDNA)	PLANTAS POSITIVAS POR ELISA
Cry210319	35	25	2	4
Cry290319	35	27	7	
Cry090419	4	4	1	
TOTAL	74	56	10*	

\* Resultado parcial de 13/56 plantas evaluadas.



## Selección de variedades de caña para el valle del río Cauca



### AMBIENTE SEMISECO

Pruebas regionales  
serie 2004 - 2009

Se destacaron las variedades CC 05-430, CC 04-195, CC 05-230, CC 09-066, CC 08-22, CC 09-246, CC 05-231, CC 09-535 y CC 09-235 por presentar entre 2% - 22% mayor TCH y entre 7% - 29.3% mayor TSH frente a la variedad testigo CC 85-92 (**Figura 23**).



### AMBIENTE HÚMEDO

Pruebas regionales  
serie 2009 - 2010 - 2011

En la prueba regional para la serie 2009 - 2010, la variedad CC 10-450 registró 2% más sacarosa (% caña) y 2% más TCH comparada al testigo CC 01-1940. Las variedades CC 10-450, CC 10-476 y CC 10-503 se destacaron por presentar similar productividad que el testigo en zonas agroecológicas 5H3, 5H4 y 8H3. Además, presentaron resistencia a las principales enfermedades (**Figura 24**).

En las pruebas regionales de la serie 2011 se destacaron las variedades CC 11-600, CC 11-595, CC 11-606 y CC 11-470 por la vía de tonelaje. Para sacarosa (% caña) las variedades CC 11-493 y CC 11-465 sobresalieron entre las demás y para TSH se destacó CC 11-600. CC 11-468 mostró adaptación específica en zonas agroecológicas de ambiente semiseco; CC 11-605, en zonas de alta humedad; y CC 11-600 en zonas de transición de los grupos de humedad H3 a H4.



### AMBIENTE PIEDEMONTE

Pruebas regionales  
serie 2003 - 2011

Las variedades con mejor desempeño en los ambientes semiseco y húmedo, se evaluaron en el ambiente de piedemonte a fin de seleccionar aquellas con mejor adaptación. En piedemonte las variedades CC 05-430, CC 09-535, CC 04-195, CC 06-489 y CC 11-600 se destacaron por presentar igual o mayor productividad que la variedad testigo (CC 01-1940), además de ser superiores a CC 85-92 (**Figura 25**).

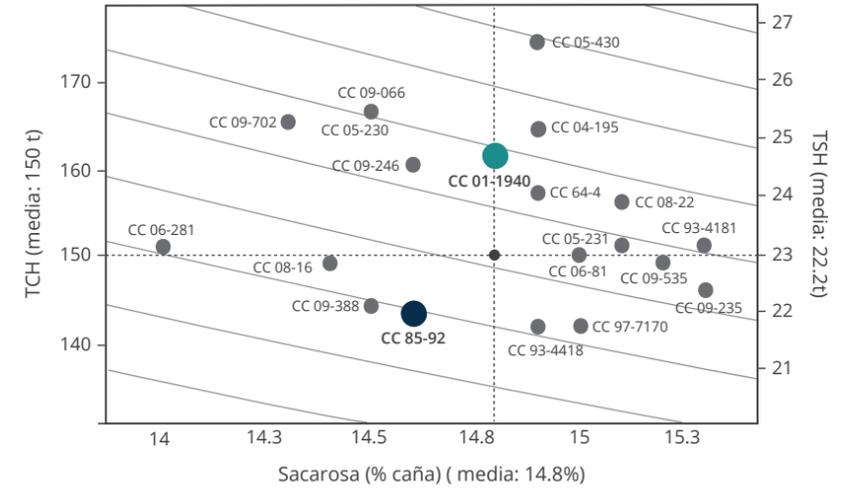


Fig. 23

Prueba regional con variedades de la serie 2004 - 2009, análisis combinado a través de 23 sitios (plantilla, y tres socas), ambiente seco-semiseco. 2015 - 2020.

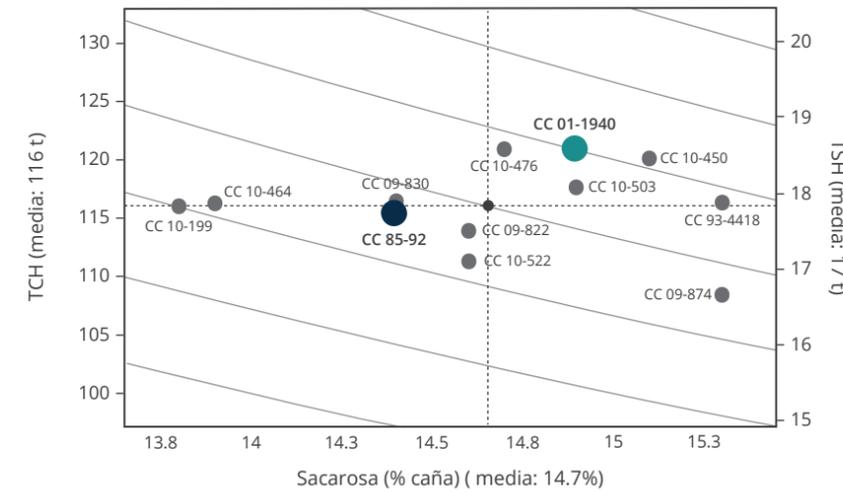


Fig. 24

Prueba regional con variedades de la serie 2009 - 2010, análisis combinado a través de 8 sitios (plantilla y primera soca), ambiente húmedo. 2017 - 2019.

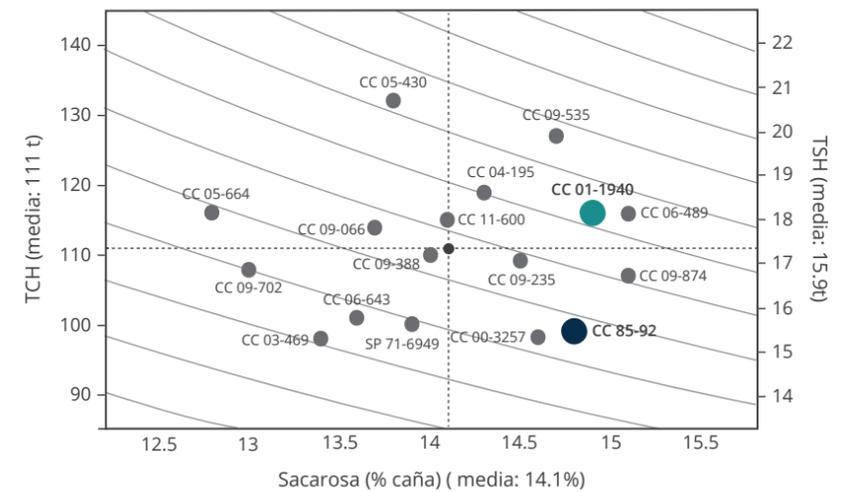


Fig. 25

Prueba regional con variedades de la serie 2003 - 2011, análisis combinado a través de tres sitios (plantilla), ambiente piedemonte.



## Garantizar variabilidad genética

A través de los cruzamientos varietales se producen nuevas combinaciones de genes los cuales aumentan las posibilidades de contar con variedades más productivas. Durante la temporada 2019 - 2020 en la Estación Experimental de San Antonio de los Caballeros (EESA) se realizaron 2350 cruzamientos, de los cuales, 476 fueron autopolinizaciones, 1562 cruzamientos biparentales y 312 cruzamientos múltiples. Adicionalmente, se importaron 100 cruzamientos biparentales de la estación de hibridación del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (CIDCA), en México.

De otro lado, para ampliar la diversidad genética de los cruzamientos futuros se realizaron las siguientes importaciones:

- Fundación de Apoyo Institucional para el Desarrollo científico y tecnológico FAI CNP / Universidad Federal San Carlos - UFSCar de Brasil: RB 985476, RB 975201, RB 965917, RB 935744 y RB 975952 (cuarentena cerrada).

- Australia: once variedades (VIC 38) (MQ 239, Q 188, Q 182, Q 246, Q 217, Q 243, KQ 236, Q 223, Q 237 y Q 224), las cuales fueron resistentes a roya café, carbón y mosaico. Solo las variedades Q 182 y Q 224 mostraron susceptibilidad a roya naranja.

## Evaluación fitosanitaria

En cada una de las etapas del proceso de selección los clones son evaluados desde el punto de vista fitosanitario para identificar materiales resistentes a enfermedades.

En el 2020 se evaluaron 178,687 plántulas o variedades potenciales, de las cuales 56% fueron resistentes a roya café, roya naranja, mosaico y carbón. De ese material, 59.5% es para ambiente semiseco, 51.3%, para húmedo; y 38.1%, para piedemonte.

También se evaluaron, en condiciones semicontroladas, las 220 accesiones de caña que hacen parte del proyecto SAM. Las metodologías utilizadas permitieron la reproducción de los síntomas de las diferentes enfermedades evaluadas, y la determinación de las variedades resistentes y susceptibles (**Cuadro 4**).

ENFERMEDAD	EDAD EVALUACIÓN (MESES)	VARIEDAD FUENTE DE INÓCULO	ACCESIONES EVALUADAS (2020)	TOTAL DE ACCESIONES EVALUADAS	RESISTENTES (%)	RESISTENCIA INTERMEDIA (%)	SUSCEPTIBLES (%)
Roya café ( <i>Puccinia melanocephala</i> H. y P. Sydow)	2	CC 85-92	0	220	35.4	43.6	21
		CP 57-603	123	220	40.5	42.7	16.8
		Mezcla (CC 85-92, B 43-62 y CP 57-603)	75	75	30.7	60	9.3
Roya naranja ( <i>Puccinia kuehnii</i> Krüger)	2	CC 01-1884	110	213	21.1	31.9	46.9
Carbón ( <i>Sporisorium itamineum</i> M.)	Plantilla 5 y 9	CP 57-603	0	220	85	N/A	15
	Soca I 5 y 9		220	220	87	N/A	13
	Soca II 5		220	220	95	N/A	5
Virus del mosaico (SCMV)	1	CP 31-294 y CC 85-92	87	210	70.5	N/A	29.5
Escaldadura de la hoja (LSD)	2	CC 85-92	59	165	56	30	14
Virus de la hoja amarilla (SCYLIV)	2	CC 84-75	34	125	47	33	20

**Cuadro 4** Resultados de evaluación fitopatológica bajo condiciones controladas de un conjunto de 220 accesiones de caña de azúcar.

03

Caña de azúcar:  
base de nuestra  
agroindustria

## Estrategia de Adopción y Multiplicación de Variedades

Como parte de la estrategia de Adopción y Multiplicación de Variedades, en la que las variedades sobresalientes en las pruebas regionales se evalúan por etapas, durante el 2020 se observó un incremento en las áreas semisecas sembradas con CC 05-430, CC 09-066 (etapa 1) y CC 04-195 (etapa 2).

En el ambiente húmedo se observó un incremento del área con las variedades CC 11-600, CC 11-595 y CC 10-450 (etapa 2) mientras que en el piedemonte se observó que las variedades CC 00-3771, CC 91-1606 y CC 00-3257 (etapas 2 y 3) se sostienen en las áreas sembradas (**Cuadro 5**).

**Cuadro 5** Adopción de nuevas variedades en las etapas 1 y 2 para los tres ambientes de selección entre 2018 y 2020.

AMBIENTE DE SELECCIÓN	ETAPA	VARIEDAD	AÑO (HA)		
			2018	2019	2020*
Semiseco	1	CC 05-230	51.26	174.923	277
		CC 05-231	7.48	44.08	76
		CC 05-430	878.88	5682.471	16097
		CC 09-066	113.67	617.4051	1391
		CC 09-235	86.98	129.37	127
	CC 09-702	156.8351	16.5502	113	
	2	CC 01-385	69.92	67.71	25
CC 04-195		151	443.65	473	
CC 04-667		57.29	45.27	30	
Húmedo	1	CC 11-606	106.05	101.37	86
		CC 09-874	148.47	189.22	185
	2	CC 10-450	246.43	883.43	1504
		CC 11-595	729.42	3560.833	6346
		CC 11-600	1286.455	5064.535	8504
		CC 11-605	173.59	195.71	167
Piedemonte	2	CC 00-3771	199.31	380.46	383
		CC 91-1606	581.81	623.79	605
	3	CC 00-3257	1990.76	2243.25	2375

\* Datos a octubre.

Este comportamiento en la adopción de nuevas variedades es producto de las estrategias impulsadas por Cenicaña, con el apoyo de ingenios y cultivadores:



**Acompañamiento**

Se pasó de acompañar el proceso de renovación en 557 hectáreas en 2019 a acompañar 1182 hectáreas en 2020.



**Días de campo y GTT**

Previo a la declaratoria de emergencia sanitaria emitida por el Gobierno Nacional, se realizaron días de campo con los proveedores de caña del ingenio Pichichí para promover las variedades CC 05-430, CC 09-066, CC 09-535 y CC 03-154, como opciones para el ambiente semiseco, CC 11-600 para húmedo. Posteriormente se realizaron cuatro reuniones de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT) en modalidad virtual con los ingenios del Cauca, Risaralda Castilla y Manuelita.



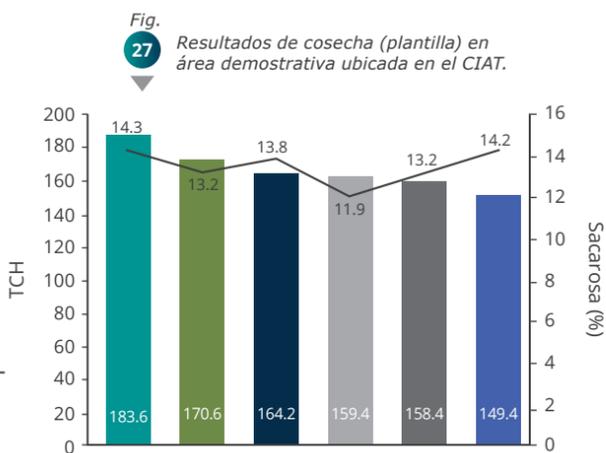
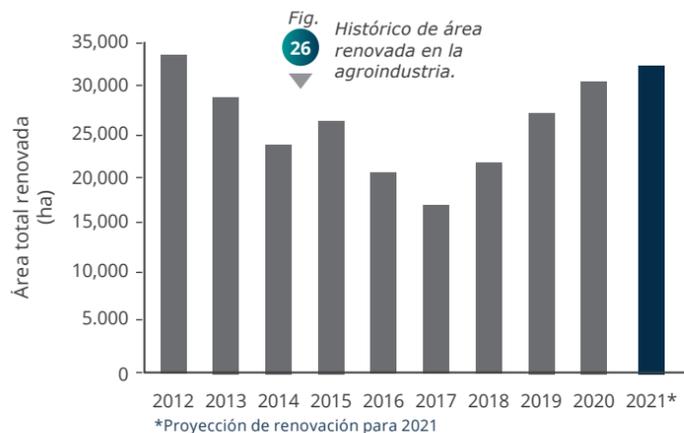
**Investigación de mercado**

Se realizó una entrevista cualitativa a los jefes de investigación de doce ingenios del valle del río Cauca para conocer los procesos de adopción de variedades en las unidades productivas de manejo directo, e identificar las necesidades de investigación y puntos de mejora.



**Áreas demostrativas**

El primer corte evidenció que las variedades CC 09-066, CC 97-7170, CC 05-430, CC 98-72 y CC 01-678, además de CC 01-1940, son excelentes opciones para ambiente semiseco, con una productividad enplántula que oscila entre 149 y 184 TCH; 11.9% y 14.3% de sacarosa; y entre 11.3 y 13.9 de TCHM. Sobresalen por su alto contenido de sacarosa CC 01-1940 y CC 01-678 (Figura 27). Se realizará seguimiento por cinco cortes. La productividad promedio de la agroindustria para plántulas cosechadas en zona agroecológica 6H1 en octubre y noviembre de 2019 fue de 135 TCH, 11.55 % de sacarosa y 9.99 TCHM.



**Cosecha:** mecánica en verde a 13.2 meses y sin maduración inducida. **Edad:** 13.2 meses. **Riego:** Con sensores de potencial mátrico. **Zona agroecológica:** 6H1 (consociación Cantarina). **Área demostrativa:** 7.3 hectáreas.

● CC 01-1940 ● CC 09-066 ● CC 97-7170 ● CC 05-430 ● CC 98-72 ● CC 01-678

**03**

Caña de azúcar: base de nuestra agroindustria

**Análisis para facilitar decisiones agronómicas**

Cenicaña construyó herramientas con métodos de simulación y sensibilidad para el análisis de costos, inversión e impacto de diferentes decisiones económicas de la agroindustria. Estos modelos económicos, financieros y econométricos permiten evaluar relaciones entre las variables de interés, además de estimar a través del tiempo los resultados económicos y financieros de una decisión.

**Evaluación económica para la renovación**

Cenicaña realizó la evaluación económica de un proyecto de renovación, a través de un modelo que ofrece la ganancia neta adicional valorada hoy. Entonces, como inversión no solamente se tiene en cuenta el costo de adecuación, preparación y siembra (APS), sino lo que se deja de percibir al no continuar con el cultivo en el ciclo actual.

Este modelo económico estima el valor presente neto (VPN) del beneficio adicional acumulado por corte y valor marginal del beneficio por corte. Si el VPN es positivo el proyecto de renovación tiene una rentabilidad mayor a la tasa de interés de oportunidad del inversionista.

El Cuadro 7 muestra corte a corte los resultados económicos, ingreso, lucro cesante, costo de levantamiento y oportunidad de la tierra y finalmente la utilidad para cada corte de las opciones de renovación y de no renovación.

A continuación se presenta la evaluación económica para un proyecto de renovación, bajo unos supuestos de precios y costos (Cuadro 6).

Cuadro 6

Supuestos del modelo para las alternativas de renovación y no renovación.

CONSIDERACIONES SUPUESTAS	
Rendimiento para bonificación:	11.6%
Pago en kilos:	58
Precio kilo (\$/kilo de azúcar):	\$1400
Costo de adecuación, preparación y siembra (APS) en \$/ha:	\$5,3 millones (Procaña)
Costo levantamiento ponderado (plántula y soca) en \$/ha:	\$4 millones (Procaña)
Arrendamiento (kg/plaza bruta/mes):	100
Tasa descuento (interés):	11.5%
Zona agroecológica:	6H1
Próximo corte:	1
Mes de espera para renovar:	2
Próximo corte sin renovación:	3

ALTERNATIVA A: RENOVACIÓN (CC 10-1940)				ALTERNATIVA B: NO RENOVACIÓN (CC 85-92)			
Corte	Edad	TCH	RTO	Corte	Edad	TCH	RTO
1	13.7	161	11	3	13.3	118	11.3
2	13.3	149	11	4	13.3	123	11.4
3	13.1	142	11.2	5	13.2	116	11.6
4	12.7	133	11.3	6	13.1	119	11.3
5	12.3	119	11.5	7	13.6	123	11.4
6	12.9	146	11.1	8	13	116	11.5

En el corte 1 y 2 el delta marginal es negativo, es decir que por dos cortes esta variedad no entregará utilidad, y sólo a partir del tercer corte será positivo (\$627,000 por hectárea) y la renovación es viable económicamente (Cuadro 8).

Continúa

**Nuevo indicador económico**

A partir de este análisis, Cenicaña propone un indicador complementario de la utilidad acumulada para evaluar económicamente las variedades de caña y que mostraría los materiales con mejores resultados económicos. Este indicador resulta de acumular la utilidad por hectárea durante el ciclo de renovación. En un escenario supuesto (Cuadro 9) se calculó la utilidad acumulada.

Este análisis es fundamental al final del ciclo de renovación porque la utilidad total definirá si una variedad es mejor que otra durante su vida útil. En la **Figura 28** se muestran los resultados de la utilidad obtenida corte a corte para variedades sembradas en diferentes suelos de ambiente semiseco en el norte del valle del río Cauca. Según el cálculo, CC 01-1940 alcanzó la mayor utilidad acumulada, seguida de CC 93-4418.

Cuadro 7 Estimación de los ingresos, costos y utilidad para las alternativas renovación y no renovación.

RENOVACIÓN: CC 01-1940									
CORTE	INVERSION RENOVACIÓN Y APS	INGRESO	LUCRO CESANTE	COSTO DE LEVANTAMIENTO	COSTO OPORTUNIDAD DE LA TIERRA	COSTO TOTAL	UTILIDAD: BENEFICIO POR CORTE	UTILIDAD ACUMULADA	VPN UTILIDAD ACUMULADA
1	-\$ 5	\$ 13	\$ 2	\$ 3	\$ 3	-\$ 14	-\$ 1	-\$ 1	-\$ 1
2		\$ 12		\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 5	\$ 4	\$ 4
3		\$ 12		\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 4	\$ 8	\$ 7
4		\$ 11		\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 4	\$ 12	\$ 9
5		\$ 10		\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 3	\$ 15	\$ 11
6		\$ 12		\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 5	\$ 19	\$ 14
TOTAL	-\$ 5	\$ 69	\$ 2	\$ 24	\$ 19	-\$ 50	\$ 19		
SIN RENOVACIÓN: CC 85-92									
3		\$ 10	\$ -	\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 2	\$ 2	\$ 2
4		\$ 10	\$ -	\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 3	\$ 5	\$ 5
5		\$ 9	\$ -	\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 2	\$ 7	\$ 6
6		\$ 10	\$ -	\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 2	\$ 9	\$ 8
7		\$ 10	\$ -	\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 3	\$ 12	\$ 10
8		\$ 9	\$ -	\$ 4	\$ 3	-\$ 7	\$ 2	\$ 14	\$ 11
TOTAL		\$ 58	\$ -	\$ 25	\$ 19	-\$ 44	\$ 14		

Valores expresados en millones de pesos por hectárea

CORTE	DELTA MARGINAL RENOVAR V/S NO RENOVAR	INTERPRETACIÓN DEL RESULTADO
1	-\$ 3,0	No renovación
2	-\$ 1,1	
3	\$ 0,6	
4	\$ 1,5	Renovación
5	\$ 1,5	
6	\$ 2,9	

Valores expresados en millones de pesos por hectárea

Cuadro 8

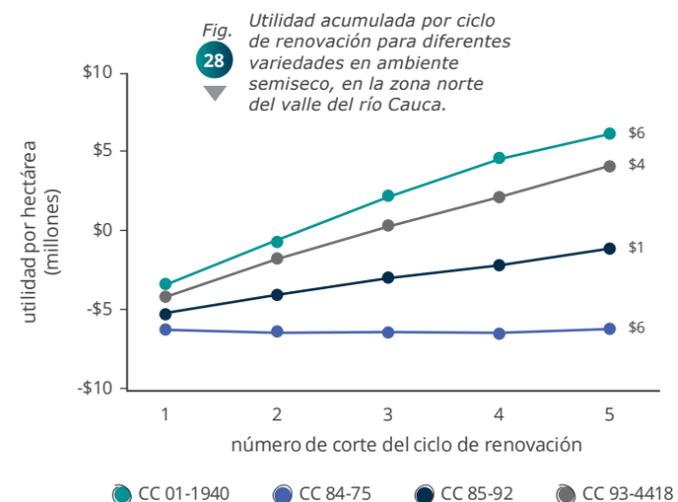
Estimación del delta marginal de un proyecto de renovación frente a uno de renovación y su interpretación.

**03** Caña de azúcar: base de nuestra agroindustria

Cuadro 9 Supuestos para el cálculo de la utilidad acumulada.

CONSIDERACIONES SUPUESTAS
<b>Información comercial del sector:</b> período 2010 - 2019
<b>5 cortes para un ciclo de renovación</b>
<b>Análisis de varianza para TCH y RTO y modelación de efectos principales y sus interacciones con covariables:</b> edad de cosecha y edad*.
<b>Tenencia de caña y sus pagos y/o costos y precios:</b> manejo directo para el ingenio y cultivador. Se supone un pago para el cultivador por tonelaje de 58 kg azúcar por tonelada de caña y un costo de oportunidad de la tierra equivalente a 172 kg azúcar / ha neta / mes de cosecha. Estos valores se liquidan a un precio ponderado de azúcar supuesto de \$1,400 por kilo.
<b>Costo de adecuación, preparación y siembra (APS) en \$/ha:</b> \$5.3 millones por hectárea (Procaña).
<b>Costo levantamiento ponderado (plantilla y soca) en \$/ha:</b> \$4 millones por hectárea (Procaña).

\*En el corte 1 (plantilla) se calculó el lucro cesante que hace referencia a la espera en meses mientras se realizan las labores de adecuación, preparación y siembra (se asume 2 meses dado el tiempo que posiblemente se demora realizar estas actividades, además que también retrasa los ingresos percibidos al final del ciclo).



## Análisis epidemiológicos

### Virus de la hoja amarilla (SCYLV)

- **Años y meses con más muestras positivas (en su orden):** 2015, 2014, 2016 y 2017. Marzo, octubre y enero.
- **Variedades con mayores registros positivos (en su orden):** CC 01-1940, SP 71-6949, CC 84-75 y CC 85-92.

En lo que respecta a análisis espacial y temporal se identificó que, aunque la presencia del SCYLV se extiende a toda el área geográfica del valle del río Cauca, el mayor riesgo se presenta en el sur de la región. Se continuará con análisis descriptivos para identificar variables asociadas a la dinámica temporal del SCYLV.

### Roya café y roya naranja

**Con base a evaluaciones en 284 suertes en el ingenio Sancarlos (septiembre a noviembre de 2019 y enero a septiembre de 2020) y 196 suertes en el ingenio Mayagüez (mayo a septiembre de 2020) se encontró lo siguiente:**

- CC 01-1940 y CC 09-702 son variedades susceptibles y con mayor índice de daño (ID > 512) frente a la roya naranja.
- CC 84-75, CC 93-4418, CC 97-7170, CC 97-7565, CC 98-72, CC 01-1484, CC 01-678, CC 01-746 y CC 03-469 presentaron alta reacción y severidad a la roya naranja en por lo menos una suerte evaluada (ID > 512).
- CC 85-92, CC 93-4181, CC 99-2461, CC 00-3257, CC 00-3771, CC 01-1228, CC 03-154, CC 05-230, CC 05-430, CC 06-489, CC 09-066, CC 09-535, CC 10-450, CC 10-476, CC 11-497, CC 11-595, CC 11-600, CC 11-606, SP 71-6949 y V 71-51 mostraron resistencia a la roya naranja.

- La variedad CC 85-92 mostró alta susceptibilidad a la roya café (ID > 512). Variedades como CC 84-75, CC 97-7170, CC 98-72, CC 01-1228, CC 03-469, CC 11-600 y SP 71-6949 presentaron alto índice de daño en por lo menos una suerte evaluada.
- CC 01-1940, CC 09-702, CC 93-4418, CC 97-7565, CC 01-1484, CC 01-678, CC 01-746, CC 93-4181, CC 99-2461, CC 00-3257, CC 00-3771, CC 03-154, CC 05-230, CC 05-430, CC 06-489, CC 09-066, CC 09-535, CC 10-450, CC 10-476, CC 11-497, CC 11-595, CC 11-606 y V 71-51 mostraron resistencia a la roya café.

## Vigilancia y cooperación sanitaria

Como parte de la colaboración permanente con el sector panelero y otras instituciones, en el 2020 Cenicaña apoyó a Agrosavia en el establecimiento de Pruebas de Eficacia Agronómica en diferentes zonas paneleras del país y entregó plantas procedentes de yemas individuales para la producción de semilleros.

También se apoyó a Agrosavia en el diagnóstico de enfermedades en semilleros de variedades de caña de azúcar en Cauca, Santander y Antioquia. Se encontraron muestras positivas para SCYLV en CC 01-1940 (Cauca), CC 93-7711, CC 01-1940 y CC 01-1508 (Antioquia) y para escaldadura de la hoja (5%) en Santander.

En la Universidad de la Amazonía, en Florencia, Caquetá, se evaluaron fitopatológica y agronómicamente las variedades CC 01-1940, CC 93-4181, CC 84-75, PR 61-632, CC 85-92, CC 93-4418, CC 97-7170, CC 93-7711, CC 93-7510 y la variedad regional. Estas dos últimas fueron susceptibles a la roya naranja. Las demás mostraron resistencia a roya café y naranja. En las evaluaciones agronómicas y fabriles realizadas por la universidad se destacaron CC 93-4181, CC 01-1940, CC 97-7170 y CC 93-7711, que se evaluarán en otras zonas de ese departamento.

03

Caña de azúcar:  
base de nuestra  
agroindustria

## Semilla para el pueblo Arhuaco

Como parte de un proyecto para apoyar el desarrollo de la agroindustria panelera, como alternativa sostenible para la comunidad Arhuaca de la cuenca del río Fundación, Magdalena, Cenicaña entregó a la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (UNODC), semilla de tres variedades de caña de azúcar para la siembra de cinco hectáreas.

La semilla de las variedades CC 01-1940 (1.040 paquetes), CC 11-600 (1.040 paquetes) y CC 93-7711 (520 paquetes) se entregó a la Asociación de Productores del Pueblo Arhuaco de la Sierra Nevada de Santa Marta (Asoarhuaco).

## Estudios sobre el complejo de especies de *Telchin* en Colombia

Cenicaña continuó estudiando el complejo de especies *Telchin* (Lepidoptera: Castniidae) ante el ataque del barrenador gigante *Telchin licus* en cultivos de caña de azúcar en la altillanura. Conocer la taxonomía de este grupo de insectos es fundamental para establecer programas de manejo integrado de la plaga.

Como resultado de esos estudios, se encontraron larvas más grandes y robustas de las halladas hasta ahora (hasta 14 cm de largo) en plantas de plátano y heliconias en Nariño, que pertenecen a la especie *Telchin cacica* y particularmente a la subespecie *T. cacica angusta* (Figura 29). Esta especie ya había sido reportada en esta

zona, pero no se tenía registro de sus hospederos y la información sobre su biología es escasa. Las observaciones realizadas por Cenicaña indican que esta especie tiene el potencial de desarrollarse en caña de azúcar, puesto que completó su ciclo en tallos de esta planta

Asimismo, por medio de análisis moleculares de las secuencias del gen citocromo oxidasa (COI) de las muestras recolectadas y de muestras de Brasil y Costa Rica se evidenció que la especie predominante en el oriente del país (Meta, Casanare y Caquetá) es *T. licus*, particularmente la subespecie *T. licus magdalena*, mientras que en la zona andina (Antioquia, Caldas, Nariño y Valle del Cauca - zona montañosa) las especies encontradas fueron *T. atymnius* (subespecies *T. atymnius humboldti* y *T. atymnius atymnius*) y *T. cacica* y su subespecie *T. cacica angusta* (Figura 30)



Estas recolecciones demuestran que el complejo del género *Telchin* presente en Colombia se caracteriza por tener un amplio rango de hospederos, algunos de importancia económica además de la caña de azúcar, lo que podría favorecer su diseminación y establecimiento.

La presencia de especies como *T. cacica* en cultivos de plátano representa un riesgo para los cultivos de caña de azúcar cercanos, dado su amplio rango de hospederos y su posible dispersión mediada por el transporte de material vegetal o por la migración a los cultivos de interés económico a causa de la modificación o destrucción de su hábitat.

Fig. 29 Arriba. Larva de Barrenador gigante *Telchin cacica angusta* en el municipio de Ricaurte, Nariño, en plantas de plátano y *Heliconias*. Abajo. Adulto de *Telchin cacica angusta* (macho), Nariño, Ricaurte. A. Vista dorsal. B. Vista ventral. Escala: 1cm.



*T. licus magdalena*



*T. atymnius atymnius*



*T. atymnius humboldti*



*T. cacica angusta*

Fig. 30 Diferentes especies de *Telchin* presentes en Colombia, Brasil y Costa Rica.

03

Caña de azúcar: base de nuestra agroindustria

**Genea jaynesi, principal parasitoide de larvas de Diatraea spp. en el valle del río Cauca**

Entre 2015 y 2019, Cenicaña evaluó el estado de afectación por barrenadores del complejo *Diatraea* y la efectividad de los principales parasitoides comerciales y silvestres, que actúan sobre estas larvas.

Dicha evaluación mostró que la distribución de las especies varía en el valle del río Cauca (zona norte: entre Viterbo y Roldanillo; centro: entre Buga y Tuluá; sur: entre Palmira y Candelaria), y se ha visto afectada por *D. tabernella* y *D. busckella* que han colonizado áreas desde el norte hacia el sur, mostrando un posible desplazamiento de especies preexistentes (*D. saccharalis* y *D. indigenella*).

Los parasitoides encontrados aseguran que se parasite aproximadamente 37% de larvas presentes en campo. Los parasitismos más altos para tres de las cuatro especies de barrenador (*D. busckella*, *D. indigenella* y *D. tabernella*) fueron causados por *G. jaynesi* (Figura 31).

Adicionalmente, se observó que el parasitoide comercial *L. minense* presentó una tendencia a disminuir en las tres zonas entre 2015 y 2019, especialmente en la zona norte, donde la principal especie de barrenador es *D. tabernella*. No obstante, en la misma zona domina el parasitoide *G. jaynesi*, con lo cual se demuestra la importancia de la complementariedad de los parasitoides usados para controlar a los diferentes barrenadores *Diatraea*, además de la importancia de sostener parasitoides silvestres como *G. jaynesi* en la región.

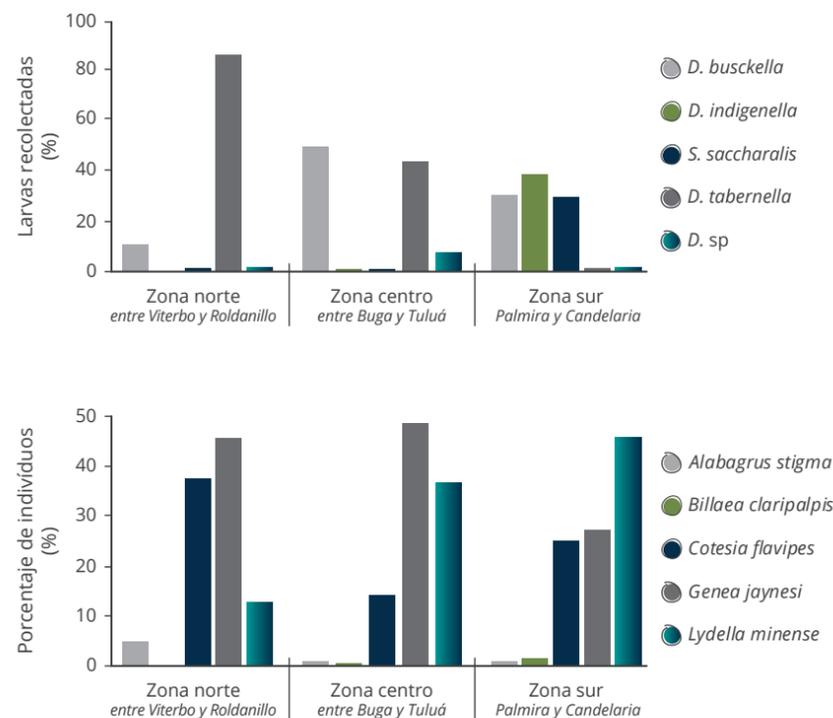


Fig. 31 Arriba. Porcentaje de larvas de las especies de *Diatraea* encontradas en tres zonas del valle del río Cauca. Abajo. Porcentaje de parasitismos (eventos de parasitismo) provenientes de las larvas de *Diatraea* recolectadas en cada zona. Recolecciones realizadas entre 2015 y 2019. D. sp., indica especie no identificada.

## 04

# TECNOLOGÍAS Y CONOCIMIENTO PARA EL MANEJO DEL CULTIVO

A continuación se presentan resultados del monitoreo hidrológico con el que se busca conocer el impacto de las acciones de conservación realizadas por la Fundación Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad, de las validaciones a diferentes tecnologías de riego para disminuir el consumo de agua en el cultivo y los avances en conocimiento de las nuevas variedades de caña de azúcar para un manejo agronómico con enfoque de agricultura específica por sitio (Aeps).

También se evaluaron nuevos equipos para hacer más eficientes labores como la preparación del suelo y el levantamiento de caña de repique y se desarrollaron soluciones tecnológicas para el manejo del cultivo a partir de información geográfica y tecnologías de la información.

Precisamente, en el transcurso del año se puso en marcha la Red IoT de la agroindustria que permitirá una mayor interconexión digital en los campos del valle del río Cauca.



## 04

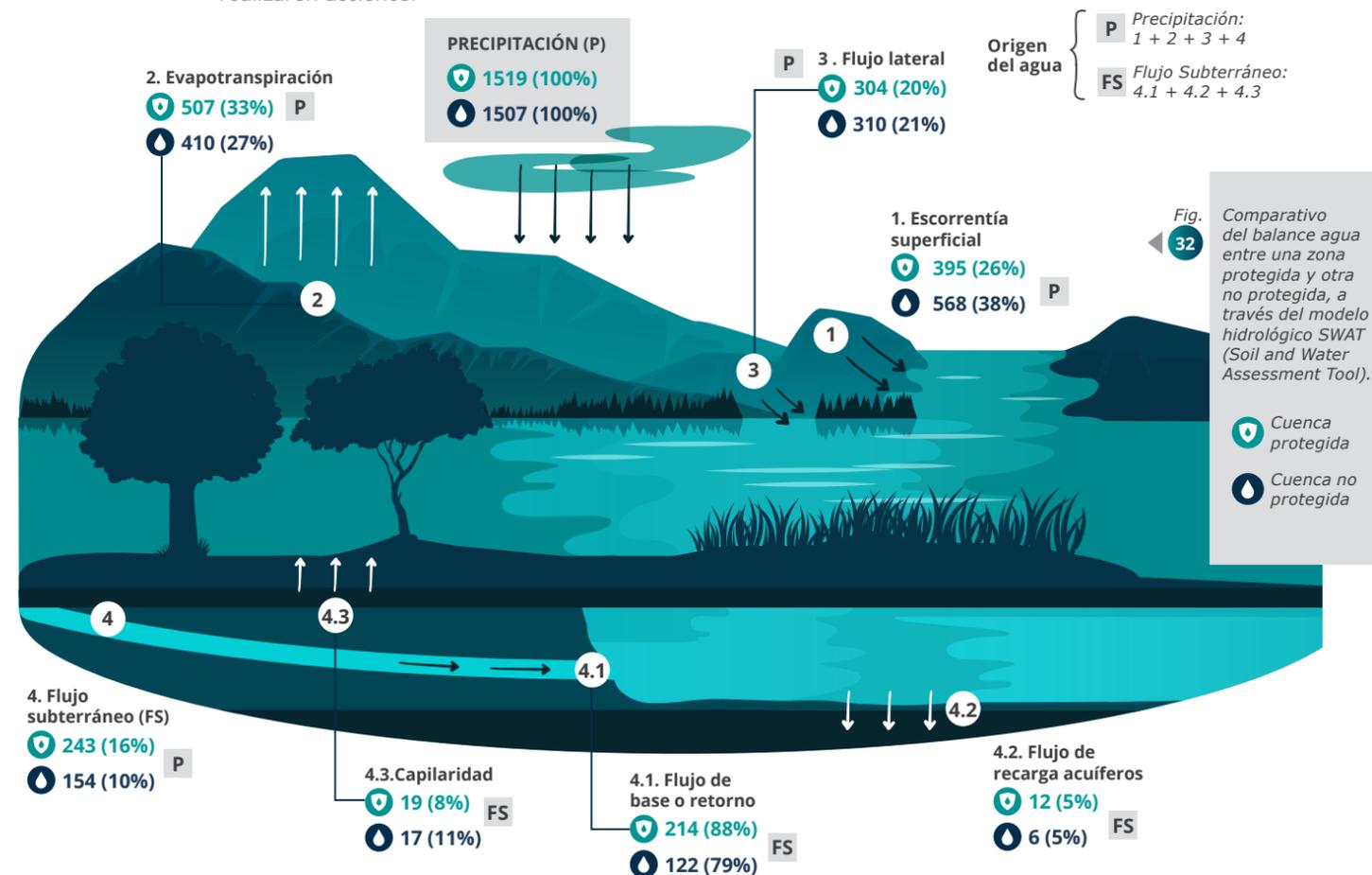
Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo

## Impacto de las acciones de conservación en las cuencas

La Agroindustria, a través de la Fundación Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad (FFAVS), en colaboración con las asociaciones de usuarios de los ríos, implementa estrategias de conservación y recuperación en las cuencas y áreas de drenaje de los ríos y humedales que surten de aguas superficiales y subterráneas al valle del río Cauca.

Para conocer el impacto de estas acciones, Cenicaña estudia en el tiempo el balance de agua en la cuenca del río Bolo, caso piloto en donde se implementaron acciones de protección y conservación por parte de FFAVS y la Asociación de usuarios del río Bolo - Asobolo, y lo compara con otra cuenca en la que no se realizaron acciones.

El análisis comparativo indica patrones diferenciados en la cantidad de agua lluvia que se dirige al río de forma superficial (escorrentía), subsuperficial (infiltración) y flujo subterráneo. Las acciones de conservación muestran un flujo subterráneo aumentado que alimenta el río en época seca, recarga los acuíferos y suple de agua las raíces de la flora presente. En contraste, la cuenca no protegida sufre mayores pérdidas de agua superficial (38%), con su respectivo efecto adverso de pérdida de suelo por arrastre, que a su vez termina en los ríos. Como consecuencia del mayor flujo superficial de agua, una menor proporción de agua lluvia se mueve de forma subsuperficial y profunda, condición que limita la disponibilidad de agua en la zona plana en época seca. (Figura 32)



## Evaluaciones a la estrategia de riego deficitario controlado

El riego deficitario controlado o supresión/disminución de la frecuencia de riego durante cierta parte del ciclo es una estrategia viable para incrementar la eficiencia en el uso del agua durante el desarrollo del cultivo.

Para determinar las etapas críticas en las que se puede disminuir el riego, Cenicaña evaluó esta estrategia en un primer ciclo de producción de caña de azúcar (plantilla) con la variedad CC 01-678.

La evaluación mostró que la máxima producción de TCH se obtuvo cuando se regó desde la siembra hasta 10.5 - 11 meses. La reducción en TCH fue mayor (70%) cuando

el riego no se aplicó oportunamente en la etapa de máximo crecimiento (3.5 - 9.5 meses) y fue menor (4%) cuando la labor se suprimió en la etapa de macollamiento (1.0-3.5 meses). Cuando el suministro de agua se suspendió en la etapa previa a la maduración (entre 9 y 11 meses de edad) el TCH se redujo 30% (Cuadro 10).

De acuerdo con estos resultados, el riego deficitario tiene la potencialidad de ahorrar entre uno y dos riegos por ciclo de cultivo. Cenicaña continuará la evaluación del riego deficitario durante dos ciclos más (primera y segunda soca) y realizará la validación en condiciones semicomerciales.

**Cuadro 10** Resultados de las variables de respuesta en los diferentes tratamientos de riego deficitario en un cultivo de caña de azúcar. Variedad CC 01-678, plantilla.

ETAPA DE APLICACIÓN DEL RIEGO	NO. TALLOS	LONGITUD A PUNTO DE QUIEBRE (cm)	TCH	APORTE AGUA (mm)	REDUCCIÓN APORTE AGUA (mm)	REDUCCIÓN TCH
Desde: siembra hasta: 11 meses	24.1 a	303.5 a	132 a	1290	---	---
Desde: siembra hasta: 8 meses	18.4 ab	239.9 bc	93 a	800	490	39
Desde: siembra hasta: 3.5 meses	12.7 b	68.2 e	23 c	180	1110	109
Desde: 3.5 meses hasta: 11 meses	22.4 ab	293.8 ab	126 a	1100	190	6
Desde: 3.5 meses hasta: 8 meses	17.5 ab	215.2 d	82 a	660	630	50
Desde: siembra Hasta: 3.5 meses Desde: 8 meses Hasta: 11 meses	13.8 b	128.7 d	39 b	670	620	93
Desde: 8 meses Hasta: 11 meses	10.9 b	109.3 d	33 bc	570	720	99
Testigo riego equivalente a la precipitación	19.5 ab	265.0 c	91 a	750	540	41

## 04

Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo

### Estrategias para promover tecnologías de riego

En el 2020 Cenicaña continuó impulsando estrategias de mercadeo de tecnologías de riego, que contribuyan a que el manejo agronómico del cultivo de caña de azúcar sea cada vez más eficiente en el uso de este recurso.

Como parte de esas estrategias se realizaron diferentes acciones:



Capacitación

Un evento presencial con 41 asistentes y dos seminarios web: Agua en el suelo (fundamentos) y El agua como insumo básico para la planeación de un predio.



Acompañamiento

Cenicaña acompañó a cuatro agricultores y al ingenio Carmelita en la adopción del balance hídrico.



Investigación de mercado

Para obtener información de base con la cual se pueda hacer seguimiento y definir otras estrategias de transferencia tecnológica, se entrevistó a los jefes de recursos hídricos de once ingenios. Con base en la información reportada se identificó que:

Área impactada en 2020 con estrategias de adopción en diferentes tecnologías.

12.477 ha  
Área impactada

BALANCE HÍDRICO

34.485 ha  
Área impactada

CONTROL ADMINISTRATIVO DE RIEGO

3.253 ha  
Área impactada

DRENAJE

9.828 ha  
Área impactada

ASPERSIÓN CON CAÑONES

Escanee el código QR Para consultar los seminarios web realizados en manejo de agua 2020. Se requiere clave de acceso.



- 65% Riega con fuente superficial
- 35% Riega con pozos profundos



- 50% Conduce el agua por tubería enterrada
- 25% Conduce el agua por tubería móvil
- 17% Conduce el agua por canales sin revestir
- 9% Conduce el agua por canales revestidos

## Investigaciones agronómicas para las nuevas variedades

### Eficiencia de uso del nitrógeno (EUN)

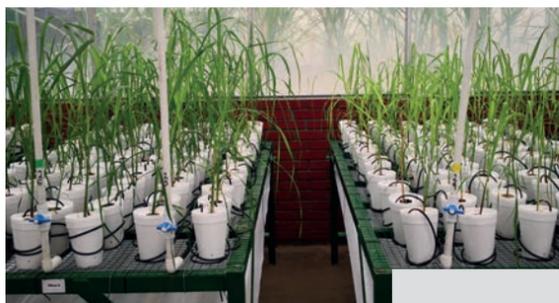
Las variedades de caña de azúcar difieren en la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) disponible en el suelo y aplicado mediante fertilizantes. Una alta EUN ocurre cuando se produce más biomasa con menor cantidad de N absorbido.

Con el propósito de contribuir a que las futuras variedades de caña de azúcar sean más eficientes en el uso del nitrógeno, Cenicaña está determinando, a través de etapas, la eficiencia relativa de uso de este elemento en una muestra representativa del banco de germoplasma de la agroindustria (220 materiales) esto con el propósito de identificar genotipos sobresalientes y posteriormente asociar esta característica con regiones en el genoma de la caña.

En esa medición se identificó un grupo de variedades con alta acumulación de materia seca (MS) a bajas y altas dosis de N (Figuras 33 y 34).

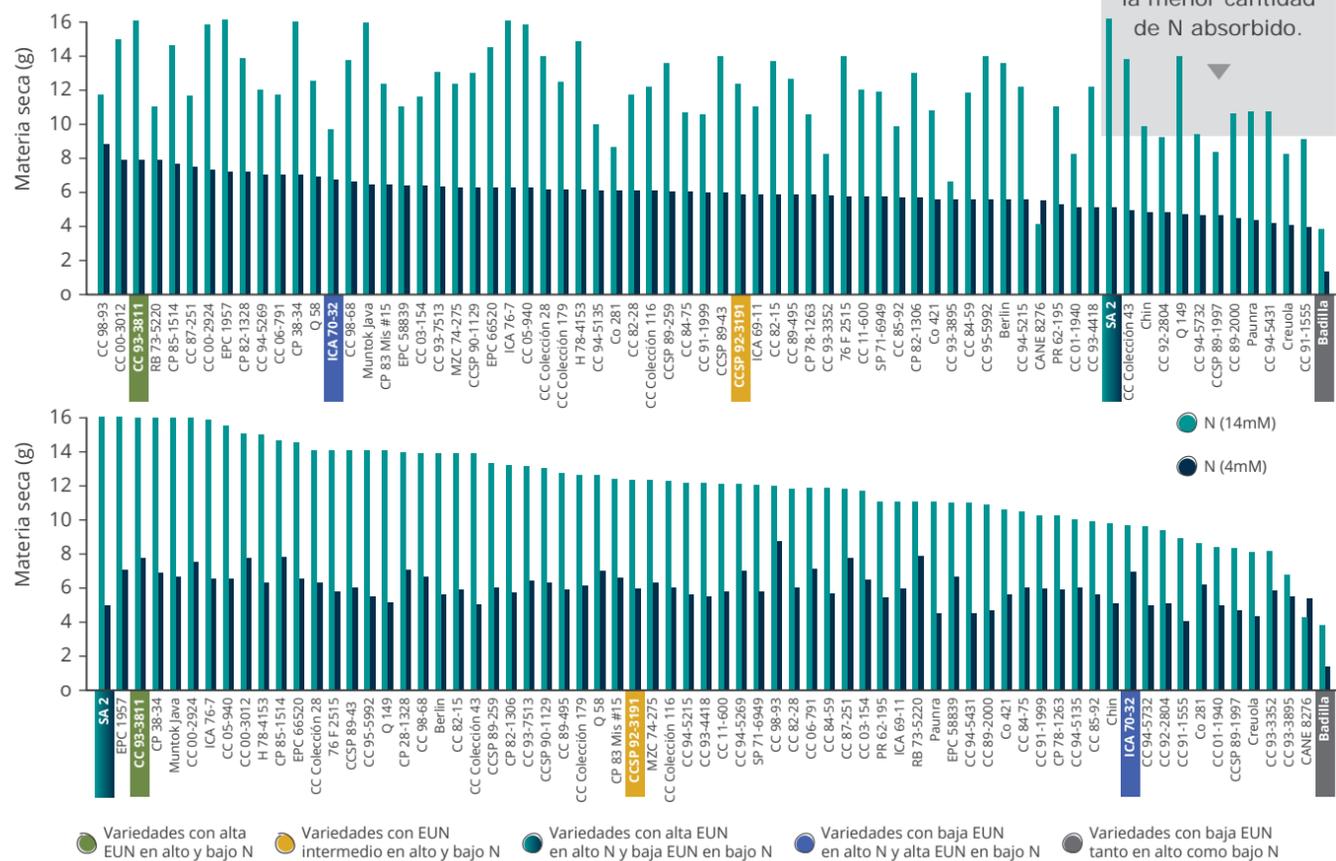
Las variedades que acumularon alta MS en los dos tratamientos (alto y bajo N), son las que presentan una alta EUN y serán fuente de características genéticas para nuevas variedades (ejemplo: CC 93-3811).

Fig. 33 Materiales de caña de azúcar creciendo en alto N (izquierda) y bajo N (derecha).



Los materiales con alta EUN son los que producen mayor cantidad de biomasa con la menor cantidad de N absorbido.

Fig. 34 Acumulación de materia seca (MS) a los tres meses de edad de 70 variedades de caña de azúcar en alto N (14 mM) y bajo N (4 mM) sorteadas de mayor a menor acumulación de MS en bajo N (arriba) y de mayor a menor acumulación de MS en alto N (abajo).



## 04

Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo

### Acumulación de sacarosa

Ampliar el conocimiento de las nuevas variedades disponibles para la agroindustria es importante para refinar las prácticas de manejo del cultivo. Para ello, en el 2020 se analizó la acumulación de sacarosa a nivel de tallo completo y de entrenudos para las variedades CC 05-430 y CC 01-678 y se comparó con los testigos comerciales CC 85-92 y CC 01-1940 en el ambiente semiseco del valle del río Cauca.

Los principales resultados fueron los siguientes:

- Las variedades CC 01-1940 y CC 01-678 presentan una maduración natural más uniforme con respecto a CC 05-430 y CC 85-92.
- Las variedad CC 05-430 requiere un periodo de crecimiento extendidos, mayores a 13 meses, o maduración inducida suplementaria para mejorar la maduración natural del tercio superior y con ello la sacarosa del tallo completo (Figura 35).

Se planea ampliar el estudio de la dinámica de acumulación de sacarosa en nuevas variedades para la zona húmeda, así como continuar con este estudio en la soca I.

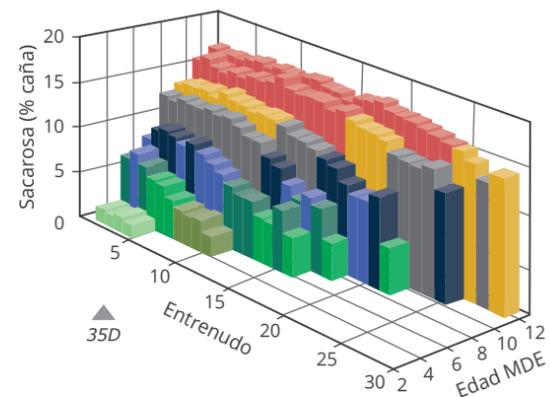
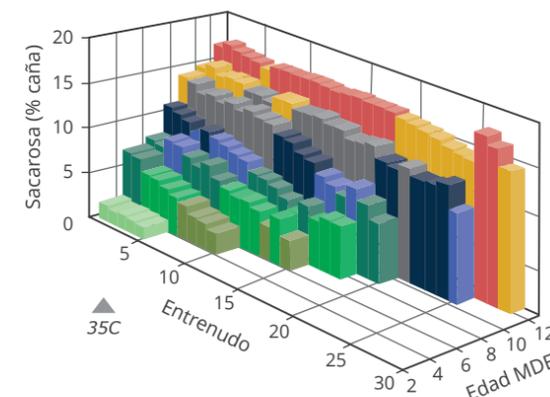
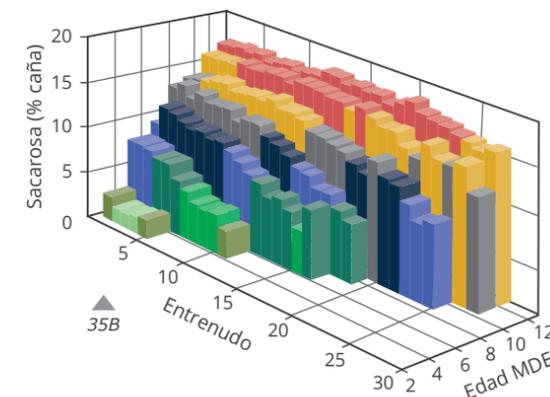
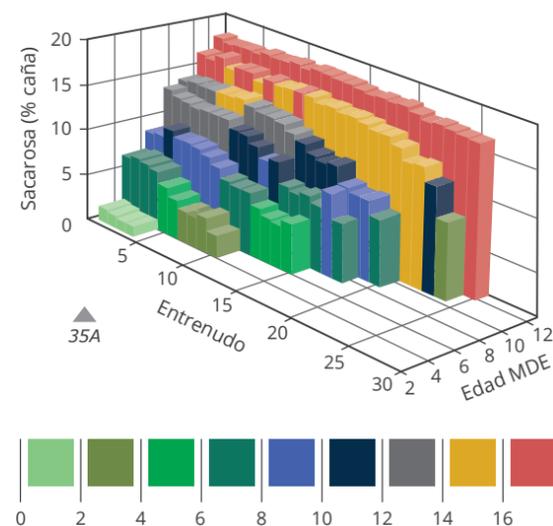


Fig. 35 Dinámica de acumulación de sacarosa por entrenudo en cuatro variedades de caña de azúcar en ambiente semiseco del valle del río Cauca. CC 01-1940 (A), CC 01-678 (B), CC 05-430 (C), CC 85-92 (D).



### Seguimiento al desempeño en la cosecha

En el proceso de caracterización de las nuevas variedades de caña de azúcar es importante conocer su desempeño frente a la cosecha mecánica. Con ese propósito, se realizó un seguimiento a diez variedades de la prueba regional de la serie 2011 para ambiente húmedo, en las variables residuo agrícola antes de cosecha (RAAC) (%), eficiencia de campo (% de tiempo en que la cosechadora está cortando caña respecto al tiempo total que la máquina gasta dentro de la suerte) y caña dejada en campo (TCH).

Los resultados indican que no existen diferencias estadísticas entre las nuevas variedades y el testigo comercial (CC 01-1940) para biomasa (Figura 36) y caña dejada en campo. En el caso del RAAC, CC 11-493

reportó el mayor valor (29.48%) contrastando con la variedad CC 11-465 que mostró los menores valores (19.88%). Para la eficiencia de campo, la variedad CC 11-465 registró el mayor valor (77.66%) frente a la variedad CC 11-493 que mostró el menor nivel (62.82%). Un elevado contenido de RAC en campo puede aumentar la probabilidad de atascamiento de las máquinas de cosecha, pero a su vez puede ser un buen parámetro cuando el RAC es considerado un subproducto.

Las altas eficiencias de campo están asociadas a variedades con bajo RAAC y menor volcamiento. Para la variable de caña dejada en campo, la variedad CC 11-497 presentó el mayor valor de esta variable (3.51 TCH), mientras que la variedad CC 11-600 mostró los menores valores (1.72 TCH).

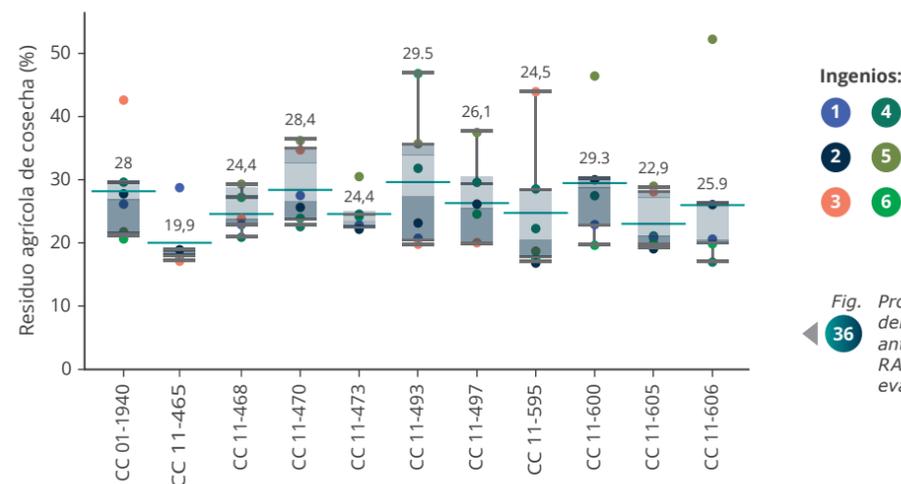


Fig. Promedio y desviación del residuo agrícola antes de cosecha RAAC (%) por variedad evaluada.



## 04

Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo

### Hacia una cédula cañera

Para mejorar la precisión en el seguimiento a los indicadores de productividad de la industria a través de recuperación del historial (trazabilidad) de las diferentes porciones de suelo pertenecientes a una misma suerte, se generó un índice espacial (indexación) para asociar cada fracción de espacio físico (cuadrícula) con la historia cartográfica de cada suerte. Este proceso permite recuperar variables como la tenencia o administración de dicha porción de suelo en el tiempo sin afectar los esquemas administrativos que tienen actualmente los ingenios.

A través de este desarrollo, se pudo recuperar un 30% adicional de los datos históricos de productividad, elevando la coincidencia cartográfica de la base de datos comercial del 50% al 80%. Debido al gran volumen de información resultante, además

de la generación del índice espacial, también fue necesario la estructuración de una bodega de datos. El objetivo de esta bodega es generar una plataforma para analizar la historia de los datos recuperados. Este modelo de estructuración de datos ayuda a explicar la productividad como una función de otros factores externos donde se incluye la cartografía y próximamente el suelo y el clima

Cenicaña corroboró la eficiencia de la indexación y la operatividad de esta nueva organización de la base de datos a través de búsquedas que fueron 50% más rápidas que las realizadas sin indexación. La Figura 37 muestra un ejemplo de la información histórica de productividad para una suerte y los códigos usados por la misma suerte entre los años 1994-2018.

Fig. Ejemplo de la información histórica de productividad de una suerte RP001392000170 y de cómo se recupera la información a través de indexación y bodega de datos.

01

SUERTE IDENTIFICADA CON DIFERENTES CÓDIGOS A TRAVÉS DE LOS AÑOS

02

DATOS HISTÓRICOS DE PRODUCTIVIDAD

CODIGO DE IDENTIFICACIÓN DE LA SUERTE	AÑO	VARIEDAD SEMBRADA	ÁREA COSECHADA
RP000679000237	1994	V 71-51	5.1
CV000024000217	2008	CC 85-92	2.13
CV000024000217	2018	CC 85-92	4.03

03

Se estableció una coincidencia espacial (mayor al 40%) a lo largo del tiempo de códigos históricos:

04

INDEXACIÓN

Se asoció cada espacio físico (cuadrícula) con la historia cartográfica de la suerte y se otorgo un **CODIGO ÚNICO** de identificación.

05

BODEGA DE DATOS

Se generó una plataforma para analizar los datos históricos recuperados de productividad desde el análisis geoestadístico.

Los datos históricos también incluye otros indicadores como: edad de corte, TTC, TTA y rendimiento.

## Nuevas aplicaciones para el sector

Cenicaña avanza en el desarrollo de una aplicación que utiliza el repositorio de imágenes satelitales gratuitas (incluidas imágenes históricas) de *Google Earth Engine (GEE)* para monitorear la vegetación asociada a la caña de azúcar y, en el mediano plazo, ayudar en la toma de decisiones agronómicas para superar atrasos en crecimiento, tales como riego o fertilización.

En el 2020 se desarrolló la primera versión del aplicativo de seguimiento satelital con una serie de índices de monitoreo (imagen con el índice de crecimiento estimado, valores máximos y mínimos, fecha y media histórica). En el 2021 se continuará con la validación y calibración de índices apropiados para la caña de azúcar y la exploración de otros índices con significado agronómico.

De otro lado, para responder a la oportunidad que ofrecen las imágenes aéreas en las labores de resiembra, cosecha y manejo de arvenses, Cenicaña inició el desarrollo de la plataforma ARCROP que permite digitalizar y analizar, de forma automática, las líneas de surcado a partir de una fotografía con alta resolución espacial. Actualmente ARCROP entrega los siguientes productos:



**Líneas de surcado digitalizadas:** sirven como mapa de entrada para guiar la cosecha mecanizada con potencial efecto en reducción de pisoteo y atascamiento. La validación indica una precisión superior al 95%, respecto al valor de campo (**Figura 38**).



**Despoblación:** identifica espacialmente todos aquellos sitios de la suerte donde no hay caña de azúcar. La distancia mínima de detección es ajustable. Experimentos de validación mostraron un error de ~2.5% respecto al muestreo de campo (**Figura 39**).



**Despoblación por área:** permite conocer aquellas áreas en donde se concentra la despoblación permitiendo mejorar la logística mediante la anticipación de zonas priorizadas de trabajo.



**Distancia entre surcos:** permite conocer la distancia entre un surco y sus surcos vecinos. También calcula la diferencia entre la distancia de surcos esperada y la calculada. Variable útil para estudiar la desviación de los surcos a través de los cortes.



**Cobertura vegetal:** permite conocer las áreas dentro del cultivo donde se concentra la biomasa aérea. Áreas de baja biomasa pueden ser programadas para monitoreo, seguimiento y manejo agronómico diferenciado.

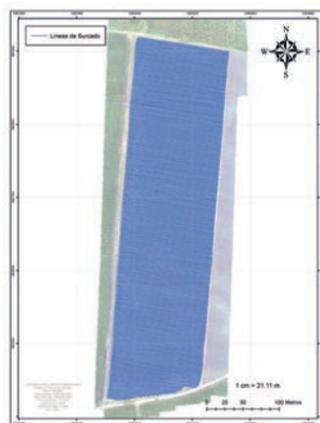


Fig. 38 Líneas de surcado digitalizadas generadas con ARCROP.

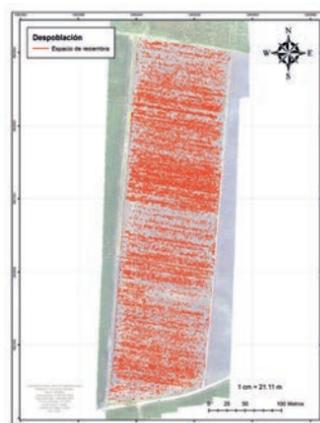


Fig. 39 Despoblación en suerte de caña de azúcar identificada con ARCROP.

Dado que la aplicación puede procesar imágenes RGB (fotografías capturadas con cámaras convencionales) ARCROP se convierte en una alternativa más económica que la metodología tradicional de comisiones en campo para identificar porcentaje de despoblación. En un futuro la plataforma permitirá análisis a escala de tablón de forma rápida y precisa.

## 04

Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo

### Red IoT de la agroindustria

Entre las principales líneas de trabajo del 2020 se destaca la implementación de acciones de transformación digital hacia la agricultura 4.0. Cada vez es más común hablar de IoT (Internet de las cosas, por sus siglas en inglés), dispositivos que envían información a la nube para ser procesada y analizada, para luego convertir estos datos en información útil para la toma de decisiones en procesos agronómicos y fabriles del sector.

Cenicaña puso en marcha la red LoRaWAN o Red IoT de la agroindustria, que está compuesta por 13 estaciones distribuidas a lo largo del valle del río Cauca, desde Santander de Quilichao, en el Cauca, hasta La Virginia, en Risaralda, dando cobertura aproximadamente al 80% del territorio con influencia de caña de azúcar, sus ingenios y proveedores.

Fig. 40 Componentes de la Red IoT de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.



**Sensores y actuadores (Nodos LoRaWAN):** dispositivos electrónicos de muy bajo consumo energético que sirven para controlar actuadores, medir diferentes tipos de variables y comunicación LoRAWAN.



**Estaciones LoRaWAN:** 13 estaciones con Gateways LoRaWAN para cubrir el 80% del área cultivada en caña de azúcar en el valle del río cauca (1 etapa)



**Servidor LoRaWAN en la nube:** permite la gestión de los datos que se reciben y se envían hacia los nodos instalados en procesos de fábrica y campo (alojado en Cenicaña).



**Servicio de bases de datos:** servicio de almacenamiento y gestión de datos alojado en los datacenter de Cenicaña.



**Sistemas de visualización y gestión de la información:** aplicaciones móviles para entregar a los usuarios la información más relevante para la toma de decisiones; aplicaciones en web responsiva para que los usuarios configuren los parámetros y referenciar los productos en forma más cómoda.

#### Soluciones con tecnología LoRaWAN en fase de desarrollo

- DCS (Sistemas de control distribuido, por sus siglas en inglés) de procesos de fábrica.
- Estaciones climatológicas.
- Monitoreo de cuencas hidrográficas.
- Medición de variables asociadas al cultivo de la caña.
- Monitoreo de maquinaria agrícola.



## ! Estrategias para promover tecnologías de agricultura de precisión

Como parte de la gestión de Cenicaña para promover la adopción de tecnologías que conduzcan a procesos de campo más innovadores, en el transcurso del año se realizó:



Investigación de mercado

Un ciclo de entrevistas a los jefes de las áreas y/o encargados de las labores de agricultura de precisión (AP) de 11 ingenios de la agroindustria. Con base en los datos recopilados se identificó que:

Cuadro 11 Labores de cultivo en las cuales se utilizan tecnologías de agricultura de precisión en la agroindustria. 2020.

Siete ingenios cuentan con áreas de AP. Los demás ingenios realizan labores de AP bajo el liderazgo de las áreas de campo.

Entre las labores realizadas están:

- Surcado con sistema de auto guía
- Levantamiento topográfico con GNSS-RTK.
- Monitoreo, evaluación del cultivo, aplicaciones aéreas, levantamiento de surcos e identificación de despoblación mediante drones.
- Se evidenció un incremento en el uso de mapa de productividad y de la cosecha con piloto automático (Cuadro 11).

LABORES CON HERRAMIENTAS AP	RS	RP	CC	CM	PC	MN	PR	MY	CA	CB	ML
Surcado con sistema de auto guía	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Levantamientos topográficos GNSS -RTK	●	●	●	●	●	●	●		●	●	●
Nivelación con GPS		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Mapas de productividad	●	●	●			●	●	●	●		
Monitoreo y evaluación con drones	●	●	●	●		●			●	●	
Cosecha con piloto automático		●				●	●	●	●		
Fertilización con tasa fija		●	●			●	●		●	●	
Fertilización con tasa variada		●	●				●		●		
Levantamiento de surcos con dron							●	●			
Control de arvenses tasa fija				●		●			●		
Identificación de resiembras con dron						●					
Roturación con piloto automático						●					
Aplicaciones aéreas con dron	●	●		●	●	●			●	●	
Telemetría y análisis de satélite									●		●
Preparación con autoguiado			●								
Siembra mecanizada con piloto automático						●			●		

## 04

Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo

### Evaluación de equipo para preparación de suelos

La preparación de suelos representa del 26-30% del proceso de renovación y demanda entre 50-70 días, tiempo que puede prolongarse por los patrones de precipitación de la región. Con el propósito de reducir el tiempo y costo de esta labor, un ingenio del ambiente semiseco en asocio con Cenicaña, estudia el desempeño de un equipo tipo 'Rotavator'; que integra labores superficiales (azados rotativos), labranza profunda (vástagos) y desterronado, sobre el tiempo requerido, la calidad, la sostenibilidad y los costos de la preparación de los suelos (Figura 41).

En un experimento para evaluar el grado de descompactación y la distribución de agregados del suelo con el Rotavator frente a las labores convencionales, se evidenció un comportamiento similar para las variables densidad aparente y resistencia a la penetración entre los dos sistemas de reno-

vación. Estos resultados preliminares indican una alta potencialidad del equipo, con efecto también en la reducción en el tiempo necesario para la preparación y el costo. Se proyecta continuar con la evaluación técnica, económica y de sostenibilidad a través de experimentos en otros tipos de suelo.



Fig. 41 Equipo para preparación de suelos tipo 'Rotavator'

### Estimación de cosecha y transporte de vagones HD 12000, HD 20000 y HD 30000

Optimizar la flota de vagones para el transporte de caña es un objetivo de la agroindustria. Por lo tanto, realizar seguimientos al costo por tonelada en el proceso de corte, alce y transporte (CAT) de la caña de azúcar permite tomar decisiones respecto a la reposición de los equipos.

Cenicaña realizó un diagnóstico en un ingenio con tres tipos de vagones en los últimos cinco años (2015 - 2019) y se evidenció un efecto positivo en el uso de vagones HD 20000 y HD 30000 sobre el costo de cosecha y de transporte, comparado con vagones HD 12000 (Cuadro 12).

Cuadro 12 Estimación de costos del corte, alce y transporte (CAT) de la caña de azúcar, según vagón de transporte. Tiempo: 2015 - 2019.

COSTO PROMEDIO CAT (\$/T)	VAGÓN			DIFERENCIA EN COSTO		
	HD 12000	HD 20000	HD 30000	HD 20 vs HD 12	HD 30 vs HD 12	HD 30 vs HD 20
Costo total	27,647	27,253	19,218	394	8,429	8,035
Costo caña larga	32,396	30,351	-	2045	-	-
Costo caña mecánica	19,720	19,798	19,218	-78	502	580

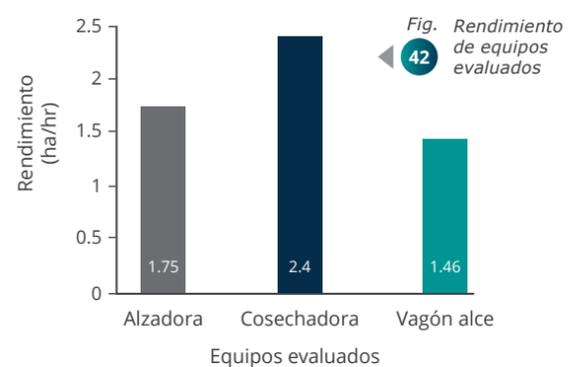
## Equipo alzador de caña de repique

La caña dejada en campo es un reto logístico para la cosecha, debido a que su recolección resulta operativamente ineficiente y costosa. Para el repique es necesario incluir un tercer equipo de alce, diferente a la alzadora y cosechadora usadas en la cosecha semi-mecánica y mecanizada, respectivamente

Con el fin de buscar soluciones más eficientes y rentables para la caña de repique, Cenicaña y un ingenio desarrollaron y construyeron un híbrido (vagón de autovoltteo y alzadora de caña) que realiza la labor de alce en menor tiempo, costos e impactos ambientales (compactación del campo y emisiones de CO<sup>2</sup>). Otra ventaja comparativa es su ejecución con un solo operario y su traslado autónomo entre suertes, evitando la necesidad de cama baja.

Durante el año se inició la evaluación del equipo en campo. De la información recolectada se destaca su productividad

de 1.46 ha/h que resulta competitiva considerando que una alzadora y cosechadora realizan 1.75 y 2.4 ha/h, respectivamente (**Figura 42**). Respecto al consumo de combustible el vagón presenta un indicador de 3.5 gal/h, inferior a los 7.1 gal/h de la alzadora y los 8-10 gal/h de la cosechadora. En estas condiciones, se estima una reducción potencial en el costo por hora entre 50-70%. Este equipo no implica elevados sobrecostos de inversión, dado que sus componentes principales (vagón y brazo de alce) pueden recuperarse del inventario de equipos del ingenio.



**CONTRIBUIMOS A SER  
UNA REGIÓN MÁS  
SOSTENIBLE CUANDO NOS  
CUIDAMOS ENTRE TODOS  
Y SEGUIMOS OPERANDO  
EN ÉPOCAS DIFÍCILES**



## 05

## HERRAMIENTAS Y DESARROLLOS PARA PROCESOS FABRILES

En el 2020 Cenicaña avanzó en propuestas que contribuirán a mitigar el impacto de la cosecha mecánica, las variedades de caña de azúcar o los microorganismos en los procesos fabriles del sector, desde que ingresa la caña de azúcar a las plantas de los ingenios hasta las etapas finales que demandan alta calidad de los productos.

Asimismo, se hizo énfasis en la transferencia tecnológica a través de diferentes eventos de capacitación y se confirmó el impacto de la adopción tecnológica en ingenios.

Con miras a fortalecer las proyecciones de diversificación del sector se continuó evaluando alternativas tecnológicas para incrementar la eficiencia energética. También se ampliaron los estudios a procesos como la fermentación, la obtención de aditivos alimentarios y usos alternativos del etanol.

## 05

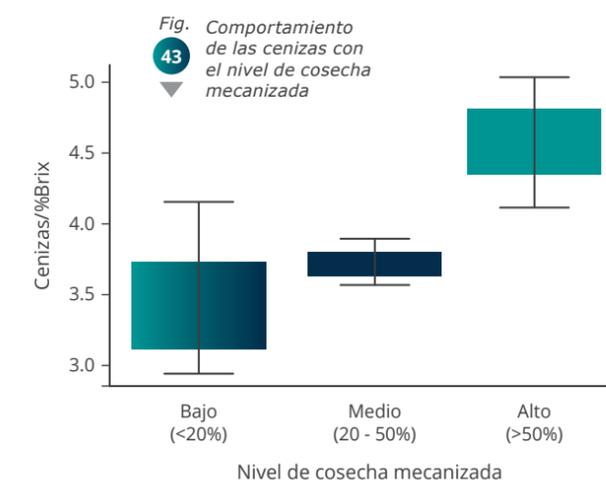
Herramientas y desarrollos para procesos fabriles

### Línea base de impurezas en cosecha que impactan la producción de azúcar

Cenicaña inició la construcción de una línea base de impurezas que impactan el proceso de producción de azúcar como parte de una iniciativa que busca mitigar el impacto de la cosecha mecánica en los indicadores de eficiencia de las fábricas y de la calidad del azúcar.

Entre las impurezas cuantificadas están las cenizas (impurezas minerales), con mayor proporción en ingenios con cosecha mecánica (incrementos del 40%) y que dificultan el agotamiento de las mieles y pueden incidir sobre la calidad del azúcar (**Figura 43**). También se evidenció una amplia variación de los polisacáridos (3600 - 16,000 ppm/base brix), por lo que se sugiere revisar las condiciones de cosecha, como tiempos de permanencia en campo y contenido de materia extraña en caña, y de operación en la fábrica, especialmente los tiempos de residencia y prácticas de

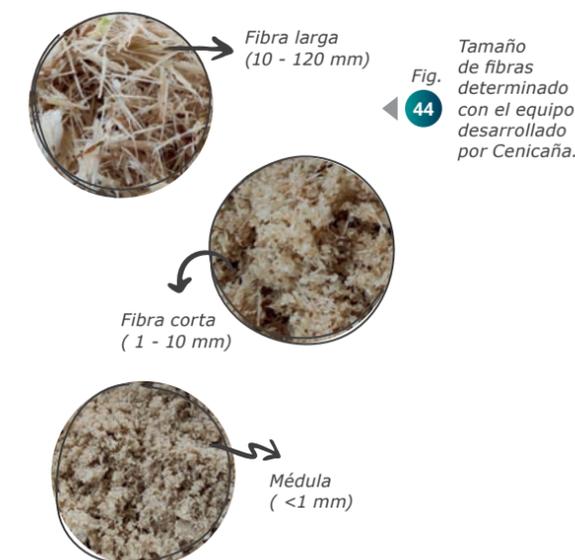
limpieza, para contribuir a la reducción de la concentración de impurezas en el jugo extraído de la caña. Esta línea base también servirá para determinar acciones al interior de las fábricas. Actualmente Cenicaña trabaja en alternativas para remover algunas impurezas y mejorar el control de las operaciones con el objetivo de mitigar los impactos en las etapas de cristalización y fermentación.



### Herramientas para caracterizar la fibra en la caña de azúcar

En la búsqueda de alternativas para mejorar los procesos de molienda y generación de vapor en las fábricas de la agroindustria, Cenicaña desarrolló herramientas que permiten caracterizar algunas propiedades físicas y mecánicas de la fibra en la caña de azúcar y predecir el comportamiento de las variedades en la etapa fabril.

Una de las herramientas desarrolladas es un equipo de separación de fibras para determinar los contenidos de fibra larga, fibra corta y médula, que sumados al contenido total de fibra se relacionan con la capacidad de agarre en los molinos y en los equipos de transporte para caña preparada y bagazo (**Figura 44**).



La otra herramienta es un péndulo para obtener la energía específica de impacto en variedades de caña para estimar si es de característica blanda y predecir su grado de preparación

Escanee el código QR  
Para ver video de péndulo para determinar la energía específica de impacto en un trozo de caña



Estas caracterizaciones son importantes porque en algunos escenarios de molienda se han evidenciado disminuciones repentinas en el consumo de torque de los molinos - asociados a la capacidad de agarre de las mazas y a la dificultad de transporte del bagazo en conductores intermedios de molinos -, aumento considerable de marmaja en platos, canales y tanques de jugo, y dificultad en la combustión del bagazo en calderas. Todo esto se asocia, principalmente, al cambio, durante el proceso, de una variedad con bajo contenido de fibra corta a una con contenidos superiores al 60%.

Estas herramientas se utilizan actualmente en las pruebas regionales como complemento a la caracterización de las variedades Cenicaña Colombia. El **Cuadro 13** resume los resultados preliminares de ensayos realizados con variedades comerciales:

Variedad	Fibra (%)	Pith (%)	EEI (J/cm <sup>2</sup> )
CC 01-1940	13.75	46.12	3.53
CC 01-678	12.03	61.87	3.16
CC 05-430	14.36	63.40	4.16
CC 85-92	14.38	45.20	4.35
CC 93-4418	13.36	48.00	3.80

**Cuadro 13** Resultados para ensayos de energía específica de impacto, contenido total de fibra y contenido de Pith.

Pith: médula más fibra corta

EEI: energía específica de impacto

En seguimientos realizados en un ingenio se evidenciaron diferencias en el desempeño de los molinos entre las variedades CC 01-678 y CC 85-92: un primer molino que procesó la variedad CC 85-92 presentó valores de 10.000 klb.in (esperados para el tamaño del molino), mientras que con CC 01-678 el torque disminuyó 36.6% de ese valor, aun con niveles de chute por encima del 80%, sin presentar flotación de la maza superior y con igual velocidad de operación. Lo anterior evidenció una disminución considerable en la capacidad de agarre del molino con CC 01-678. La humedad del bagazo final pasó de 49.5% a 52.3% de una variedad a otra.

### Prácticas de limpieza y sanitización en las estaciones de molienda y filtración

El control de la calidad microbiológica de las materias primas y de las principales corrientes del procesamiento de la caña es clave para asegurar un desempeño eficiente de los procesos y la recuperación de sacarosa. Por esa razón, Cenicaña continuó promoviendo la cuantificación de metabolitos microbianos (manitol) como un indicador temprano de deterioro de la caña y de su estabilidad a lo largo del proceso fabril. De esta manera se puede estimar el impacto de los microorganismos en las pérdidas de sacarosa.

► **CC 01-678:** menor contenido de fibra, contenido de pith superior al 60% y menor energía específica de impacto.

**CC 05-430:** contenido de pith superior al 60%, alto contenido de fibra, lo que influyó en el valor obtenido de energía específica de impacto.

**CC 85-92:** valor más alto de fibra, menor contenido de pith y valor más alto de energía específica

05

Herramientas y desarrollos para procesos fabriles

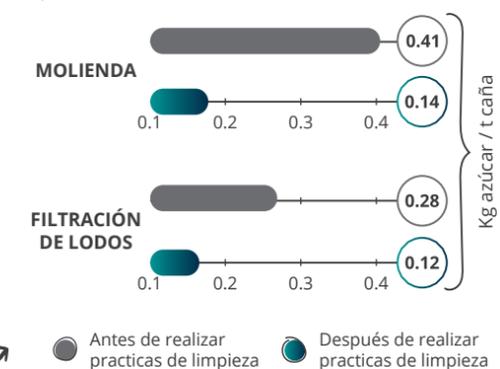
A partir de la cuantificación de manitol, Cenicaña evaluó el impacto que tiene la implementación de prácticas de limpieza y sanitización en las etapas de molienda y filtración de lodos, que son las más susceptibles a la inversión de sacarosa por acción microbiana. En evaluaciones realizadas en ingenios pilotos se evidenció que la adecuada implementación de prácticas de limpieza y sanitización en las estaciones de molienda y filtración, redujo entre 50 - 60% la acción microbiana (**Figura 45**).

### Herramientas para diagnosticar desempeño de las piscinas de enfriamiento

Cenicaña identificó que las variaciones en el desempeño de las piscinas de enfriamiento afectan la estabilidad de las fábricas en términos de consumo de agua y de capacidad de procesamiento. A partir de un diagnóstico oportuno se puede mejorar la eficiencia en las piscinas de enfriamiento utilizando las herramientas desarrolladas por Cenicaña:

- Mediciones de flujo y temperatura de agua desde y hacia la piscina de enfriamiento.
- Análisis termográfico para evaluación de la aspersión de boquillas.
- Banco de pruebas de boquillas de aspersión.
- Simulación con Dinámica Computacional de Fluidos.
- Sobrevuelo con drones para identificación de zonas con mayor deterioro en componentes de piscinas.

Fig. 45 Pérdidas de sacarosa por acción microbiana estimadas antes y después de realizar prácticas de limpieza y sanitización en ingenios pilotos.



Con estas herramientas Cenicaña realiza recomendaciones técnicas a los ingenios, que incluyen el reequipamiento de las piscinas de enfriamiento, propuestas de reconfiguración de boquillas y evaluación de impactos económicos y ambientales de la implementación de ideas de reingeniería (**Figura 46**).

La implementación de algunas de estas recomendaciones en un ingenio piloto incrementaron la eficiencia de enfriamiento de 19% a 54%, generando los siguientes beneficios directos:

- Reducción en el consumo de agua de inyección a fábrica. → 27%
- Reducción en el consumo de energía eléctrica en el bombeo de agua hacia fábrica. → 33%
- Reducción del agua captada de fuentes externas, empleada para reducir la temperatura a los niveles requeridos. → 40%

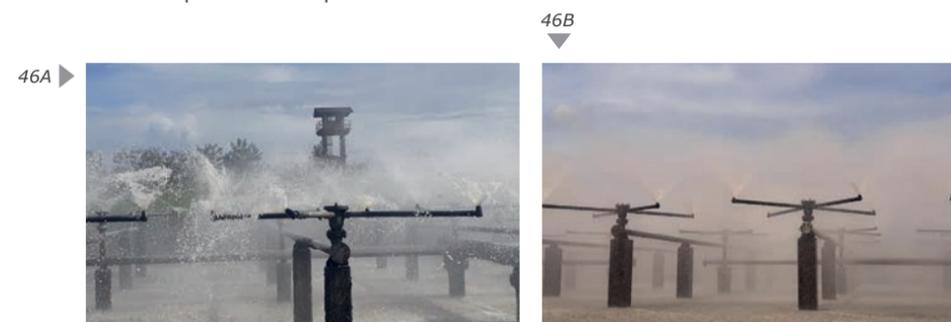


Fig. 46 Antes (A) y después (B) de piscina de enfriamiento de un ingenio como resultado del diagnóstico oportuno.

## Estrategias para estimar el tamaño del grano de azúcar

En la etapa final del proceso de producción de azúcar, la uniformidad del tamaño del grano es importante para asegurar la calidad del producto terminado porque, entre otras razones, disminuye el aterronamiento y las pérdidas en miel. Respecto a este segundo indicador, Cenicaña estima que las variaciones en el tamaño del grano de azúcar en masas C pueden incrementar la pureza de las mieles finales entre 1.0 y 1.5 unidades y las pérdidas en miel final pueden aumentar entre 5 - 8%.

En 2020 Cenicaña enfocó esfuerzos en afianzar la estandarización de los procesos de cristalización con la guía rápida de recomendaciones para la preparación de semilla (denominada suspensión alcohólica o slurry) y el software Cenicristal para la medición de tamaño de cristal.

La guía recopila las condiciones validadas para mejorar la preparación de los materiales con los que inicia la cristalización, ofreciendo la posibilidad de reducir el coeficiente de variación de la suspensión alcohólica entre 2 y 5 unidades porcentuales. Por su parte, Cenicristal enfatiza en asegurar la medición de cristales en los diferentes materiales de proceso (**Figura 47**) y entrega recomendaciones prácticas para minimizar la incertidumbre en la medición del tamaño de los cristales, con errores inferiores al 2%, lo que facilita la toma de decisiones para disminuir las pérdidas de sacarosa

Escanee el código QR Para consultar la guía rápida de medición del tamaño del cristal en la agroindustria.



El tamaño del cristal es un parámetro crítico en la fabricación de azúcar que hasta el momento la agroindustria había mitigado con las herramientas disponibles.

Si el cristal no cumple con las condiciones de tamaño y forma ideales facilita la formación de terrones que pueden afectar procesos industriales.

Cenicristal está siendo validado en ingenios pilotos y socializado entre los demás ingenios para iniciar su implementación.

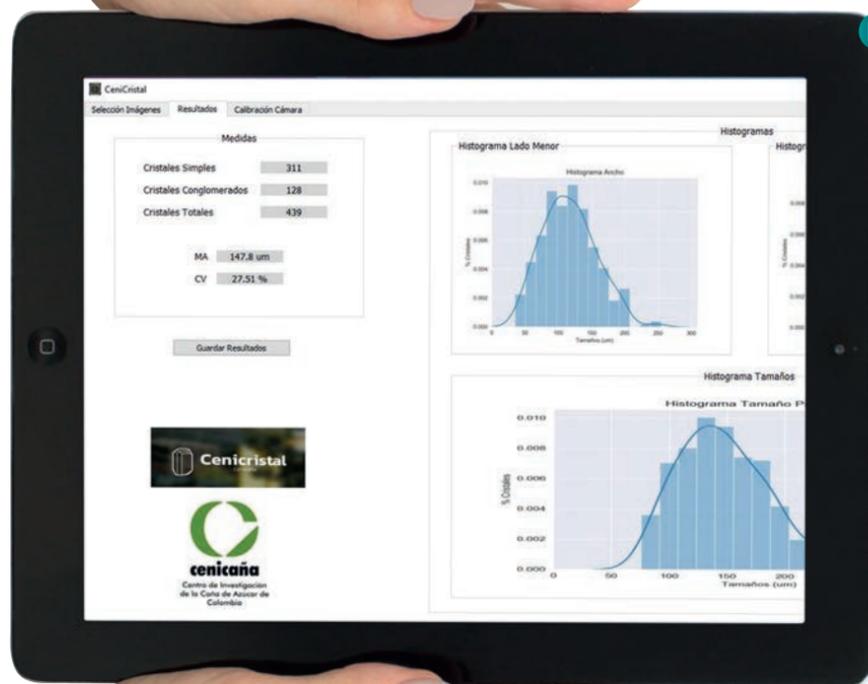


Fig. 47 Interfaz de la herramienta Cenicristal

05

Herramientas y desarrollos para procesos fabriles

## Adopción tecnológica en las fábricas de la agroindustria

Las fábricas de la agroindustria cuentan con una serie de herramientas y tecnologías, desarrolladas por Cenicaña, con el fin de ofrecer mejoras en diferentes procesos fabriles.

Entre estas herramientas están Cenimol (2012), que se enfoca en obtener una configuración mecánica adecuada de las unidades de molienda. Además, estima las fuerzas, los consumos de torque y obtiene los factores de seguridad para chequeo de los ejes.

Entre 2015 y 2020 también se desarrollaron estrategias de control para mejorar la estabilidad y el desempeño de las estaciones de molienda: aplicación del agua en molienda, imbibición en línea (2014), control en molinos intermedios (2015), alimentación al primer molino por tipo de cosecha e imbibición en línea 2.0 (2019).

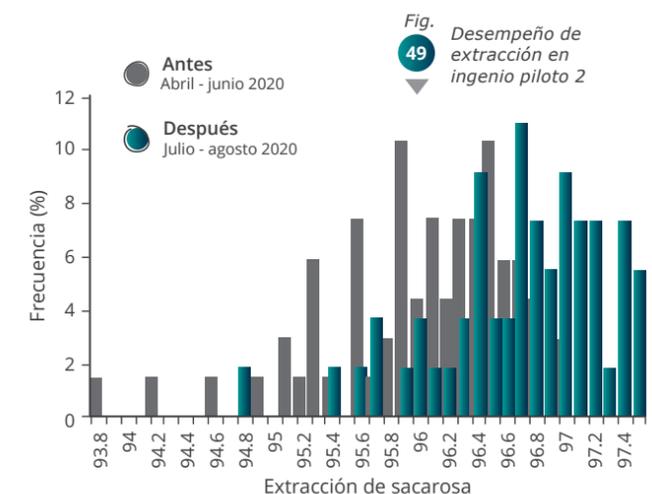
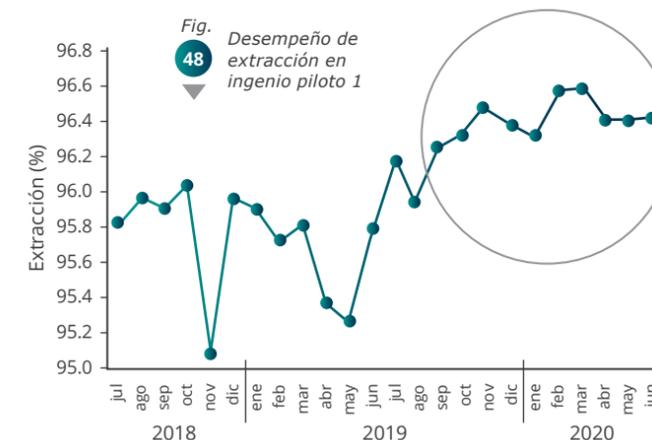
La utilidad de estas herramientas a la agroindustria se confirmó con su implementación y resultados en algunos ingenios. En el ingenio 1, por ejemplo, se adoptó la estrategia de imbibición en línea 2.0, la estrategia de alimentación por tipo de cosecha y los ajustes obtenidos con Cenimol. El ingenio mejoró su desempeño en 0.8 unidades porcentuales (**Figura 48**).

En el ingenio piloto 2 se adoptó la estrategia de alimentación por tipo de cosecha y su desempeño de extracción aumentó en 0.6 unidades porcentuales (**Figura 49**).

Adicional a los beneficios mencionados, estas herramientas no requieren adquisición de equipos y cuentan con autonomía operativa. Por esta razón cinco ingenios adoptaron la estrategia de alimentación de caña al primer molino; otros cinco, la estrategia de imbibición en línea y siete ingenios utilizan actualmente la estrategia de control por torque.

En 2020, a través de capacitaciones virtuales, Cenicaña acompañó a los ingenios en el proceso de adopción de las herramientas desarrolladas para el diagnóstico de fuentes de pérdidas indeterminadas de sacarosa, estimar la incertidumbre asociada al balance de sacarosa en fábrica y cuantificar las pérdidas de sacarosa por degradación fisicoquímica, microbiológica y térmica.

Resultado de ese acompañamiento fue la adopción de las herramientas por parte de cuatro ingenios como parte de su rutina, lo que les ha permitido formular estrategias para mitigar este tipo de pérdidas.



## Evaluación de alternativas tecnológicas para incrementar la eficiencia energética

La eficiencia energética desempeña un papel importante en la agroindustria porque contribuye a incrementar la rentabilidad al disponer de más bagazo o excedentes de energía para la venta. Como parte de las iniciativas de investigación de Cenicaña para incrementar la eficiencia energética en las operaciones fabriles del sector, se desarrolló una plataforma experimental para la etapa de calentamiento de jugos y mieles, que es una de las que más energía térmica requiere (450 MJ/t caña aproximadamente).

La plataforma experimental de calentamiento permite evaluar oportunidades tecnológicas de la operación de calentamiento, seleccionar estrategias de control para una mayor estabilidad de la operación y determinar prácticas de operación y limpieza para un funcionamiento más eficiente de los equipos.

Con esta plataforma Cenicaña evaluó tres estrategias de control y sus respuestas ante variaciones en el flujo de jugo. Se evidenció que ninguna amortiguó variaciones superiores al 20% del flujo nominal y, por lo tanto, es necesario recurrir a estrategias de control más robustas y predictivas, o estabilizar el flujo de jugo para evitar variaciones que afecten el calentamiento en los intercambiadores (Figura 50). En condiciones de operación estables la estrategia de control en cascada permitió temperaturas de salida con variaciones inferiores a 0.5°C y ahorros en consumo de vapor hasta del 15% con respecto a una sintonización deficiente.

Esta plataforma se proyecta utilizar como equipo piloto para investigaciones enfocadas en implementación de IoT.



Fig. 50 Resumen de la evaluación realizada con la plataforma experimental a las estrategias de control para la etapa de calentamiento de jugos y mieles.



### CONTROL SIMPLE Estrategia 1

- V** Fácil de implementar y sintonizar.
- D** Inestabilidad en temperatura final del jugo.
- D** Alto tiempo de respuesta ante disturbios.

### CONTROL EN CASCADA Estrategia 2

- V** Comportamiento estable en temperatura y consumos de vapor.
- D** Inestable ante variaciones en el flujo de jugo.
- D** Costos de instrumentación.

### CONTROL EN CASCADA + FEEDFORWARD Estrategia 3

- V** Comportamiento estable en temperatura y consumos de vapor.
- D** Mitigación de variaciones de flujo de jugo.
- D** Costos de instrumentación.

05

Herramientas  
y desarrollos para  
procesos fabriles

## Avanza estandarización de metodología para combustibles biomásicos

Con el objetivo de contar con una metodología estandarizada a nivel de la agroindustria, que favorezca la gestión del recurso energético para su comercialización y ahorro, en el 2020 Cenicaña avanzó en la estandarización de diferentes metodologías de análisis de porcentaje de humedad, cenizas y poder calorífico en combustibles biomásicos.

Se revisaron las normas internacionales de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM, por su sigla en inglés) y las recomendaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA, por su sigla en inglés) en el marco del *IEA Bioenergy - Task 32*, para el desarrollo de los análisis y criterios de repetibilidad y reproducibilidad. La socialización y evaluación de estas metodologías se empezó a implementar en los laboratorios de combustibles de los ingenios.

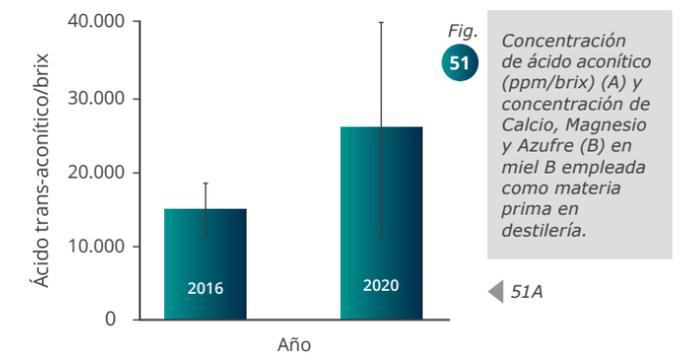
## Factores que afectan los procesos de fermentación

En la producción de etanol carburante el desempeño de la levadura en fermentación puede afectarse por diferentes factores y generar condiciones de estrés, es el caso de la acidulación de la corriente de levadura a ser recirculada que, a tiempos prolongados, produce bajos pH.

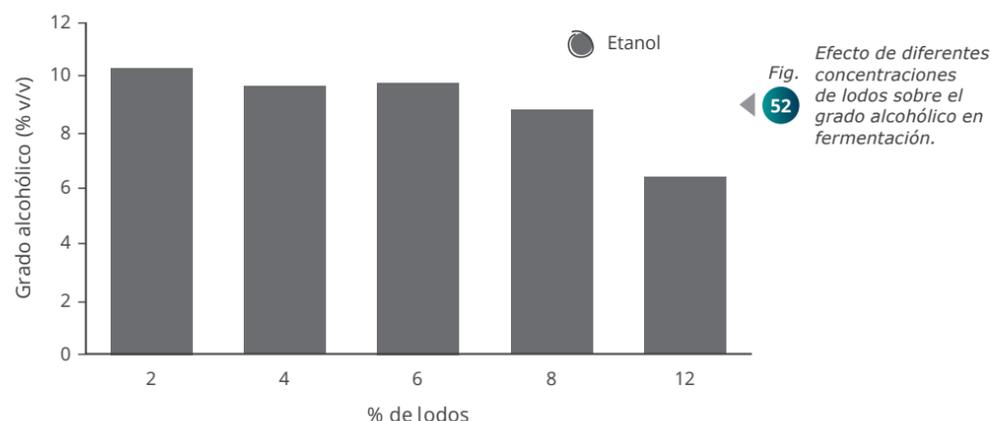
A partir del análisis de diferentes condiciones de acidulación se identificaron y promovieron prácticas que minimizan los factores de estrés, como tiempos de acidulación entre 20 y 45 minutos preferiblemente (en ningún caso mayores a 60 minutos) y evitar la adición de miel al tanque de acumulación. También se recomendó verificar que la vitalidad de las corrientes de levadura acidulada se encuentre en valores intermedios o altos, de acuerdo con la escala definida por Cenicaña.

Además se identificó que la calidad de las materias primas (miel y jugos) empleadas no afectan solamente el desempeño de la fermentación, sino que repercute en la operación global de las plantas de etanol. En ese sentido, se evidenciaron aumentos en la contaminación, bajo desempeño fermentativo de la levadura y aumento en el grado de incrustación y taponamiento de equipos y tuberías. La causa principal de estos problemas sería el cambio en la composición de las materias primas, lo cual está asociado a un aumento en el nivel de sólidos sedimentables o lodos.

Diferentes análisis mostraron incrementos en los niveles de impurezas de tipo orgánico como el ácido aconítico (Figura 51A) y de calcio y azufre en las mieles (Figura 51). Además, se observaron concentraciones considerables de potasio y silicio. Estos elementos son los precursores de la formación de sales que pueden dar origen a la formación de incrustaciones.



Evaluaciones realizadas a escala de laboratorio para determinar el efecto de diferentes concentraciones de lodos en la fermentación confirmaron su relación con las condiciones de estrés para la levadura, que a su vez disminuyen el desempeño fermentativo e incrementan la desviación de azúcares a glicerol. El incremento de cada 1% de lodos en mieles conlleva a reducciones de -0.4 unidades porcentuales



## Hacia la obtención de aditivos alimentarios

En la ruta para obtener aditivos alimentarios, específicamente edulcorantes, se establecieron las condiciones de temperatura y tiempo del tratamiento de autohidrólisis del residuo agrícola de cosecha (RAC) con el propósito de obtener una fracción líquida, con un contenido de hemicelulosa equivalente a un 90% de extracción (Figura 53).

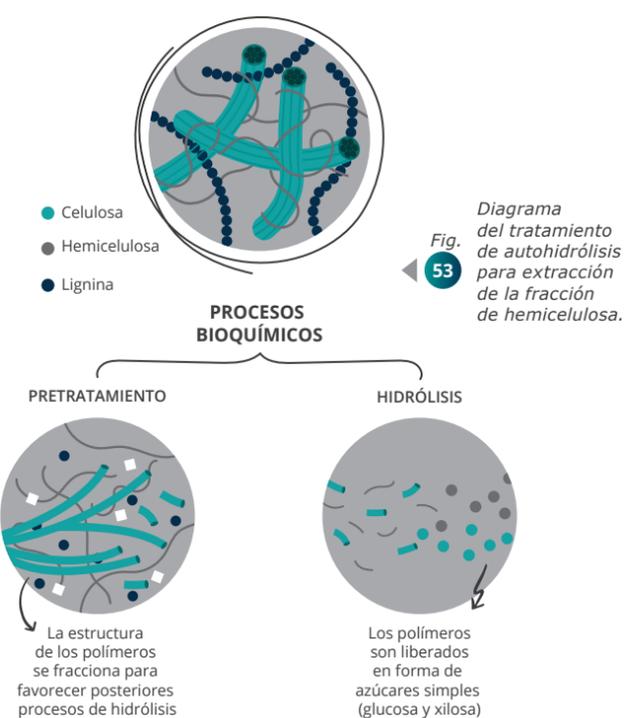
En una aproximación a esta fracción líquida se identificó hemicelulosa en forma de xilanos y oligosacáridos, además de otros subproductos (furfural y ácidos orgánicos), lo que hace necesario posteriores tratamientos para su conversión a xilosa, precursor del edulcorante de interés, y de purificación para eliminar los subproductos.

Los avances en la obtención de un aditivo alimentario (tipo polisacárido) con características para ser utilizado como estabilizante o agente encapsulante se enfocaron

en el grado alcohólico y formación de espuma, entre otros (Figura 52).

Un mayor conocimiento sobre la naturaleza de las impurezas y la cuantificación del impacto que ocasionan sobre el proceso fermentativo son la base para la búsqueda y evaluación de alternativas hacia su reducción.

### POLÍMEROS PRESENTES EN LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS DE COSECHA (RAC)



## 05

Herramientas y desarrollos para procesos fabriles

en la definición de condiciones de fermentación y obtención de un producto a escala de laboratorio, cuyas características fisicoquímicas demostraron un contenido equivalente al 36% del polisacárido de interés (Figura 54).

Entre las condiciones definidas se encuentra el uso de azúcar como sustrato, con rendimientos equivalentes a 0,18 g de polisacárido por g de azúcar. Las proyecciones en esta investigación están enfocadas a evaluar nuevas condiciones de fermentación, incluido cambios en el medio de cultivo para incrementar el contenido del polisacárido.

## Usos alternativos de etanol: fumigación de motores turbo-diésel

En la búsqueda de usos alternativos del etanol, Cenicaña inició un conjunto de pruebas para validar la fumigación de etanol/agua en la entrada de aire de los motores diésel y gasolina. De acuerdo con la literatura revisada, esta opción puede generar mayor potencia de los motores, menor consumo de combustible e impactar sobre las emisiones de material particulado.

La fumigación de una mezcla de etanol/agua modifica la densidad del aire que ingresa al motor, de tal manera que al tener más aire se favorece la combustión, consumiendo menos combustible y, en consecuencia, se reducen las emisiones sin perder fuerza o potencia.

Las pruebas se realizan con una camioneta turbodiésel, como dinamometría en banco y pruebas de ruta operando con un kit comercial de fumigación de etanol/agua.

En las pruebas en campo y carretera se encontró un aumento de potencia (42%) y torque del motor (24%) con respecto a la operación con 100% diésel (Figura 55). De igual forma, se observó mejora en el rendimiento de combustible, al pasar de 38.2 km/galón con diésel 100%, a 44.8 km/galón con la fumigación de



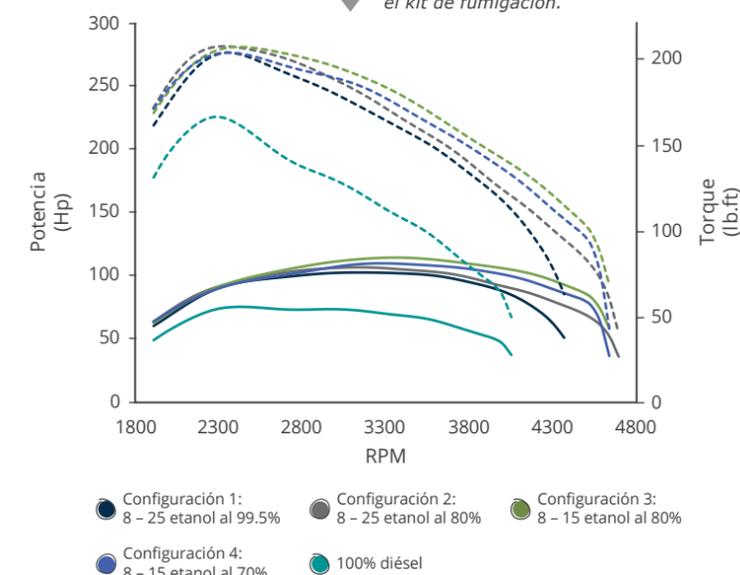
Fig. 54

Producto obtenido mediante fermentación con un contenido de 36% de polisacárido.

etanol/agua. Esta diferencia en consumo de combustible impacta directamente en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), reduciendo el indicador de gr CO<sup>2</sup>eq/gal diésel en un 10.6%.

Cenicaña continuará con las pruebas para obtener más información sobre el consumo de combustible, impacto en el estado mecánico del vehículo (estado de pistones y cámara de combustión, entre otros) y evaluar la tecnología en equipos de mayor potencia como los utilizados en labores de campo y sus potenciales beneficios económicos.

Fig. 55 Resultado de las pruebas realizado con el vehículo utilizando el kit de fumigación.



## 06

## ESTRATEGIAS PARA IMPULSAR LA INNOVACIÓN EN LA AGROINDUSTRIA

La pandemia impuso una nueva normalidad con la que las actividades de capacitación se realizaron sobre todo en modalidad virtual. Para atender a estas necesidades Cenicaña adaptó sus eventos PAT y de la red GTT a la virtualidad e implementó estrategias y herramientas de mercadeo digital para ampliar el alcance de sus convocatorias.

## 06

Estrategias para impulsar la innovación en la agroindustria

### Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT)

Cenicaña continuó con sus actividades de transferencia de tecnología, como las reuniones de la red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT), que durante el año se realizaron en dos modalidades (virtual y presencial). En el 2020 se realizaron 18 GTT (7 generales y 11 focalizados) y un foro para un total de 836 participantes, entre proveedores y personal de campo (Figura 56).

El foro, que se realizó previo a la declaratoria de emergencia sanitaria por COVID-19, surgió como respuesta a necesidades planteadas por cultivadores ingenios y cultivadores en cosecha mecanizada. En el evento realizado en el ingenio Risaralda se abordaron temas como:

- Diseño de campo para una adecuada cosecha.
- Cosecha mecanizada autoguiada.
- Labores de campo requeridas después de la cosecha.
- Impacto de la cosecha mecanizada en el rebrote, altura y diámetro de la caña.
- Efecto en la compactación del suelo.
- Proyección de la cosecha mecanizada en el ingenio.



Foro de cosecha mecanizada en el Ingenio Risaralda

## Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica

En el marco del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT), en 2020 Cenicaña realizó eventos de capacitación virtuales (5) y presenciales (8). Estos últimos tuvieron lugar antes de la declaratoria de emergencia sanitaria y contaron con la participación de 368 asistentes entre proveedores, personal de campo y asistentes técnicos particulares. Se realizaron diez capacitaciones virtuales (Cuadro 14). También como complemento a las actividades de capacitación, Cenicaña organizó una serie de seminarios en línea en diferentes temáticas, con 1943 asistentes (Cuadro 15).

Cuadro 14 Capacitaciones (presenciales y virtuales) realizadas en 2020 y número de asistentes.

TECNOLOGÍAS	MES	PARTICIPANTES
Módulo 1 Geoportal: herramienta de apoyo para el manejo del cultivo	Abril	52
Módulo 2 Meteoportal: herramienta de apoyo para el manejo del cultivo	Mayo	40
Módulo 1 El punto de equilibrio de mi negocio y la inversión en maquinaria	Abril	91
Módulo 2 Criterio económico para apoyar la renovación	Mayo	98
Balance hídrico para la programación de los riegos o BH	Agosto	136
Estimación y reducción de pérdidas indeterminadas	Mayo junio julio	50*
Aspectos fundamentales para asegurar el desempeño de la cristalización: preparación de slurry y medición de tamaño de cristal	Mayo junio	28*
Mejoras tecnológicas. Criterios para incrementar la eficiencia energética de la producción de azúcar y alcohol.	Julio	67*
Implementación de análisis en Ceniprof para evaluar oportunidades de mejora en los procesos fabriles	Julio Agosto	21*
Calidad de materia prima que se dirige a la planta de alcohol y su impacto sobre el proceso fermentativo	Octubre Noviembre	19*

\*Asistencia promedio porque la capacitación se desarrolló en diferentes sesiones.

Respecto a años anteriores, en las actividades presenciales realizadas se evidenció un incremento en la asistencia y participación de productores de caña. La utilización de herramientas de mercadeo digital, como *WhatsApps Business, Mailing y Landing Page* permitieron ampliar el alcance de la convocatoria. En el tema de Balance Hídrico Priorizado, por ejemplo, un solo evento en 2020 reunió 52% más participantes que los tres eventos del año anterior.



Escanee el código QR Para ingresar a los seminarios web. Se requiere clave de acceso



## 06

Estrategias para impulsar la innovación en la agroindustria

Cuadro 15

Seminarios en línea realizados en 2020 y número de asistentes.

SEMINARIO - EXPOSITOR	MES	PARTICIPANTES
Cosecha de caña en el Valle del río Cauca: evolución y desafíos tecnológicos - Alejandro Estrada	Abril	166
El agua en el suelo - Edgar Hincapié	Mayo	180
El genoma de la variedad CC 01-1940 y su importancia para la industria azucarera colombiana - John Jaime Riascos y John Henry Trujillo	Mayo	111
Agua: insumo básico para la planeación en un predio - Sandra Alarcón y Fanny Hoyos	Mayo	110
Conceptos básicos de fertilización en caña de azúcar - Fernando Muñoz	Mayo	146
Balance hídrico para la programación de los riegos - Sandra Alarcón	Mayo	118
Evaluación del daño por barrenadores - Germán Vargas	Junio	64
Interpretación de análisis de suelos y tejido foliar - Fernando Muñoz	Junio	120
Fisiología de la caña de azúcar - Miguel Angel Lopez	Junio	166
Importancia de las formas de carbono del suelo para la gestión sostenible en sistemas de cultivo de la caña de azúcar - Milton Ararat	Junio	73
Roya naranja en la caña de azúcar en Colombia. Estrategias de manejo - Juan Carlos Ángel y Joaquín Ramírez	Abril	116
Herramientas fenómicas y genómicas, estrategias clave para acelerar la ganancia genética de los cultivos - Expositores externos: Natalia Palacios, Valerio Hoyos, Bodo Raatz, Luis Duque	Junio	182
Procesamiento y análisis de imágenes satelitales utilizando (GEE) Mario Andrés Soto	Junio	122
Introducción al procesamiento de imágenes obtenidas con UAV Michael Arredondo	Julio	71
Factores condicionantes del clima en el Valle del río Cauca Enrique Cortés y Luis Barreto	Diciembre	76
Microbiología aplicada a los procesos productivos en la agroindustria sucroalcoholera: Producción de azúcar - Tatiana Daza	Julio	81
Calentadores de placas. ¿Cómo operar y mantener el desempeño de los calentadores de placas en el proceso de producción de azúcar y alcohol? Julio Calpa y Andrés Felipe Ospina	Octubre	41
<b>TOTAL DE ASISTENCIAS</b>		<b>1943</b>

## ! Tecnologías para la nueva normalidad

Para continuar con las actividades de transferencia de tecnología durante la pandemia, Cenicaña implementó y facilitó tecnologías y canales digitales que le permitieron al sector producir y transmitir eventos virtuales y generar contenidos visuales, tales como: Perfilador del suelo (GTT Ingenio Risaralda); Caso de éxito en el manejo de aguas: riego por gravedad (GTT Ingenio Pichichí); y Sistema para la programación del riego con sensores de matriz granular (GTT ingenios Sancarlos).

Las capacitaciones virtuales se realizaron en el entorno de *Google Classroom* y contemplaron un módulo introductorio y al menos tres módulos de contenido técnico. Se entregaron materiales didácticos (documentos y tutoriales en video).

Para ampliar el alcance de las actividades de transferencia de tecnología realizadas en la virtualidad se utilizó la metodología *Inbound Marketing*, y herramientas digitales que permitieron que eventos como los seminarios web publicados para reproducción tuvieran un alcance de hasta 4000 personas por evento; y se generaron contenidos digitales como la campaña #LeeMás y #Tips para agricultores.



## ! Proyecto de sostenibilidad

Con el propósito de continuar proponiendo e implementando soluciones innovadoras que transformen la realidad y generen valor económico, conserven el medio ambiente y promuevan el bienestar social de las zonas productoras de caña de azúcar de Colombia, se dio inicio al proyecto de sostenibilidad, en el marco del cual se realizaron reuniones grupales con diferentes actores de la agroindustria para identificar las necesidades sectoriales en torno a la sostenibilidad.

Uno de los componentes del proyecto es el Programa Fénix, liderado por Procaña hasta el 2019 por Procaña y asumido por Cenicaña a partir del 2020 para fortalecer el proceso de transición y mejoramiento continuo de los cañicultores hacia una gestión y producción sostenible.

07

# ACCIONES PARA SER UN CENTRO DE EXCELENCIA, RECONOCIDO Y BIOSEGURO

Cenicaña continuó fortaleciendo sus capacidades de investigación, tecnología y de divulgación con ejercicios de vigilancia tecnológica para identificar oportunidades de diversificación de la agroindustria, con nuevos equipos para validar y mejorar la experimentación y la puesta en marcha de nuevas estrategias de divulgación para ampliar el reconocimiento del Centro en la región y el país.

Para enfrentar la pandemia de COVID-19 se implementaron protocolos de bioseguridad y se adoptaron las recomendaciones y medidas del Gobierno Nacional, con el fin de disminuir el riesgo de contagio de los colaboradores del sector, sus familias y de las áreas de influencia de la agroindustria.



## Vigilancia tecnológica y fortalecimiento de capacidades para la investigación

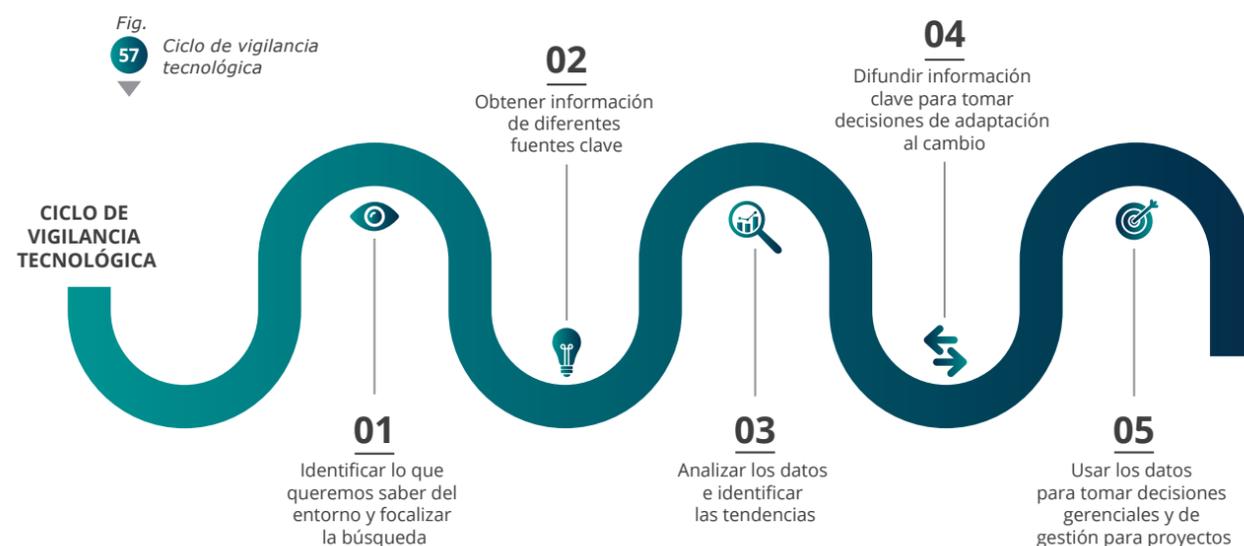
En el 2020, como parte del proceso de gestión del conocimiento de Cenicaña realizó dos ejercicios de vigilancia tecnológica (Figura 57) con el propósito de conocer avances tecnológicos, tendencias del mercado, regulaciones y análisis de oportunidad que contribuyan a los procesos de innovación de la agroindustria. En el 2020 se trabajó específicamente en productos hacia la diversificación de la agroindustria.

Entendiendo los proyectos de investigación como la columna vertebral del Centro, también en el 2020 se fortalecieron las competencias de los investigadores en la formulación y gestión de proyectos, con base en el marco PMI PMBOOK 6a edición y en financiación de proyectos en Ciencia, Tecnología e Innovación a través del Sistema General de Regalías.

Asimismo, a través del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se realizaron seminarios web sobre el modelo de medición de grupos de investigación y beneficios tributarios para empresas y cultivadores de caña de azúcar.

También se dio continuidad al boletín Inca-ne como un ejercicio trimestral de revisión del conocimiento técnico - científico generado alrededor de la agroindustria de la caña de azúcar en el mundo. El boletín pretende mantener informados a los investigadores y personal técnico de la agroindustria respecto a los últimos temas de investigación e innovación de la caña de azúcar.

Al 2020, Cenicaña cuenta con 76 proyectos de investigación en ejecución distribuidos así: 13 proyectos en Procesos de Procesos de Fábrica, 36 proyectos del Programa de Variedades, y 27 en el Programa de Agronomía. Durante el año finalizaron cinco proyectos de investigación.



07

Acciones para ser un centro de excelencia, reconocido y bioseguro

## Cenicaña en publicaciones internacionales

TÍTULO	AUTORES	PUBLICACIÓN
<i>Comparison of Surface and Subsurface Water Distribution Uniformity Under Center Pivot Irrigation System for Sugarcane in Colombia(Art</i>	Mendoza Castiblanco, C.J., Carbonell González, J.A. and Lasso, J.J.	<i>Sugar Tech</i> , 22 (6) Dic. 2020. 1032-1037
<i>Effects of meteorological variables on sugarcane ripening in the Cauca River Valley, Colombia</i>	Unigarro, C.A. and Villegas Trujillo, F.	<i>Pesquisa Agropecuaria Tropical</i> , 50(6) May. 2020: 1-8
<i>The gregarious parasitoid Cotesia flavipes displays a high level of preadaptation to a novel host, Diatraea indigenella</i>	Londoño Sánchez, C., Montoya Lerma, J. and G.A. Vargas Orozco	<i>Biocontrol</i> , 65(1) Feb. 2020: 37-46
<i>Regional wind pattern, a basis for defining the appropriate lapse of time for sugarcane burning in the Cauca Valley (Colombia)</i>	Preciado Vargas, M., Chica Ramírez, H.A., Solarte Rodríguez, E., Carbonell González, J.A. y A.J. Peña Quiñones	<i>Environment, Development and Sustainability</i> . 2020
<i>Prediction of topsoil properties at field-scale by using C-band SAR data</i>	Domenech, M.B., Amiotti, N.M., Costa, J.L. and M. Castro Franco	<i>International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation</i>

Escanee el código QR Para consultar la biblioteca digital de Cenicaña



## ! Estrategias para mejorar la visibilidad y posicionamiento institucional

En 2020 Cenicaña empezó a trabajar en estrategias de comunicación que buscan ampliar el conocimiento de la comunidad en general sobre la caña de azúcar y sus procesos productivos. Para ello, impulsó acciones de divulgación en las que predominó la generación de contenidos en diferentes formatos, sobre todo digitales, para llegar a diferentes tipos de público y contribuir a la formación de argumentos técnicos y científicos alrededor de la caña de azúcar, su manejo agronómico y procesos fabriles.

Para cumplir con dicho propósito se lanzó la campaña de divulgación para redes sociales Píldoras de ciencia dulce, que utiliza temas coyunturales para mostrar diferentes aspectos de la caña de azúcar, desde un enfoque científico. También se gestionó la difusión de avances de investigación en redes sociales y en medios masivos de comunicación de alcance nacional y regional.

Además de avanzar en actividades de divulgación, Cenicaña también empezó a explorar alternativas para impulsar estrategias de apropiación social del conocimiento, que ayuden a transformar los diálogos regionales entorno a la caña de azúcar y a fortalecer su integración con diferentes actores de la comunidad en la generación conjunta de conocimiento.

▶ Escanee el código QR  
Para consultar videos de Píldoras de ciencia dulce.



07

Acciones para ser un centro de excelencia, reconocido y bioseguro

## Fortalecimiento de capacidades tecnológicas

Para soportar las herramientas tecnológicas que se plantean para la investigación y el manejo agronómico del cultivo y de los procesos fabriles, un equipo multidisciplinario de Cenicaña desarrolló las siguientes soluciones:

- Plataforma de gestión de sensores del potencial mátrico
- Aplicativo móvil para el monitoreo de estaciones de bombeo para riego.
- Instalación, mantenimiento y soporte de la Red LoRaWAN o Red IoT de la agroindustria.
- Mantenimiento a la infraestructura que soporta las plataformas informáticas con las cuales Cenicaña ofrece servicios al público y se realiza apoyo a la investigación.

Con el fin de habilitar la cosecha mecánica en lotes experimentales Cenicaña avanzó en el desarrollo y construcción de un vagón de autovolteo con sistema de pesaje. El equipo dispondrá de cuatro celdas de carga y será jalado por un tractor. Actualmente el Centro evalúa la productividad de las parcelas experimentales con cosecha manual y pesaje con alzadoras instrumentadas con un sistema de pesaje.

Con el vagón de autovolteo con sistema de pesaje, además de pesar los ensayos cosechados con cosechadora mecánica, también se obtendrá datos sobre la respuesta de las nuevas variedades a esta práctica y se agilizará el proceso de toma de datos experimentales mejorando la eficiencia y simplificando el proceso de cosecha de experimentos.

▶ Escanee el código QR  
ver el video de operación del vagón de autovolteo con sistema de pesaje.



## Infraestructura institucional para la investigación

En el año 2020 Cenicaña fortaleció su infraestructura para riego con un pivote central con la capacidad de regar 9.27 ha (donado por Irrivalle S.A.S) y una rampa de desplazamiento lateral con la capacidad de regar 4.06 ha. La distribución de tecnologías para riego en los campos experimentales de Cenicaña es:

- 57% de área cubierta por hidrantes para hacer riego con tubería con ventanas.
- 8% de área se riego con goteo.
- 24% de área se riega con pivote central.
- 11% de área se riega con rampa de desplazamiento lateral.

## Medidas para un centro de investigación bioseguro

Ante la declaratoria de emergencia sanitaria emitida por el Gobierno Nacional para hacer frente al COVID-19, Cenicaña acogió las recomendaciones del Ministerio de Salud en el sentido de promover las medidas básicas de autocuidado (lavado de manos, distancia física y uso de tapabocas), ofrecer alternativas de trabajo en casa para sus colaboradores y apoyo psicosocial.

En cumplimiento de estas acciones Cenicaña habilitó grupos por el servicio de mensajería *WhatsApp* para mantener informado a los colaboradores del avance del virus, medidas temporales y promover medidas de autocuidado; entregó 3770 tapabocas y 1745 botellas de alcohol e instaló diez dispensadores de desinfección de manos en la Estación Experimental. También se implementaron protocolos de bioseguridad para el ingreso, transporte, uso de espacios comunes y actividades en campo, se adelantaron jornadas de capacitación a grupos específicos y campañas de comunicación.



Al cierre de 2020 se habían practicado 288 pruebas rápidas y 52 pruebas de antígenos, se confirmaron 20 casos positivos para COVID-19 (8%) .

Con motivo de la emergencia sanitaria, Cenicaña conformó y se vinculó a diferentes instancias internas y sectoriales para hacerle seguimiento a la situación y adoptar medidas coordinadas que contribuyan a disminuir el riesgo de contagio de los colaboradores del sector, sus familias y de las áreas de influencia de la agroindustria.

Paralelo a las medidas sanitarias y de autocuidado se implementaron acciones de acompañamiento, apoyo y educación de la salud mental del equipo de trabajo, como los talleres 'El futuro llegó sin avisarnos' y 'Gobernar mis emociones hace la diferencia' y consultoría psicológica a 13 personas (6%).



07

Acciones para ser un centro de excelencia, reconocido y bioseguro

## Solidaridad con la comunidad

Cenicaña se solidarizó con familias vulnerables de su área de influencia durante el aislamiento preventivo declarado por el Gobierno Nacional e hizo entrega de mercados y elementos de autocuidado a hogares de la comunidad residente en la parte alta de la cuenca Aguaclara (donde realiza actividades de investigación), y a residentes en el corregimiento de San Antonio de los Caballeros, Florida.





**CONSTRUIMOS UNA REGIÓN MÁS SOSTENIBLE CUANDO, JUNTO CON INGENIOS Y CULTIVADORES, PROMOVEMOS Y ADOPTAMOS NUEVAS TECNOLOGÍAS, DESARROLLOS Y CONOCIMIENTOS PARA MEJORAR LOS PROCESOS AGRONÓMICOS Y FABRILES DE NUESTRA AGROINDUSTRIA.**

 | 3



**ANEXO**  
Contenido

- 01 **Pág 92** Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2020.
- 02 **Pág 94** Valores medios de las principales variables meteorológicas para las zonas climática homólogas en 2020.
- 03 **Pág 97** Variabilidad climática trimestral y anual en el valle del río Cauca. Comparativo multianual. Período 1994 - 2020.
- 04 **Pág 100** Servicios de sanidad vegetal.
- 05 **Pág 102** Servicios de laboratorios.
- 06 **Pág 102** Red de Grupos de Transferencia de Tecnología en 2020.
- 07 **Pág 104** Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2020.

## 01 Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC) en 2020.

Datos correspondientes a las variedades cosechadas en las 10 zonas agroecológicas más representativas de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar en 2020. Datos de doce ingenios.

ZONA AGROECOLÓGICA	VARIEDAD	SUERTE	ÁREA COSECHADA (ha)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	RENDIMIENTO COMERCIAL (%)	EDAD (M)	CORTE
10H3	CC 01-1940	146	1265	117	13.2	9.5	1.07	11.3	12.3	3.8
	CC 85-92	162	983	107	12.2	8.6	0.98	11.4	12.5	9.4
	CC 93-4418	50	299	104	11.6	8.6	0.96	11.1	12.1	7.0
	CC 11-600	13	128	134	15.4	10.4	1.21	11.6	12.9	1.1
10H5	CC 01-1940	245	1395	96	10.6	7.9	0.87	11.0	12.3	4.3
	CC 85-92	133	668	97	11.5	7.8	0.92	11.8	12.5	10.5
	CC 11-595	20	117	107	11.3	8.1	0.86	10.6	13.2	1.1
11H0	CC 01-1940	372	3946	134	14.9	10.8	1.20	11.1	12.5	3.4
	CC 85-92	272	2421	117	13.0	9.4	1.05	11.2	12.4	11.3
	CC 93-4418	107	1059	115	12.8	9.3	1.04	11.2	12.4	7.0
	CC 01-746	33	390	118	13.3	9.7	1.09	11.2	12.3	5.1
	CC 01-1228	27	372	130	14.3	10.8	1.18	11.0	12.1	7.5
	CC 05-430	35	297	163	16.7	12.5	1.28	10.2	13.1	1.1
	CC 98-72	25	217	132	13.9	10.8	1.13	10.5	12.3	6.8
11H1	CC 01-1940	522	5221	128	13.9	10.2	1.11	10.9	12.6	3.3
	CC 85-92	313	2804	111	12.4	9.1	1.01	11.1	12.3	11.1
	CC 93-4418	184	1829	112	12.4	9.1	1.01	11.1	12.3	6.6
	CC 05-430	55	514	148	15.0	11.8	1.17	10.1	12.8	1.3
	CC 01-746	34	468	116	12.7	9.7	1.06	10.9	12.0	5.1
	CC 01-678	42	290	124	13.6	9.9	1.08	11.0	12.6	2.1
	CC 84-75	17	226	120	12.4	9.8	1.01	10.4	12.3	14.4
	CC 01-1228	20	202	116	13.2	9.4	1.07	11.3	12.4	7.7
	CC 98-72	28	188	117	12.4	9.5	1.00	10.5	12.4	5.7
	CC 97-7170	21	170	120	12.4	9.9	1.02	10.3	12.1	4.7
	11H2	CC 01-1940	225	2020	118	12.7	9.7	1.04	10.8	12.3
CC 85-92		134	1158	109	11.9	8.9	0.96	10.9	12.3	11.1
CC 93-4418		73	545	106	11.5	8.9	0.96	10.8	12.0	6.1
CC 05-430		13	149	160	15.5	12.8	1.24	9.7	12.6	1.3
CC 11-600		12	132	134	14.2	10.9	1.15	10.5	12.5	1.5

↪  
Continúa



Anexo Informe  
Anual 2020

ZONA AGROECOLÓGICA	VARIEDAD	SUERTE	ÁREA COSECHADA (ha)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	RENDIMIENTO COMERCIAL (%)	EDAD (M)	CORTE
11H3	CC 01-1940	471	2163	102	10.7	8.8	0.92	10.5	11.7	4.3
	CC 85-92	242	1125	105	11.3	8.8	0.94	10.8	12.0	13.2
	CC 93-4418	142	806	99	10.5	8.3	0.88	10.6	11.9	6.2
	CC 11-600	36	210	131	12.6	10.4	1.00	9.6	12.7	1.6
	CC 11-595	33	187	129	12.1	11.4	1.06	9.4	11.4	1.7
	CC 05-430	29	158	142	12.9	12.2	1.11	9.1	11.7	1.1
1H1	CC 01-1940	110	957	116	13.4	9.2	1.06	11.6	12.7	3.7
	CC 85-92	42	249	109	12.5	8.6	0.99	11.4	12.7	8.2
	CC 93-4418	30	152	94	11.0	7.5	0.88	11.7	12.5	5.0
	SP 71-6949	14	104	78	8.4	6.6	0.71	10.8	11.9	4.0
5H3	CC 01-1940	86	630	117	13.4	9.2	1.05	11.5	12.7	3.0
	CC 85-92	79	386	110	12.6	8.7	1.00	11.5	12.6	8.1
	CC 93-4418	10	78	99	11.3	7.9	0.90	11.4	12.6	6.2
6H1	CC 01-1940	817	8301	134	14.9	10.8	1.20	11.1	12.5	3.3
	CC 85-92	398	3748	114	13.0	9.1	1.04	11.4	12.5	10.3
	CC 93-4418	139	1240	108	12.3	8.8	1.00	11.4	12.3	6.5
	CC 05-430	90	742	164	17.1	12.6	1.31	10.4	13.1	1.2
	CC 97-7170	34	344	117	11.8	9.6	0.97	10.1	12.3	5.8
	CC 01-678	40	293	131	14.8	10.7	1.20	11.2	12.4	2.2
	CC 11-600	31	270	138	15.5	10.5	1.18	11.2	13.1	1.2
	CC 01-1228	24	252	137	14.8	11.1	1.19	10.8	12.5	6.7
	CC 01-746	25	230	110	12.6	9.2	1.05	11.4	12.1	4.3
	CC 98-72	24	194	131	14.2	10.7	1.15	10.8	12.4	5.8
	CC 84-75	20	186	121	13.0	9.6	1.03	10.7	12.7	13.1
	CC 93-4181	13	135	129	15.1	10.4	1.21	11.7	12.5	5.2
	6H2	CC 01-1940	142	1414	111	12.2	8.9	0.98	11.0	12.6
CC 85-92		54	442	104	11.6	8.5	0.94	11.1	12.3	9.8
CC 93-4418		54	376	108	11.9	8.9	0.98	11.0	12.2	5.9
CC 11-595		11	95	120	12.2	10.0	1.01	10.1	12.0	1.0
CC 11-600		10	82	121	13.1	9.4	1.02	10.9	12.9	1.0

## Valores medios de las principales variables meteorológicas para las zonas climática homólogas en 2020.

ZONA CLIMÁTICA HOMÓLOGA	TRIMESTRE	TEMPERATURA MÍNIM (OC) A MEDIA	TEMPERATURA MÁXIMA MEDIA (OC)	RADIACIÓN GLOBAL (CAL/CM <sup>2</sup> /DÍA)	PRECIPITACIÓN (mm)
1	1	19,0	32,5	493	150
	2	19,7	31,3	456	347
	3	18,7	31,2	472	294
	4	18,9	30,9	455	327
	Año	19,1	31,4	469	280
2	1	19,3	31,4	477	209
	2	19,6	30,4	409	285
	3	18,5	30,4	428	164
	4	18,7	30,2	431	309
	Año	19,0	30,6	436	242
3	1	19,5	31,8	488	125
	2	19,9	30,8	436	239
	3	18,8	30,6	456	139
	4	18,9	30,4	452	214
	Año	19,3	30,9	458	180
4	1	19,3	32,0	484	207
	2	19,7	30,9	426	378
	3	18,5	30,8	442	243
	4	18,8	30,5	443	422
	Año	19,1	31,1	449	313
5	1	18,9	32,6	507	196
	2	19,6	30,9	459	541
	3	18,7	30,9	476	527
	4	18,8	30,7	461	465
	Año	19,0	31,3	476	432
6	1	19,3	31,7	470	373
	2	19,6	30,7	410	430
	3	18,4	30,7	427	318
	4	18,8	30,4	433	451
	Año	19,0	30,8	435	393
7	1	19,6	31,9	469	425
	2	20,0	30,8	426	518
	3	18,7	30,6	444	278
	4	19,1	30,1	452	680
	Año	19,4	30,8	448	475



Anexo Informe  
Anual 2020



En 2020 se creó la Mesa Técnica Agroclimática (MTA) del Valle del Cauca, instancia departamental en la que Cenicaña junto con otras entidades regionales comparten y discuten información climática para generar recomendaciones para la adaptación a la variabilidad climática, fenómenos climáticos extremos y aprovechar las condiciones climáticas favorables para las actividades agropecuarias.

## METEO PORTAL



Esta herramienta ofrece consultas interactivas a registros de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la agroindustria desde 1993 hasta la fecha.

A través del Meteportal, los usuarios pueden hacer seguimiento a las variables climatológicas por estaciones meteorológicas o zonas climáticas, comparar las variables climatológicas con sus respectivas anomalías, consultar datos de variables climatológicas consolidados por diferentes unidades de tiempo: diario, semanal, mensual, semestral y anual.

También aloja boletines con información de clima por zonas climáticas homólogas, proyecciones climáticas por temporadas actualizadas mensualmente y gráficos y mapas meteorológicos en diferentes rangos de tiempo para todas las variables meteorológicas registradas.



Escanee el código QR Para ingresar a la herramienta web de Cenicaña Meteportal



03

### Variabilidad climática trimestral y anual en el valle del río Cauca.

Comparativo multianual. Periodo 1994 - 2020.



Anexo Informe Anual 2020

Table with columns for Temperature (Minimum, Media, Maximum) and rows for years 1994-2020, including sub-sections for 'Años de mayor temperatura mínima media' and 'Años de menor temperatura mínima media'.

ATSM - Anomalia de la Temperatura Sup. del Mar. Océano Pacífico, Zona "Niño-3.4" / ION - Índice Oceánico "El Niño" / ONI - Oceanic Niño Index / Por su valor: ATSM = ION = ONI

OBSERVACIONES:

En estos cuadros se observa que bajo condiciones El Niño o de calentamiento del océano Pacífico ecuatorial, en el valle del río Cauca las temperaturas mínima media, media y máxima media del aire, junto con la oscilación media diaria de temperatura (variables climáticas "calóricas"), al igual que la radiación solar y la evaporación atmosférica (variables climáticas "energéticas") tienden a aumentar sus valores...

NOTA ACLARATORIA:

Para los años 2018, 2019 y 2020 se observa un incremento entre un 2% y un 5%, en términos generales, en los valores de radiación solar global (directa + difusa), debido, además del aumento propio presentado por esta variable climatológica en dicho trienio, a la actualización (cambio) durante 2017 por obsolescencia tecnológica de los sensores que la median...



Anexo Informe Anual 2020

Table with columns for Oscillation of Temperature, Evaporation, and Radiation Solar, and rows for years 1994-2020, including sub-sections for 'Años de mayor oscilación media diaria de temperatura' and 'Años de menor oscilación media diaria de temperatura'.

ATSM - Anomalia de la Temperatura Sup. del Mar. Océano Pacífico, Zona "Niño-3.4" / ION - Índice Oceánico "El Niño" / ONI - Oceanic Niño Index / Por su valor: ATSM = ION = ONI

OBSERVACIONES:

En estos cuadros se observa que bajo condiciones El Niño o de calentamiento del océano Pacífico ecuatorial, en el valle del río Cauca las temperaturas mínima media, media y máxima media del aire, junto con la oscilación media diaria de temperatura (variables climáticas "calóricas"), al igual que la radiación solar y la evaporación atmosférica (variables climáticas "energéticas") tienden a aumentar sus valores...

NOTA ACLARATORIA:

Para los años 2018, 2019 y 2020 se observa un incremento entre un 2% y un 5%, en términos generales, en los valores de radiación solar global (directa + difusa), debido, además del aumento propio presentado por esta variable climatológica en dicho trienio, a la actualización (cambio) durante 2017 por obsolescencia tecnológica de los sensores que la median...

Table with columns for Humidity Relative, Precipitation, and Days with Precipitation, and rows for years 1994-2020, including sub-sections for 'Años de mayor humedad relativa (años más húmedos)' and 'Años de menor humedad relativa (años más secos)'.

ATSM - Anomalia de la Temperatura Sup. del Mar. Océano Pacífico, Zona "Niño-3.4" / ION - Índice Oceánico "El Niño" / ONI - Oceanic Niño Index / Por su valor: ATSM = ION = ONI

OBSERVACIONES:

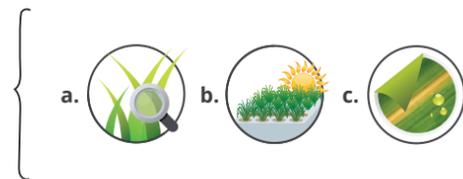
En estos cuadros se observa que bajo condiciones El Niño o de calentamiento del océano Pacífico ecuatorial, en el valle del río Cauca las temperaturas mínima media, media y máxima media del aire, junto con la oscilación media diaria de temperatura (variables climáticas "calóricas"), al igual que la radiación solar y la evaporación atmosférica (variables climáticas "energéticas") tienden a disminuir sus valores...

NOTA ACLARATORIA:

Para los años 2018, 2019 y 2020 se observa un incremento entre un 2% y un 5%, en términos generales, en los valores de radiación solar global (directa + difusa), debido, además del aumento propio presentado por esta variable climatológica en dicho trienio, a la actualización (cambio) durante 2017 por obsolescencia tecnológica de los sensores que la median...

## 04 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 2020.



### a. Inspección fitopatológica en campo y laboratorio

**19 inspecciones fitopatológicas:** en 26 haciendas (359 hectáreas) de ingenios y proveedores:

- Riopaila industrial
- Castilla industrial
- Castilla Agrícola
- Mayagüez
- Manuelita
- Risaralda
- Providencia
- La Cabaña.

#### VARIEDADES MÁS EVALUADAS

CC 01-1940  
CC 11-595  
CC 11-600  
CC 10-450  
CC 09-066  
CC 05-430  
CC 93-4418.

#### Variedad más afectada con roya naranja:

**CC 01-1940 (R:6 S:25%)**  
En menor intensidad:  
**CC 93-4418 (R:5 S:4%)**  
**CC 09-066 (R:5 S:1%)**  
**CC 05-430 (R:5 S:1%)**.  
*La variedad CC 11-600 presentó roya café (R:5 S:10%).*

### b. Multiplicación y propagación de variedades

Se suministraron 810,289 plantas para ingenios, proveedores, entidades en convenio e investigación.

- 46.5%** de las plantas fueron solicitadas para ensayos experimentales de Cenicafé.
- 36.2%** por los ingenios Castilla Agrícola, Pichichí, Risaralda, La Cabaña, Mayagüez, Castilla Industrial, Riopaila Agrícola, Incauca y Providencia.
- 9.5%** para producción de semilleros (Semivalle).
- 5.2%** por proveedores (Proterra, Adro Investment, Hacienda Villa Lía) y 0.2% por entidades paneleras (Agrosavia y La Palestina).

#### VARIEDADES CC NUEVAS MÁS SOLICITADAS:

CC 05-430  
CC 09-066  
CC 11-595  
CC 11-600  
CC 11-600  
CC 09-535  
CC 10-450  
CC 01-678

#### Por cultivo in vitro se produjeron 73,548 plantas de las siguientes variedades

CC 05-430, CC 01-1940, CC 11-600, CC 01-678, CC 10-450, CC 85-92, CC 10-476, CC 09-066 y CC 09-535, entre otras para semilleros de fundación e investigación.

### c. Diagnóstico de enfermedades

Se evaluaron muestras provenientes de 6869.5 hectáreas entre lotes semilleros y comerciales, para un total de 8371 análisis, los cuales incluyen el diagnóstico para:

- Raquitismo de la soca (RSD)
- escaldadura de la hoja (LSD)
- Virus de la hoja amarilla (SCYLV)
- Virus del mosaico (SCMV)
- Virus baciliforme (SCBV).

**6974** de las muestras correspondieron a solicitudes externas de ingenios, proveedores y entidades en convenio.

**1397**, a solicitudes internas de Cenicafé como apoyo a otras investigaciones y servicios.

#### Muestras procesadas para RSD, LSD y SCYLV:

- Ingenio Mayagüez: 981 análisis (650.9 ha evaluadas)
- La Cabaña: 901 análisis (1292.9 ha)
- Castilla Agrícola: 823 análisis (864.9 ha)
- Riopaila Agrícola: 663 análisis (582.8 ha)
- Castilla Industrial, con 516 análisis (345.3 ha).



Anexo Informe Anual 2020

En comparación con el año 2019, los niveles de incidencia para SCYLV, RSD y LSD permanecieron estables en el 2020:

SCYLV: 10.7%  
RSD: 0.2%  
LSD: 0.1%

- En 2308.7 ha de lotes comerciales los niveles de incidencia para RSD, LSD y SCYLV fue de 0.5%, 0.2% y 14.8%, respectivamente.
- En 4560.8 ha evaluadas de lotes semilleros la incidencia para RSD y LSD fue de 0.1% y de 8.6% para SCYLV.

En cuanto al virus de la hoja amarilla las variedades SP 71-6949 y CC 10-450 mostraron altos niveles de incidencia:

SP 71-6949: 35.4%  
CC 10-450: 27.2%

Le siguen CC 01-1940 (19.3%), CC 00-3257 (13.8%) y CC 98-72 (11.6%).

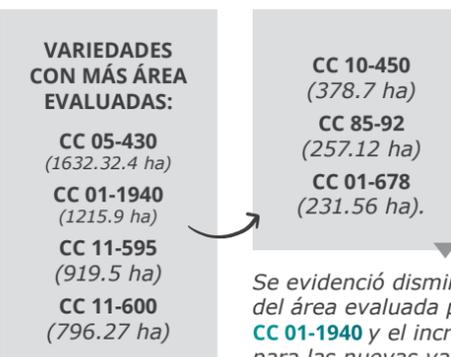
Se observaron variedades con incidencia por debajo del 10% como:

CC 01-678: 9.7%    CC 11-497: 6.8%  
CC 11-600: 8.1%    CC 09-535: 5.7.8%

Con respecto a los niveles de incidencia para virus de la hoja amarilla en la mayoría de ingenios y proveedores se observó una disminución en comparación al 2019:

- Marialuisa de 14.4% a 4.2%
- Castilla Agrícola de 13.5% a 10.2%
- Riopaila Castilla (industrial) de 11.2% a 9.5%
- Riopaila Agrícola, 10.5% a 9%
- Pichichí 10.3% a 5.5%
- Risaralda de 8.4% a 2.4%
- Manuelita de 7.5% a 5.6%

\*Datos al 31 de diciembre de 2020



Se evidenció disminución del área evaluada para **CC 01-1940** y el incremento para las nuevas variedades CC.

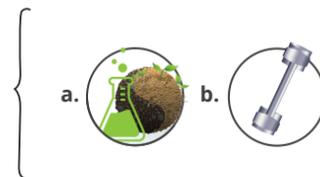


Escanee el código QR para consultar los servicios de sanidad de Cenicafé.



## 05 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 2020.



### a. Análisis de suelos y tejido foliar

5950 muestras procesadas:

- **2030 muestras de suelos** (74.1% solicitudes de donantes y 25.9% análisis internos para la investigación).
- **3920 de tejido foliar** (18.6% solicitudes de donantes y 81.4% análisis internos para la investigación).

### b. Análisis de cromatografía

6869 muestras procesadas:

- 3804 correspondieron a análisis de azúcares como sacarosa, glucosa, fructuosa y glicerol.
- 3065 a ácidos orgánicos como indicadores de deterioro y contaminación en procesos de fermentación y en pérdidas de sacarosa.

\*Datos al 31 de diciembre de 2020

Escanee el código QR para consultar los servicios de laboratorios.



## 06 Red de Grupos de Transferencia de Tecnología en 2020

### Ingenio Incauca

Febrero

- Participantes: 122 cultivadores.
- Temas: beneficios de la cosecha mecánica y la aplicación de maduradores, diseño de campo, piloto automático, mapas de productividad y aplicación de maduradores con dron.

Julio (virtual)

- Participantes: 90 cultivadores.
- Temas: características y resultados de las variedades CC 05-430 y CC 11595 y conocer el estado general de las variedades en Incauca.

Octubre (virtual)

- Participantes: 81 cultivadores.
- Temas: importancia de las tecnologías de cosecha y la evaluación de labores.

### Ingenio Pichichí

Febrero

- Participantes: 30 agricultores.
- Temas: proceso para la obtención de semilleros sanos, importancia del diagnóstico de enfermedades, evaluación en campo de opciones varietales para los ambientes semiseco y húmedo.

### Ingenio Providencia

Marzo

- Participantes: 75 cultivadores.
- Temas: prácticas en campo para reconocimiento de plagas (Salivazo y Diatraea), enfermedades y su control.

Septiembre (virtual)

- Temas: Lanzamiento del Club Pro – ingenio Providencia.



Anexo Informe Anual 2020

### Ingenio Mayagüez

Marzo

- Participantes: 22 cultivadores.
- Temas: proceso de elaboración de la vinaza y conocer los beneficios de su aplicación como complemento a la fertilización.

Octubre

- Participantes: 12 cultivadores.
- Temas: reconocimiento de plagas (Salivazo y Diatraea).

### Ingenio Risaralda

Febrero

- Participantes: 52 cultivadores.
- Temas: manejo de herramientas web.

Marzo

- Temas: foro en el tema de cosecha mecánica: diseño de campo para una adecuada cosecha, cosecha mecanizada autoguiada, labores de campo requeridas después de la cosecha, impacto de la cosecha mecanizada en el rebrote, altura y diámetro de la caña, efecto en la compactación del suelo, proyección de la cosecha mecanizada en el ingenio Risaralda.

Julio (virtual)

- Participantes: 38 cultivadores.
- Temas: Resultados de productividad de las variedades de ambiente semiseco CC 05-430 y CC 09-066 y los avances en la evaluación de la maduración.

Noviembre (virtual)

- Participantes: 39 cultivadores.
- Temas: características de las zonas climáticas homólogas del valle del río Risaralda y norte del valle del río Cauca, situación climática actual y las proyecciones climáticas del 1er trimestre del 2021.

### Ingenio Manuelita

Agosto

- Participantes: 86 cultivadores.
- Temas: Resultados de productividad de las variedades de ambiente semiseco CC 01-678, CC 05-430 y CC 09-066. Variedades CC 91-1606 y CC 11-600.

### Ingenio Riopaila - Castilla (planta Castilla)

Septiembre (virtual)

- Participantes: 51 cultivadores.
- Temas: opciones varietales para los ambientes semiseco y húmedo y resultados de productividad de las variedades en la planta Castilla.

### Ingenio Carmelita

Septiembre

- Participantes: 18 cultivadores.
- Temas: el Balance Hídrico, como herramienta para la programación del riego y los parámetros requeridos.

### Ingenio Sancarlos

Octubre (virtual)

- Participantes: 11 cultivadores.
- Temas: las labores de riego mediante mediciones de caudales, tiempos de riego y adecuación de las áreas a regar.

Escanee el código QR para consultar los videos de las reuniones de la Red GTT realizados de manera virtual.



## Documentos de Cenicaña registrados en la base de datos bibliográfica en 2020

Alarcón Ríos, A. (2020). Clarificación y filtración de jugos de caña: curvas de titulación en jugos, caracterización de insumos en la clarificación y preparación de lodos. [Informe final del Contrato estudiante en práctica, Ingeniería Química]. Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería Química; Cenicaña.

Angel Salazar, J.S. (2020). Establecimiento de un protocolo de bioensayo para la prueba de toxicidad de proteínas extraídas de *Bacillus thuringiensis* sobre el barrenador del tallo de caña de azúcar, *Diatraea* spp. [Informe final del Contrato estudiante en práctica, Ingeniero Agrícola]. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. Facultad de Ingeniería y Administración, Cenicaña.

Aristizabal Carvajal, J.C. (2020). Instrumentación y modificación del equipo para la medición de energía específica de impacto. [Informe final del Contrato estudiante en práctica, Ingeniero Mecánico]. Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería; Cenicaña.

Banguera Colorado, S. (2020). Análisis de jugo de caña por método primario y por espectrofotómetro infrarrojo cercano (NIR). [Informe etapa productiva. Técnico en Aislamiento de laboratorios de microbiología y biotecnología]. Sena, Cenicaña.

Benavides Pasaje, S.J. (2020). Determinación de azúcares y ácidos orgánicos vía cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC de materiales de procesos azucareros y alcoholeros. Informe final estudiante en práctica. [Informe etapa productiva. Técnico en Aislamiento de laboratorios de microbiología y biotecnología]. Sena, Cenicaña.

Domenech, M.B., Amiotti, N.M., Costa, J.L. and M. Castro Franco (2020). *Prediction of topsoil properties at field-scale by using C-band SAR data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 93 Dec. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102197>

Franco Ospina, D.M. (2020). Desarrollo de una estrategia complementaria para la gestión del mantenimiento valoración de subproductos del proceso sucroenergético y estrategias para el incremento del desempeño de los sistemas de cogenera-

ción. [Informe final estudiante en práctica. Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería] Universidad del Valle, Cenicaña.

García Cortés, C.E. (2020). Uso de drones en el cultivo de la caña de azúcar. *Ventana al Campo*. 1 Sep-Oct.: p.40

Garcés Obando, F.F. (2020). Informe de gestión del director general a diciembre 31 de 2019. Sala general. Cenicaña.

Garcés Obando, F.F. (2020). Cenicaña. 43 años. Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia. Asume nuevo Director General. *Ventana al Campo*. 1 Sep-Oct.: p.40-43

Gómez Rojas, E.Y. (2020). Apoyo en la implementación de la metodología para cuantificación de porcentaje de humedad total, porcentaje de cenizas y poder calorífico superior en biomasa (bagazo). [Informe etapa productiva. Técnico en análisis de muestras químicas]. Sena. Cenicaña.

Henao Millán, L.F. (2020). Xilitol: estado del arte pretratamiento de RAC por post-hidrólisis ácida. Clarificación de miel B: Estado del arte tratamiento con ácido caliente y centrifugación ácida. [Trabajo de grado, Microbiología Industrial]. Universidad ICESI. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Bioquímica; Cenicaña.

Londoño Sánchez, C., Montoya Lerma, J. and G.A. Vargas Orozco. (2020). *The gregarious parasitoid Cotesia flavipes displays a high level of preadaptation to a novel host, Diatraea indigenella. Biocontrol*, 65(1) Feb. 2020: 37-46. <https://doi.org/10.1007/s10526-019-09980-y>

Mendoza Castiblanco, C.J., Carbonell González, J.A. and Lasso, J.J. (2020). *Comparison of Surface and Subsurface Water Distribution Uniformity Under Center Pivot Irrigation System for Sugarcane in Colombia. Sugar Tech*, 22 (6) Dic. 2020. 1032-1037. <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00864-5>

Octopus Force and Cenicaña. (2020). Estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de nuevos productos asociados al xilitol, a partir de la caña de azúcar. Cali. Cenicaña 219 p.

Preciado Vargas, M., Chica Ramírez, H.A., Solarte Rodríguez, E., Carbonell González, J.A. y A.J. Peña Quiñones. (2020). *Regional wind pattern, a basis for defining the appropriate lapse of time for sugarcane burning in the Cauca Valley (Colombia). Environment,*



Anexo Informe  
Anual 2020

*Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00992-8>

Quintero Sánchez, D. (2020). Determinación de azúcares y ácidos orgánicos vía cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC de materiales de procesos azucareros y alcoholeros. [Informe etapa productiva. Tecnólogo en Procesos biotecnológicos aplicados a la industria]. Sena. Cenicaña.

Román Alzate, M.A. (2020). Determinación de ecuación para estimar límite superior (zona lábil) de la zona metaestable en la cristalización de azúcar. [Trabajo de grado estudiante en práctica, Ingeniería Química]. Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería. Cenicaña.

Tarapues Ipial, H.B. (2020). Desarrollo y evaluación de mecanismos, herramientas y equipos que mejoren el desempeño técnico, logístico y económico de las actividades del proceso CATE. [Tesis Ingeniero Mecánico]. Universidad del Valle. Facultad de Economía; Cenicaña.

Unigarro, C.A. and Villegas Trujillo, F. (2020). *Effects of meteorological variables on sugarcane ripening in the Cauca River Valley, Colombia. Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 50(6) May. 2020: 1-8. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5060815>

[org/10.1590/1983-40632020v5060815](https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5060815)

Usman Díaz, D. (2020). Implementación de metodologías para la determinación cenizas conductimétricas y sulfatadas en materiales del proceso de elaboración de azúcar y etanol. [Trabajo de grado estudiante en práctica]. Técnico en Análisis de Muestras Químicas. SENA, Cenicaña.

Velez Montenegro, J.C. (2020). Evaluación de hidrotenedor REON en el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. [Trabajo de grado, tesis. Ingeniería Agronómica]. Universidad Nacional de Colombia. Sede Pamira. Facultad de Ciencias Agropecuarias; Cenicaña.

Zea Restrepo, M.D. (2020). Informe final de práctica. Laboratorio de Biotecnología. Programa de Variedades. [Trabajo de grado estudiante en práctica]. Técnico en Alistamiento de laboratorios de microbiología y biotecnología. Sena, Cenicaña



Escanee el código QR para consultar los servicios de la biblioteca Guillermo Ramos Núñez, de Cenicaña.





## APÉNDICE

Contenido

- 01 Pág  
103 Comités de Investigación en 2020.
- 02 Pág  
105 Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2020.
- 03 Pág  
108 Convenios y acuerdos de cooperación suscritos en 2020.
- 04 Pág  
108 Registros de derechos de obtentor de variedades en 2020.
- 05 Pág  
109 Capital humano en 2020.
- 06 Pág  
109 Personal profesional (a 31 de diciembre de 2020).



Apéndice Informe  
Anual 2020

01

## Comités de Investigación en 2020

### Comité de Campo

#### Junio 11

- Informe del Director General.
- Informe del clima y pronósticos.
- Productividad de la agroindustria de la caña de Colombia. Consolidado 2019 y comparativo 2018 - 2019.
- Discusión propuesta nuevo enfoque de selección y desarrollo de variedades.
- Discusión propuesta de investigación en agronomía del cultivo.

#### Septiembre 16

- Informe del Director General.
- Informe del clima y pronósticos.
- Productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Dinámica de población y acumulación de sacarosa en algunas variedades de caña de azúcar.
- Estrategias para mejorar la producción y acumulación de sacarosa.

#### Diciembre 2

- Reglamentación sobre el uso adecuado de los drones para la fumigación aérea de la caña de azúcar.
- Informe del Director General.
- Informe del clima y pronósticos.
- Productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Respuesta de las variedades de húmedo de la serie 11 a la cosecha mecánica.
- Avances de la selección de variedades para ambientes semisecos.
- Respuesta de las variedades CC 01-1940 y CC 11-600 a la fertilización con potasio.

### Comité de Variedades

#### Diciembre 17

- Censo varietal de variedades promisorias.
- Resultados de los estados de selección del ambiente de piedemonte y la prueba regional establecida en la Hacienda San Antonio.

### Comité de Cosecha

#### Septiembre 23

- Informe del clima y productividad.
- Informe de avance: equipo alzador de caña de repique.
- Informe de avance: Calidad y longitud de trozos en cosecha mecánica.
- Proyecto CATE: proyecciones 2021

#### Diciembre 10

- Situación climática y perspectivas.
- Seguimiento del desempeño operativo de alzadora de caña Matriarch.
- Seguimiento pruebas regionales ambiente húmedo, serie 11, plantilla.
- Modelamiento de la cadena de abastecimiento de caña.
- Inyección de etanol en motores turbo diésel.

### Comité de Fábrica

#### Febrero 26

- Informe de la Dirección General.
- Clima y productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Productos de investigación de los proyectos de mejores prácticas de operación y recuperación de sacarosa.
- Impacto del ácido aconítico en el proceso de producción de azúcar y alcohol: primeros hallazgos.
- Indicadores de desempeño fabril.
- Coordinación actividades en ingenios.
- Capacitaciones realizadas 2019.
- Capacitaciones programadas 2020.

#### Mayo 20

- Informe de la Dirección General.
- Clima y productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Xillitol: Estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.
- Productos de investigación del proyecto: Mitigación del impacto de la calidad de la materia y condiciones del proceso sobre el color del producto final.
- Informe de resultados de inventario de huella de carbono.
- Capacitaciones 2020.
- Indicadores de desempeño fabril.

**Agosto 12**

- Informe de la Dirección General.
- Clima y productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Avances capacitaciones 2020.
- Piscinas de enfriamiento: un descuido muy costoso.
- Actualización de la metodologías para la caracterización físico química de combustibles biomásicas.
- Xilitol: una alternativa para el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos generados en la producción de azúcar.
- Proyecto: Análisis del impacto técnico y ambiental del uso de biomasa de caña de azúcar como combustible y del potencial de aprovechamiento de las cenizas de combustión.
- Indicadores de desempeño fabril.

**Noviembre 18**

- Informe de la Dirección General.
- Clima y productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Línea base de impurezas que impactan en la etapa de cristalización.
- Fumigación de etanol a motores turbo diésel.
- Fibra y herramientas desarrolladas para su caracterización.
- Proyectos nuevos: Desarrollo de herramientas para el diagnóstico rápido y control de fuentes de pérdidas indeterminadas de sacarosa.
- Agenda capacitaciones 2021.
- Comité de Sanidad Vegetal.

**Junio 24**

- Balance Fitosanitario del primer semestre del 2020.
- Actualidad de roya naranja, virus de la hoja amarilla, barrenadores Diatraea y salivazo Aeneolamia varia.

**Noviembre 25**

- Herramientas epidemiológicas aplicadas al análisis de riesgo de las royas café y naranja de la caña de azúcar: casos ingenios Sancarlos y Mayagüez.
- Riesgos en la producción orgánica certificada: política de insumos fitosanitarios y residualidad en producción vegetal.
- Apoyo al control de la plaga de salivazo en cultivos de caña de azúcar del valle geográfico del río Cauca utilizando inteligencia artificial.

**Comité de Maduración****Julio 14**

- Estado actual de la revalidación de las dosis de maduradores en caña de azúcar.
- Informe de maduración del año 2019 por parte de los ingenios.

**Septiembre 10**

- Estado actual de la revalidación de las dosis de maduradores en caña de azúcar Syngenta.
- Dinámica de acumulación de sacarosa en dos nuevas variedades de caña de azúcar.
- Respuesta de algunas nuevas variedades a la maduración.

**Diciembre 3**

- Comparación de la eficiencia agronómica de los madurantes Bonus(r) y Tronnuspac en la variedad CC 01-1940. Castilla Agrícola.
- Revalidación de la dosis del producto Tronnuspac como madurante en las variedades Cc 01-1940, Cc 11-600 y CC 85-92.
- Respuesta de algunas nuevas variedades a la aplicación de madurantes.

**Comité de Transferencia de Tecnología****Julio 15**

- Informe del Director General.
- Avances en transferencia de tecnología.
- Situación de la asistencia técnica en los ingenios.

**Diciembre 9**

- Informe del Director General.
- Avances en transferencia de tecnología.
- Proyección y propuestas.

Escanee el código QR para consultar las memorias de las reuniones de los comités de investigación.



Apéndice Informe  
Anual 2020

02

**Participación del personal en actividades de intercambio, capacitación y actualización profesional en 2020**

EVENTOS / ENTIDAD ORGANIZADORA / LUGAR	FECHA	PARTICIPANTES
Audidores Internos ISO 14064 – GEI / Asocaña / Cenicaña	Enero 15 - Febrero 7	B. Múnera, N. Gil
Seminario Biorefinería / Solenis Colombia / Cenicaña	Febrero 4	C. Prieto, J. Rodríguez, J. Sierra
Seminario Utilities / Solenis Colombia / Cenicaña	Febrero 5	J. Lucuara, J. Sierra
Procesos bioquímicos: mejoras y alternativas energéticas a partir biomasa / Icesi / virtual	Septiembre 4 - 23	D. Yépez, B. Múnera
Incertidumbre de la medición en laboratorios / SGC LAB / Virtual	Octubre 9	L. Arévalo
Curso Regulación y Viabilidad Económica en Proyectos de Biogas / Centro Internacional de Energías Renovables / Virtual	Octubre 15, 16, 22 y 23	J. Lucuara, B. Múnera
Análisis de la utilización del RAC como fuente alternativa para la cogeneración / Asocaña - Sena - Cenicaña / Virtual	Noviembre 5 - Diciembre 17	N. Gil, J. Lucuara
II Simposio para industrias reguladoras, normatividad - trazabilidad y productividad / Annar / Virtual	Noviembre 24 - 27	J. Sierra
Capacitación morfología roya naranja / Universidad Nacional de Colombia-sede Medellín / Medellín	Enero 22	M. Montoya
Actualización ISO/IEC 17025: 2005 / IQS Ltda / Virtual	Enero - junio	E. Rincón, L. Donneys
Webinar La ciencia, la tecnología y la innovación en Colombia después del gran aislamiento. Realidades, perspectivas y buenas prácticas / UAN / Virtual	Abril 30	J. Vélez
IV encuentro de semilleros de investigación / UNAD / Virtual	Mayo 15	Y. Sarria
Seminario de biotecnología Estudios moleculares con virus / Universidad Nacional de Colombia / Virtual	Mayo 19	E. Rincón, M.
Taller de diagnóstico y detección por laboratorio del nuevo Coronavirus / Secretaría de Salud	Mayo 28	L. Donneys
Webinar Herramientas fenómicas y genómicas para acelerar la ganancia genética de los cultivos / Ascolfi / Virtual	Junio 5	E. Rincón, Y. Sarria, M. Montoya
Capacitación ddPCR-Biotecnología. AM Ltda / AM Ltda / Virtual	Junio 19	E. Rincón, L. Donneys, M. Montoya, J. Ángel, J. Pastrana
Webinar Obtención de cultivares de Capsicum spp. resistentes a P. capsici L. / Ascolfi / Virtual	Junio 26	E. Rincón, J. Vélez, J. Botina, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.
Webinar Ascolfi ¿Cómo mejorar la calidad sanitaria de la semilla durante su producción? / Ascolfi / Virtual	Julio 10	E. Rincón, J. Vélez, J. Botina, A. Gil, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.
Webinar Orígenes de la vida y su relación con los virus / Ascolfi / Virtual	Julio 31	L. Donneys, J. Botina, J. Ángel.
Webinar de Caña de Azúcar / CREA Región NOA	Agosto 6	J. Vélez
Webinar Amenaza fitosanitarias de las Musaceas: pensando más allá de la raza 4 tropical de Fusarium / Ascolfi / Virtual	Agosto 14	E. Rincón, J. Vélez, J. Botina, A. Gil, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.

EVENTOS / ENTIDAD ORGANIZADORA / LUGAR	FECHA	PARTICIPANTES
Diplomado en Sanidad Vegetal / Politécnico de Sur América	Agosto 17	Y. Sarria
Diversidad genética de Begomovirus infectando plantas cultivadas y arvenses en Brasil / Ascolfi / Virtual	Agosto 28	E. Rincón, J. Vélez, J. Botina, A. Gil, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.
X cursillo CIBioFi Análisis de microbiomas aplicados a la agricultura / CIBioFi / Virtual	Septiembre 10	M. Montoya
Introducción a las tecnologías de secuenciación NGS de segunda y tercera generación / Centro nacional de secuenciación genómica-CNSG / Virtual	Septiembre 16	M. Montoya
Webinar Introducción a las tecnologías de secuenciación NGS / Universidad de Antioquia / Virtual	Septiembre 16	A.
Webinar Royas de Colombia, su diversidad, importancia y nuevos registros / Ascolfi / Virtual	Septiembre 25	E. Rincón, J. Botina, A. Gil, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.
Webinar Ascolfi: Estado actual del achaparramiento del maíz en Colombia / Ascolfi / Virtual	Octubre 9	E. Rincón, J. Botina, G. Castaño, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.
Next generation microbiology / Centro Nacional de Secuenciación Genómica-CNSG / Virtual	Octubre 14	M. Montoya
Webinar Nuevos enfoques para el manejo sanitario en caña de azúcar / Asociación Argentina de Fitopatología / Virtual	Octubre 15	E. Rincón, J. Botina, G. Castaño, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel, J. Pastrana.
V simFito: Palestras em virologia / Universidad de Brasilia / Virtual	Octubre 20	M. Montoya
Seminario técnico y virtual de la Guayaba regional y su agroindustria / Agrosavia / Virtual	Octubre 20	Y. Sarria.
Webinar Principales riesgos fitosanitarios en plantaciones de Pinus y Ecalyptus en Colombia / Ascolfi / Virtual	Octubre 23	E. Rincón, S. Henao, Y. Sarria, M. Montoya, J. Ángel.
Primer Congreso Argentino de las Semillas Germinando nuevas ideas / ALAP, Universidad Nacional de Córdoba.	Noviembre 3	L. Bohórquez
Uso de bioproductos en caña de azúcar / EEAOC y Brucke Agro / Virtual	Noviembre 5	J. Vélez
Sistema productivo de los cítricos y manejo del patosistema Diaphorina citri - HLB en Colombia / Agrosavia / Virtual	Noviembre 19	Y. Sarria
Manejo de suelo y agronómico del cultivo de ñame / Agrosavia / Virtual	Noviembre 23	Y. Sarria
Diplomado Aplicación de la tecnología VANT en la Agricultura / Universidad del Valle - SENA	Octubre - Diciembre	G. Castaño
Conexión Internacional / Tecnicaña - Procaña / Virtual	Noviembre 3 - 6	M. López, F. Muñoz, M. Castro, L. Collazos, F. Hoyos, A. Cepeda, C. Muñoz, F. Villegas, A. Criales, A. García, S. Guzmán, S. Alarcón, M. Pizarro, L. Jiménez.
Panel de evaluadores nacionales convocatoria Cierre de brechas tecnológicas del sector agropecuario a través del fortalecimiento de capacidades I+D+I (innovación y desarrollo) / Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación de Colombia / Bogotá	Febrero 27 y 28	M. Castro
Expoagro 2020 Argentina / AGTECH - Argentina / Buenos Aires, Argentina	Marzo 9 - 13	M. Castro
Sistematazacao de culturas utilizando o AgroCAD	Mayo 25 - 28	A. Estrada
Segundo Seminario Internacional Online sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / Virtual	Noviembre	A. Estrada

↪  
Continúa



Apéndice Informe  
Anual 2020

EVENTOS / ENTIDAD ORGANIZADORA / LUGAR	FECHA	PARTICIPANTES
Webinar: Ingeniería de confiabilidad / Aciem / Virtual	Mayo 20	C. Muñoz
Webinar Gerencia estratégica de mantenimiento Aceim / Virtual	Junio 12	C. Muñoz
Webinar Gestión de activos según norma ISO-55000 Aceim / virtual	Junio 21	C. Muñoz
Webinar AgroCad / TecGraf / Virtual	Junio 21	C. Muñoz
Webinar Modelo biofísico para estimar rendimiento caña de azúcar Tecnicaña / Virtual	Septiembre 16	C. Muñoz
Webinar Estrategias ahorro energético	Octubre 14	C. Muñoz
Diplomado en Gerencia de proyectos / Icesi / Virtual	Octubre - Diciembre	F. Garcés, F. Muñoz, A. Estrada, A. Arenas, M. López, J. Riascos, L. López, F. Silva, F. Salazar, E. Anderson, J. López, L. Mosquera, J. Rodríguez, N. Gil, J. Valencia, Z. Daza, L. Arévalo, J. Lucuara, J. Calpa, D. Posada, F. Villegas, L. González. C. Viveros.
Foro Monitoreo Integral del agua: cantidad y calidad / Minambiente, Ideam, Embajada Suiza en Colombia / Virtual	Mayo 21	F. Hoyos
Seminario de costos de producción en caña: Las tierras valen por lo que producen / Procaña / Virtual	Junio 3 - 4	F. Hoyos
Embajadores del azúcar - Sena Asocaña / Convenio Sena - Asocaña / Virtual	Diciembre 1 - 3	F. Hoyos, M. Rodríguez
El monitoreo como herramienta de posicionamiento estratégico de los Fondos de Agua de Colombia / Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua	Diciembre 1 - 2	F. Hoyos.
ReiniSIACmos el Sector Ambiente-Transformación digital en el sector ambiente / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / Virtual	Octubre 7 - 9	A.
Curso de líderes sectoriales / Convenio Sena - Asocaña / Virtual	Octubre - Diciembre	F. Villegas
Diplomado en formación de profesionales en gestión y transferencia de tecnología / BID, Alianza del Pacífico, Tecnológico de Monterrey / Virtual	Noviembre - Diciembre	S. Alarcón
Encuentro-Taller Apropriación Social del Conocimiento y su impacto regional: Lineamientos técnicos para la comunicación de la ciencia y la divulgación científica / Red Colombiana de Información Científica / Icesi	Febrero 27	M. Rodríguez
Taller Ciencia para contar la ciencia / Icesi / Icesi	Marzo 6 - 9	M. Rodríguez, H. Silva
Diplomado en Formación de líderes para el desarrollo local basado en Ciencia, Tecnología e Innovación Transformativa. énfasis 1: Sistema General de Regalías - Enfoque Diferencial étnico / Univalle / Virtual	Octubre - Diciembre	L. Mosquera, M. Rodríguez.
Foro de Periodismo Científico / Foro de Periodismo Científico / Virtual	Agosto 24 - 26	M. Rodríguez

## 03

## Convenios y acuerdos de cooperación suscritos en 2020

- Fundación para la Investigación Azucarera del Ecuador (FIADE).**  
*Enero*  
 Intercambio y evaluación de variedades de caña de azúcar.
- Universidad de San Buenaventura.**  
*Enero*  
 Convenio marco de cooperación para establecer bases para una cooperación recíproca orientada a la promoción de proyectos y realización de los propósitos que le sean comunes y de interés en los campos académico, de investigación, extensión.
- Tecnología en Computación Gráfica Ltda. (TECGRAF).**  
*Marzo*  
 Desarrollo de programas o proyectos de cooperación y/o complementación de carácter científico, técnico y/o de investigación u otro tipo de actividades en áreas de mutuo interés.
- Universidad del Tolima.**  
*Marzo*  
 Convenio de Cooperación para el desarrollo de prácticas académicas, pasantías y/o servicio social.
- Universidad Nacional De Colombia.**  
*Marzo*  
 Convenio de apoyo interinstitucional para el desarrollo de prácticas universitarias.
- Oficina de las naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (Unodc).**  
*Julio.*  
 Carta de entendimiento para la cooperación entre las partes para promover metas y objetivos para el desarrollo socioeconómico de las regiones y comunidades productoras del cultivo de la caña de azúcar y panela, a través del fomento de la producción y comercialización de productos de la caña de azúcar y panela.

## 04

## Registros de derechos de obtentor de variedades en 2020

Ante el ICA, Cenicaña tiene 32 variedades registradas con derechos de obtentor. El 24 de septiembre de 2020 se otorgó certificado por un período de veinte años consecutivos, a las siguientes variedades:

NO.	EXPEDIENTE	VARIEDAD	RESOLUCIÓN
1	A182393	CC 00-3257	76462
2	A182394	CC 01-746	76463
3	A182395	CC 05-231	76474
4	A182396	CC 05-430	76465
5	A182397	CC 09-066	76466
6	A182398	CC 09-535	76467
7	A182399	CC 09-874	76468
8	A182400	CC 10-450	76469
9	A182401	CC 11-600	76470
10	A182402	CC 91-1606	76471



Apéndice Informe  
Anual 2020

05 **Capital humano en 2020**

Durante el 2020, Cenicaña contó con 252 colaboradores para el desarrollo de los proyectos de investigación, así:

99 personas de nivel profesional, de los cuales 2 de ellos con Postdoctorado, 12 con doctorado, 21 con maestría, 64 con pregrado; 51 personas de apoyo en investigación y servicios, 80 trabajadores de campo, y 8 aprendices del Sena. En trabajo de grado y pasantía estuvieron 14 estudiantes de distintas disciplinas.

- Durante el año 2020 se presentaron seis retiros de personal por motivo de pensión, de los cuales 2 pertenecían al personal de campo y 4 al personal de apoyo en investigación y servicios.
- Durante el segundo semestre del año se culminó el proceso de selección para el cargo de Director de Variedades, el cual se venía adelantando de tiempo atrás, con candidatos tanto externos como internos. Fue designado

## 06

## Personal profesional (a 31 de diciembre de 2020)

### Dirección General

**Freddy Fernando Garcés Obando.** Director General. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

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

### 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. Administrador de Empresas.

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

### Programa de Variedades

**John Jaime Riascos Arcos.** Director Programa de Variedades. Biólogo, Postdoctorado.

**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.

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

**Leonardo Fabio Rivera Pedroza.** Entomólogo. Biólogo, Ph.D.

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

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

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

**Leidy Diana Donneys Velasco.** Coordinadora Laboratorio Diagnóstico Enfermedades, Bacteriología.

**Fernando Silva Aguilar.** Fitomejorador. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

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

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

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

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

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

**Alejandra Londoño Villegas.** Asistente de investigación. Bióloga, M.Sc.

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

**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 Angel Cagüenas Parra.** Ingeniero Agrónomo, Ingeniero Agrónomo.

**Viviana Marcela Aya Vargas.** Investigador Temporal, Bióloga

## Programa de Agronomía

**Miguel Angel López Murcia.** Director Programa de Agronomía, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

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

**Fanny Hoyos Villada.** Ingeniera de Suelos y Aguas, Ingeniera Agrícola.

**Laura Eleanor Collazos Rivera.** Ingeniera de Suelos y Aguas, Ingeniera Agrícola.

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

**Yeison Mauricio Quevedo Amaya.** Fisiólogo, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

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

**Aura Mercedes Cepeda Quevedo.** Investigador Temporal, Ingeniera Agrónoma.

**Mauricio Castro Franco.** Investigador Agricultura de Precisión, Ingeniero Agrónomo, Posdoctorado.

**Michael Andrés Arredondo Mendoza.** Ingeniero Topógrafo, Ingeniero Topográfico.

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

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

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

**Efraín Camilo Muñoz Montenegro.** Ingeniero Mecánico cosecha, Ingeniero Mecánico.

**John Felipe Sandoval Pineda.** Maduración, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

## Programa de Procesos de Fábrica

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

**María Alejandra Gómez Duque.** Química, Química

**Geyzar Alejandra Trochez Sánchez.** Química, Química.

**Kimberly Gutiérrez Castellanos.** Química, Química.

**Sylvana Posso Hernández.** Química, Química.

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

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

**Sebastián Mercado Guerrero.** Químico, Químico.

**Liliana Patricia Echeverri Sandoval.** Tecnóloga Química, Bioquímica.

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

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

**Joan Sebastián Luna Martínez.** Ingeniero Químico, Ingeniero Químico.

**Dario Fernando Yepez Vela.** Ingeniero Químico, Ingeniero Químico.

**Andrea Agudelo Cifuentes.** Ingeniera Química, Ingeniera Química.

**Lina Marcela Arévalo Hurtado.** Ingeniera Química, Ingeniera Química.

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

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

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

**Julián Esteban Lucuara Medina.** Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecánico.

**Julián David Montes Posso.** Ingeniero Mecánico, Ingeniero Mecánico.

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

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

**Jhon Andrés Tierradentro Muñoz.** Ingeniero Electrónico, Ingeniero Electrónico.

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

## Servicio de Análisis Económico y Estadístico

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

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

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

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



Apéndice Informe  
Anual 2020

## Servicio de Cooperación Técnica y Transferencia de Tecnología

**Fernando Villegas Trujillo.** Jefe SCTT, Ingeniero Agrícola, M.Sc.

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

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

**Sandra Patricia Guzmán Rivera.** Ingeniera Agrónoma Grupos Transferencia de Tecnología, Ingeniera Agrónoma.

**María Claudia Pizarro Esguerra.** Ingeniera Agrónoma, Ingeniera Agrónoma.

**Liliana Jiménez Lozano.** Ingeniera Agrónoma Grupos Transferencia de Tecnología, Ingeniera Agrónoma.

**Sandra Lorena Alarcón Muriel.** Ingeniera Agrícola, Ingeniera Agrícola, M.Sc.

**Nathalia González López.** Ingeniera Agrícola, Ingeniera Agrícola.

**Angela Liliana Criales Romero.** Agrónoma de Transferencia, Ingeniera Agrícola, M.Sc.

**Alejandro García Materón.** Agrónomo de Transferencia, Ingeniero Agrónomo.

## 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.

**William Berrío Martínez.** Ingeniero de Sistemas, Ingeniero de Sistemas.

**Julián Eduardo Antia Castaño.** Ingeniero de Redes y Telecomunicaciones, Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones.

**Mauricio Peña Parra.** Ingeniero de Redes, Ingeniero Electrónico.

**Jorge Alexander Celades Martínez.** Tecnólogo de Comunicaciones, Ingeniero Electrónico.

**Weymar Yesid Narvaez Sabogal.** Auxiliar de Mantenimiento, Ingeniero de Sistemas.

**Oswaldo Villafuerte Pérez.** Ingeniero de Sistemas, Ingeniero de Sistemas.

**Edgar Gustavo Navarro Renza.** Ingeniero de Sistemas, Ingeniero de Sistemas.

## Servicio agroClimático

**Mery Esperanza Fernández Porras.** Encargada Servicio Agrometeorología, Meteoróloga, M.Sc.

## Servicio Gestión del Conocimiento

**Adriana Arenas Calderón.** Jefe Servicio Gestión del Conocimiento, Bibliotecóloga, M.Sc.

**Diana Marcela Posada Zapata.** Biblioteca Digital, Bibliotecóloga.

## Superintendencia de la Estación Experimental

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

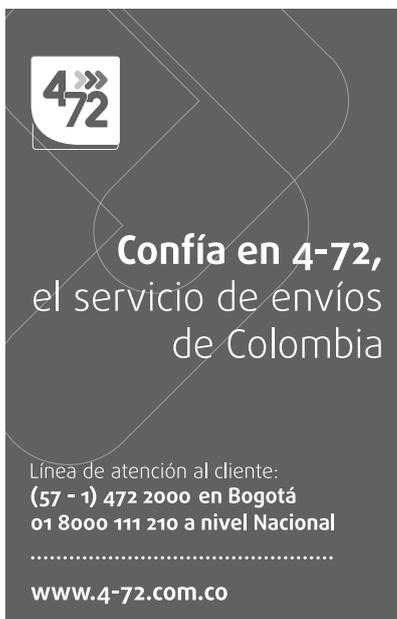


## REFERENCIAS

- Laetsch DR, Blaxter ML. 2017. *BlobTools: Interrogation of genome assemblies [version 1; peer review: 2 approved with reservations]*. F1000Res. 6:1287
- Simão FA, Waterhouse RM, Ioannidis P, Kriventseva EV, Zdobnov EM. 2015. *BUSCO: assessing genome assembly and annotation completeness with single-copy orthologs*. *Bioinformatics*. 31(19):3210–12

## ACRÓNIMOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS

- Aeps:** Agricultura específica por sitio.
- Asoarhuaco:** Asociación de Productores del Pueblo Arhuaco.
- ASTM:** American Society of Testing Materials
- CIDCA:** Centro de Investigación de la Caña de Azúcar.
- EESA:** Estación Experimental de San Antonio de los Caballeros.
- FAI CNP:** Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
- GEE:** Google Earth Engine.
- GWAS:** Genome-wide association study.
- IEA:** International Energy Agency.
- IoT:** Internet Of Things.
- LoRaWAN:** Low Power Wide Area Network
- SAM:** Selección Asistida por Marcadores.
- SWAT:** Soil and Water Assessment Tool.
- TR:** Targeted Re-sequencing.
- UFSCar:** UNIVERSIDADE FEDERAL SÃO CARLOS.



**4-72**

**Confía en 4-72,**  
el servicio de envíos  
de Colombia

Línea de atención al cliente:  
**(57 - 1) 472 2000 en Bogotá**  
**01 8000 111 210 a nivel Nacional**

.....

**www.4-72.com.co**

## **PUBLICACIÓN CENICAÑA**

---

### **COMITÉ EDITORIAL**

Adriana Arenas Calderón  
Fernando Villegas Trujillo  
Freddy Fernando Garcés Obando  
John Jaime Riascos Arcos  
Miguel Angel López Murcia  
Nicolás Javier Gil Zapata  
Margarita Rodríguez

### **PRODUCCIÓN EDITORIAL**

Oficina de Comunicaciones Estratégicas  
*Cenicaña*

### **COORDINACIÓN EDITORIAL**

Margarita Rodríguez

### **DIAGRAMACIÓN**

Taraan Espacio Creativo

### **FOTOGRAFÍAS**

Julio Durán  
Santiago Rivera  
Banco de imágenes de Cenicaña

### **PREPrensa E IMPRESIÓN**

Se terminó de imprimir el 1 de marzo de 2021  
en Velásquez Digital S.A. (Cali, Colombia).



# HACIA UNA REGIÓN + SOSTENIBLE

INFORME **20**  
ANUAL **20**

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

