



cenicaña

Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia

2021

WWW.CENICANA.ORG

INFORME ANUAL



cenicaña

Centro de Investigación de la
Caña de Azúcar de Colombia



WWW.CENICANA.ORG

INFORME ANUAL

INFORME ANUAL 2021

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

I 138 p.; 21 cm

ISSN 0120-5854

Informe Anual 2021 / Centro de Investigación de
la Caña de Azúcar de Colombia. CENICAÑA. – Cali:
Cenicaña, 2022.

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

200 ejemplares

Dirección postal

Calle 38 norte No. 3CN-75
Cali, Valle del Cauca, Colombia

Estación experimental

San Antonio de los Caballeros, Vía Cali Florida km 26
Tel: (57) (602) 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.



Visión
estratégica

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.



Junta directiva 2021 - 2022



Vicente Borrero Calero
Presidente

Einar Anderson Acuña
Secretario

Principales

Vicente Borrero Calero
Gerente, Gerente General
Ingenio Providencia

Gonzalo Antonio Ortiz Aristizabal
Presidente
Incauca S.A.

Pedro Enrique Cardona López
Presidente
Riopaila Castilla S.A.

Mauricio Iragorri Rizo
Gerente General
Ingenio Mayagüez S.A.

Rodrigo Belalcázar Hernández
Gerente General
Ingenio Manuelita S.A.

Henry Sánchez Cortes
Gerente General
Ingenio La Cabaña S.A.

Andrés Rebolledo Cobo
Gerente General
Ingenio Pichichí S.A.

Claudia Ximena Calero Cifuentes
Presidente
Asocaña

Suplentes

Luis Felipe Gaviria Giraldo
Gerente General
Ingenio Risaralda

Edgar Escobar Santacoloma
Gerente de Campo
Incauca S.A.

Gustavo Adolfo Barona Torres
Gerente General AgroRiocas
Riopaila Castilla S.A.

Julio Alberto Bernal Ramírez
Asistente Gerencia General
Ingenio Mayagüez S.A.

Vivianne Armitage Tello
Representante
Ingenio del Occidente

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

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

William David Loaiza Franco
Jefe Gestión Ambiental
Asocaña

Principales

Rodrigo Villegas Tascón
Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

Angela Maria Cabal Barona
Presidente Junta Directiva
Procaña

Carlos Hernando Molina Durán
Representante Junta Directiva
Procaña

Santiago Fernández Vallejo
Azucarí

Suplentes

Jorge Alberto Vallejo Bernal
Representante de los cultivadores
afiliados a Asocaña

Martha Isabel Lince Cabal
Vicepresidente Junta Directiva
Procaña

Carlos Hernando Azcárate Tascón
Representante Junta Directiva
Procaña

Humberto Ramírez Arango
Azucarí

Invitados

Alejandro Amaya Cutiva
Gerente
Ingenio María Luisa S.A.

Tania Marcela Guapache Lozano
Gerente General
Ingenio Pichichí

Carlos Alberto Ledesma
Gerente
Trapiche Lucerna



Comité de la junta

Presidente:
Pedro Enrique Cardona López
Presidente Riopaila-Castilla

Comités de investigación



Comité de campo

Presidente:
Carlos Augusto Arce Ramírez
Gerente de Cañicultura
Ingenio Riopaila-Castilla



Comité de cosecha

Presidente:
Leonardo Yusti Zapata
Director de Cosecha y Maduración
Ingenio Riopaila-Castilla



Comité de fábrica

Presidente:
Santiago Ordúz Ladino
Gerente de Fábrica
Ingenio Carmelita



Comité de maduración

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

Personal directivo 2021



**Freddy Fernando
Garcés Obando**
Director General

Einar Anderson Acuña
Director
Administrativo

Nicolás Javier Gil Zapata
Director
Programa de Procesos de Fábrica

John Jaime Riascos Argos
Director
Programa de Variedades

Miguel Ángel López Murcia
Director
Programa de Agronomía

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

Héctor Alberto Chica Ramírez
Coordinador del Servicio
de Analítica

Mery Esperanza Fernández Porras
Coordinadora del Servicio
de Agroclimatología

Adriana Arenas Calderón
Coordinadora del Servicio
de Gestión del Conocimiento

Jaime Hernán Caicedo Ángel
Jefe del Servicio de Tecnología
Informática-SETI

Luis Eduardo González Buritica
Superintendente, Superintendencia
de la Estación Experimental



Contenido

2021: avanzar y planear para el futuro.

Freddy Fernando Garcés
Director General de Cenicaña
Pág. 7

Cenicaña, un aliado fundamental para la sostenibilidad.

Gonzalo Ortiz
Presidente Incauca
Pág. 10

01

El clima en el valle del río Cauca 2021.

Pág. 12

02

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

Pág. 26

03

Caña de azúcar: base de la agroindustria.

Pág. 42

04

Tecnologías y conocimiento para el manejo del cultivo.

Pág. 62

05

Herramientas y desarrollos para procesos fabriles más eficientes y hacia la diversificación.

Pág. 84

06

Estrategias para impulsar la innovación en la agroindustria de la caña de azúcar.

Pág. 96

07

Gestión de la innovación, del capital humano y la comunicación.

Pág. 104

Anexo

Pág. 113



Mensaje del Director
General de Cenicaña

DIRECTOR

GENERAL

2021:
AVANZAR Y PLANEAR
para el futuro

El año 2021

se caracterizó por una combinación de factores climáticos, económicos y sociales que influyeron de manera importante en los resultados de productividad y de rentabilidad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.

A las condiciones de clima influenciadas por un fenómeno la Niña, la pandemia por el COVID-19 y las alteraciones del orden público se sumaron las condiciones favorables de la economía mundial para que el sector cerrara el año con indicadores positivos, pero al mismo tiempo con retos inaplazables y urgentes. El efecto de variables climáticas como la precipitación modularon los indicadores de producción de caña y sacarosa en campo.

La posibilidad de hacerle frente a esta combinación de factores se soporta en una agroindustria que valora e impulsa la ciencia, la tecnología y la innovación, ya sea desde iniciativas individuales o a través de su Centro de Investigación.

Por esa misma razón, en el 2021 en Cenicaña trabajamos en la construcción de la hoja de ruta que definirá nuestro camino para el próximo cuatrienio 2022 - 2026. En un ejercicio de planeación estratégica en el que participaron ingenios y cultivadores se reflexionó alrededor de la necesidad de recuperar los valores históricos de producción de sacarosa, de encontrar un balance entre biomasa y sacarosa y de disponer de materia prima de calidad para generar energía.

Por supuesto, entre esas prioridades también surgió la necesidad de anticiparse al riesgo a través de procesos más eficientes, de reducir los costos e incrementar las eficiencias en el transporte; también la necesidad de generar valor agregado a través de la diversificación, de promover un compromiso de adopción basado en el costo - beneficio, de fortificar el balance

de azúcar y salud, de acercarnos más a los grupos de interés a través de comunicación y acompañamiento y, finalmente seguir contribuyendo a la sostenibilidad de la industria y las regiones.

Estos 'dolores' de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar nos han guiado en la definición de seis líneas estratégicas a partir de las cuales se buscará que, a través de la innovación, el desarrollo, la investigación y los servicios, Cenicaña siga aportando a la competitividad y rentabilidad de ingenios y cultivadores y al bienestar de la región en el corto, mediano y largo plazo.

Mitigar los efectos la variabilidad climática, avanzar hacia una producción responsable de biomasa, azúcares y energía, impulsar la diversificación, aportar de manera integral a la sostenibilidad del sector y la región, fortalecer el acompañamiento y la adopción de tecnologías y consolidar la eficiencia operativa del campo a la fábrica son las seis líneas estratégicas que guiarán nuestra gestión en los próximos cuatro años.

En articulación con la estrategia institucional y con el objetivo de aportar soluciones a la necesidad de regresar a los niveles históricos de sacarosa en campo y de recuperación en fábrica, en el 2021 lideramos la formulación de dos macroproyectos de investigación que buscan optimizar la ruta de la sacarosa y los costos de las etapas de corte, alce, transporte y entrega de caña del proceso productivo.

En términos de planeación estratégica y estructuración de proyectos el 2021 fue un año importante para Cenicaña, porque nos planteó metas en la generación de conocimiento y el desarrollo y transferencia de tecnología para beneficiar al sector y contribuir al desarrollo sostenible del país.



Pero también fue un periodo de resultados de investigación, oferta de servicios, fortalecimiento de infraestructura tecnológica y adopción de prácticas innovadoras. En ese sentido, vale la pena destacar algunos de ellos, como el incremento en los cruzamientos varietales - de 1,043 cruzamientos en el 2017 a 12,000 en el 2021- para ampliar las alternativas en el desarrollo de las variedades requeridas por la agroindustria; en el marco del proyecto SAM se asociaron marcadores moleculares a la producción de sacarosa que pasarán a su fase de validación; y se constituyeron cuatro centros piloto con los que esperamos definir paquetes tecnológicos con enfoque de Agricultura específica por sitio para el manejo de las variedades promisorias.

Precisamente una de las variedades para las cuales se avanza en el conocimiento de su manejo agronómico es CC 05-430, que este año ocupó más 27,000 hectáreas sembradas en el valle del río Cauca.

El 2021 también dejó resultados en cuanto a la gestión de recursos externos para ampliar el alcance de diferentes iniciativas, como el Programa Integra, que con aportes directos de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) fortalecerá las acciones para la adopción de prácticas sostenibles; y con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se amplió la red de potencial mátrico a 120 estaciones para ser más eficientes en el uso del agua.

Este año, el Servicio de Análisis Económico y Estadístico (SAEE), se transformó en el servicio de Analítica que, con la integración de diferentes disciplinas, tecnologías y conocimiento, apoyará la generación de proyecciones de productividad y de diferentes parámetros para facilitar la toma de decisiones inteligentes en campo y fábrica.

En este mismo sentido, se fortalecieron y desarrollaron herramientas para simular procesos y dinamizar cambios que conduzcan a mejorar la competitividad del sector. La tercera versión de Ceniprof y el lanzamiento de Cenicristal son aportes importantes que contribuyen a los procesos de producción de azúcar, cogeneración de energía y producción de etanol.

Estos avances y resultados de investigación, junto con los lineamientos estratégicos que hemos definido de manera conjunta y los dos macroproyectos serán, sin duda, un soporte fundamental para el presente y el futuro de todos los eslabones de la cadena productiva y del país.

Freddy Fernando Garcés
Director General de Cenicaña

MIEMBRO

CENICAÑA,
UN ALIADO FUNDAMENTAL
para la sostenibilidad

DE LA JUNTA



2021 fue el año

de la reactivación económica del país, con un crecimiento del PIB del 10.6%. La industria azucarera también registró un buen año en términos económicos, gracias a los buenos precios, tanto en el mercado nacional como en el internacional, la tasa de cambio y las productividades de caña obtenidas.

No podemos dejar de mencionar que en 2021 se vivió una de las manifestaciones masivas más significativas en la historia reciente de nuestro país, que obligó a los ingenios a suspender sus operaciones durante aproximadamente 40 días, con las implicaciones de toda índole que esto representó. A pesar de esto, el sector tomó esta situación como una oportunidad de acercamiento a diversos liderazgos sociales y se construyeron articulaciones con las instituciones públicas y demás empresas en espacios de diálogo.

Para el Sector Agroindustrial de la Caña, la labor de Cenicaña ha sido fundamental para su sostenibilidad. Es una institución que siempre ha estado dispuesta a escuchar nuestras necesidades y que estas se traduzcan en planes y proyectos. En el área de campo, sin duda, su principal aporte son las investigaciones y cruces orientados a la consecución de nuevas variedades que han permitido contar con mayores toneladas de caña por hectárea y se continúa trabajando en alcanzar mayores niveles de sacarosa. Sumado a los significativos avances y orientaciones que nos dan en temas de fertilización, manejo de plagas, enfermedades y desarrollo de nuevas tecnologías para la mecanización de las labores del campo.

Adicionalmente, el reciente desarrollo de la tecnología e implementación de la red RTK para el manejo del piloto automático de las cosechadoras a través de la georreferenciación de los surcos, nos ha permitido ser más eficientes en esta labor; así como las valiosas investigaciones para disminuir la materia extraña y el desarrollo tecnológico satelital para la ubicación geográfica de cada uno de los equipos. Finalmente, en la Fábrica hemos contado con el continuo acompañamiento en la identificación y reducción de las pérdidas; así como en el desarrollo de la metodología del cálculo de huella de carbono para el etanol.

Cenicaña, sin duda alguna, es uno de los activos más valiosos del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar y seguiremos trabajando de la mano con este centro de investigación para el crecimiento de nuestro Sector, la región y el País.

Gonzalo Antonio Ortiz Aristizábal
Presidente Incauca



01



EL CLIMA EN EL VALLE



del río Cauca 2021

Condiciones en Colombia



El clima en Colombia durante el 2021 estuvo modulado por la ocurrencia del Fenómeno La Niña en dos momentos:

01

La Niña estuvo activa hasta el mes de mayo, cuando se empezaron a debilitar las condiciones océano-atmosféricas que la caracterizan. Dicho fenómeno favoreció el incremento de lluvias por encima de lo normal (febrero y marzo) así como descensos en la temperatura del aire y la radiación solar.

02

Durante el último trimestre del año surge nuevamente un episodio de La Niña ocasionando lluvias con ligeros a moderados excesos en octubre y noviembre.



Condiciones en el océano Pacífico:

Fenómeno La Niña



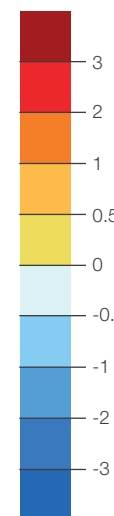
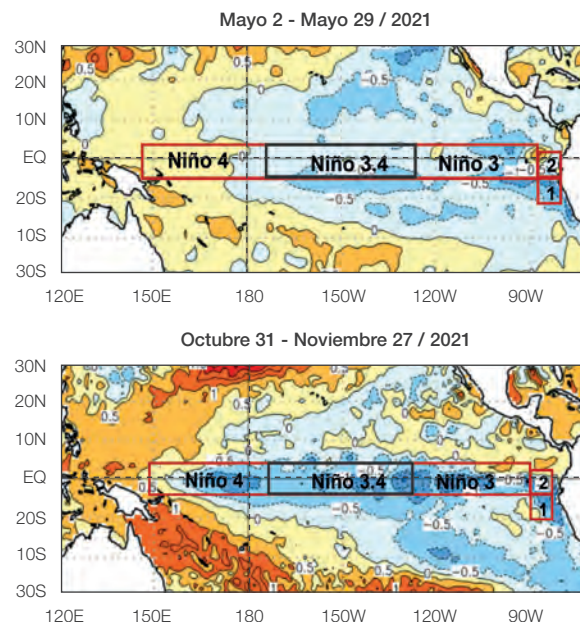
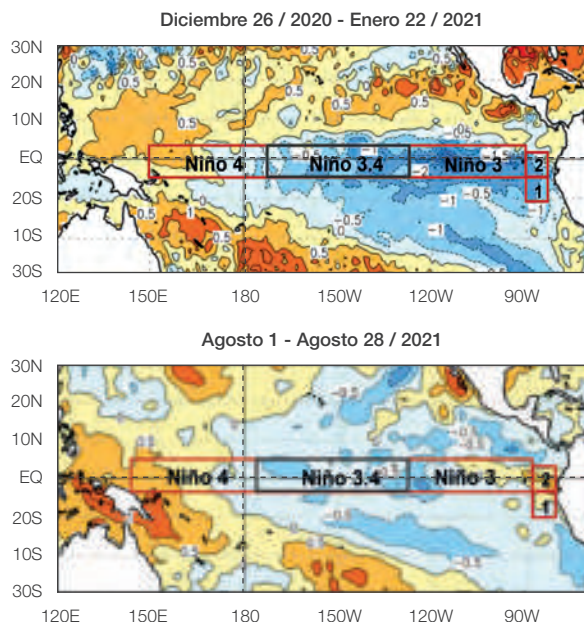
Los centros internacionales indicaron que este episodio de La Niña presentaría una intensidad débil hasta su cierre en el 2022.

- En el último trimestre de 2020 y entre el primer y segundo trimestre de 2021 las aguas superficiales en el océano Pacífico central presentaron constantes temperaturas frías reflejando un evento El Niño Oscilación del Sur (ENOS) La Niña, que finalizó en mayo. A partir de ese mes se debilitó el acoplamiento entre la atmósfera y el océano y en junio se consolidaron las condiciones de ENOS neutral.

- En el mes de septiembre inició la transición de una fase neutral a una nueva fase de enfriamiento de las aguas del océano Pacífico y en octubre ésta se consolidó, debido a que las anomalías negativas de temperatura de la superficie y subsuperficie del mar se intensificaron significativamente.
- Entre octubre y diciembre tanto los indicadores oceánicos como los atmosféricos alcanzaron los umbrales necesarios para iniciar el desarrollo de un nuevo evento de La Niña. (Figura 1).



Figura 1. Comportamiento de la anomalía de la temperatura superficial del océano Pacífico durante 2021.



Entre octubre y diciembre se observó un acople entre el océano y la atmósfera:

- Temperaturas de la superficie del mar por debajo del promedio en el Pacífico Central y este-central (anomalías entre -0.5°C a -1.0°C).
- Temperaturas en la subsuperficie se intensificaron en su enfriamiento a profundidad (0 - 300 metros).
- Fuertes vientos alisos.
- Disminución de la nubosidad hacia el oeste del océano Pacífico.
- Valores positivos de moderados a fuertes del Índice de Oscilación del Sur (SOI, por sus siglas en inglés).

Precipitación y temperatura



El 2021 fue un año relativamente húmedo en términos climatológicos, teniendo en cuenta que ante la ocurrencia de un evento de La Niña la alteración de las precipitaciones históricamente refleja un incremento en el valle del río Cauca. En promedio las precipitaciones de las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar fueron superiores con respecto a los rangos históricos, especialmente los meses de marzo, junio y agosto.

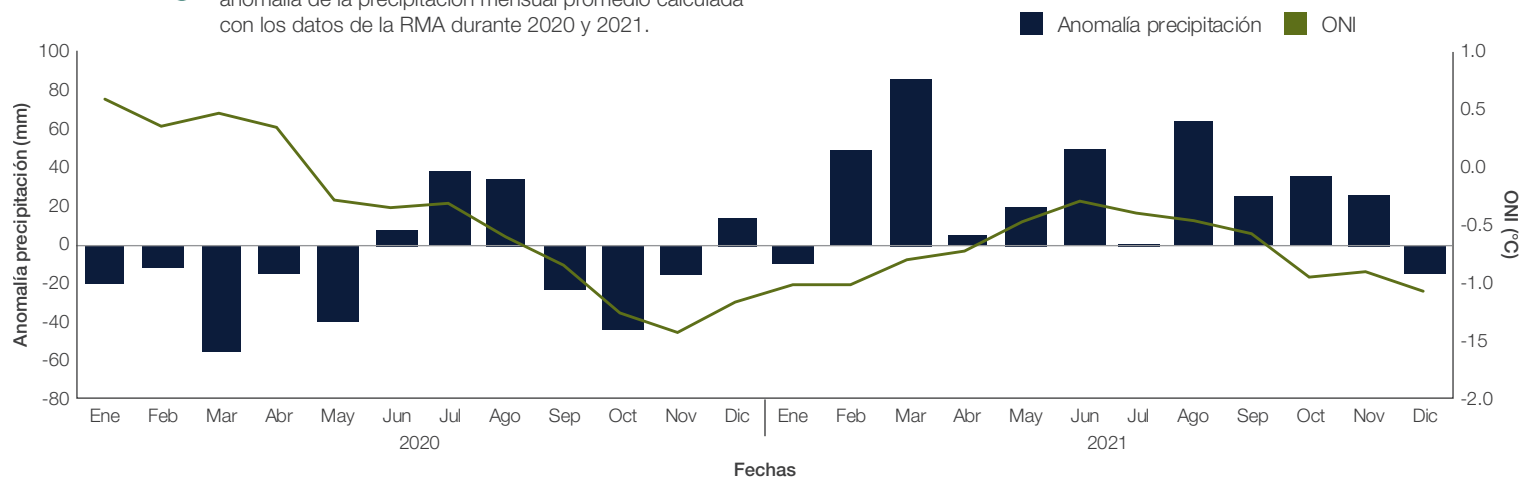
En la **Figura 2** se evidencia el incremento de las precipitaciones en febrero, marzo, junio, agosto, octubre y noviembre en contraste con las anomalías negativas del Índice Oceánico (ONI), propias de un fenómeno La Niña.



El Índice Oceánico (ONI) representa la anomalía de la temperatura superficial del mar en la región 3.4 del océano Pacífico tropical. El calentamiento o enfriamiento en la región 3.4 implica una alteración de las precipitaciones ante la presencia de un fenómeno ENOS El Niño o La Niña en las regiones Andina, Caribe y Pacífica en Colombia.



Figura 2. Anomalía de la temperatura superficial del mar en la zona Niño 3.4. (Índice Oceánico [ONI] de la NOAA) y anomalía de la precipitación mensual promedio calculada con los datos de la RMA durante 2020 y 2021.



En la **Figura 3** se contrasta el índice Oceánico (ONI) con la anomalía de la temperatura mínima y máxima media en el valle del río Cauca. Los meses que presentaron registros por debajo de lo normal climatológicamente corresponden a marzo, abril, junio y agosto. A pesar de que el año 2021 estuvo regido por condiciones

meteorológicamente húmedas, en especial por dos episodios de La Niña, las anomalías en promedio para todo el valle del río Cauca fueron positivas, lo cual infiere una tendencia del incremento de la temperatura del aire en la región (**Figura 4**).

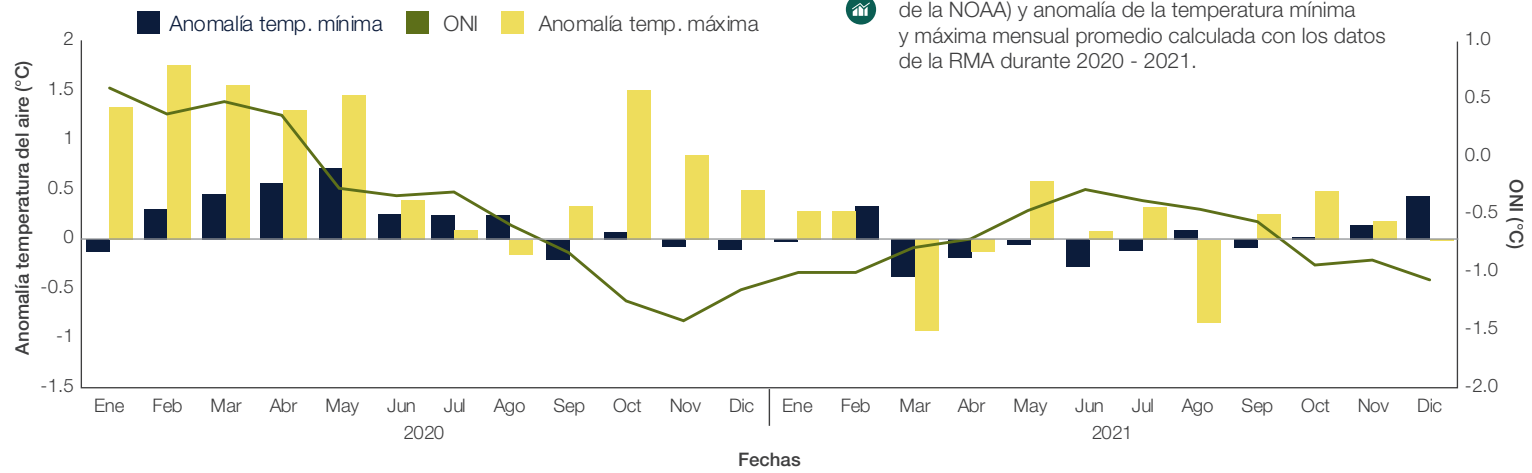
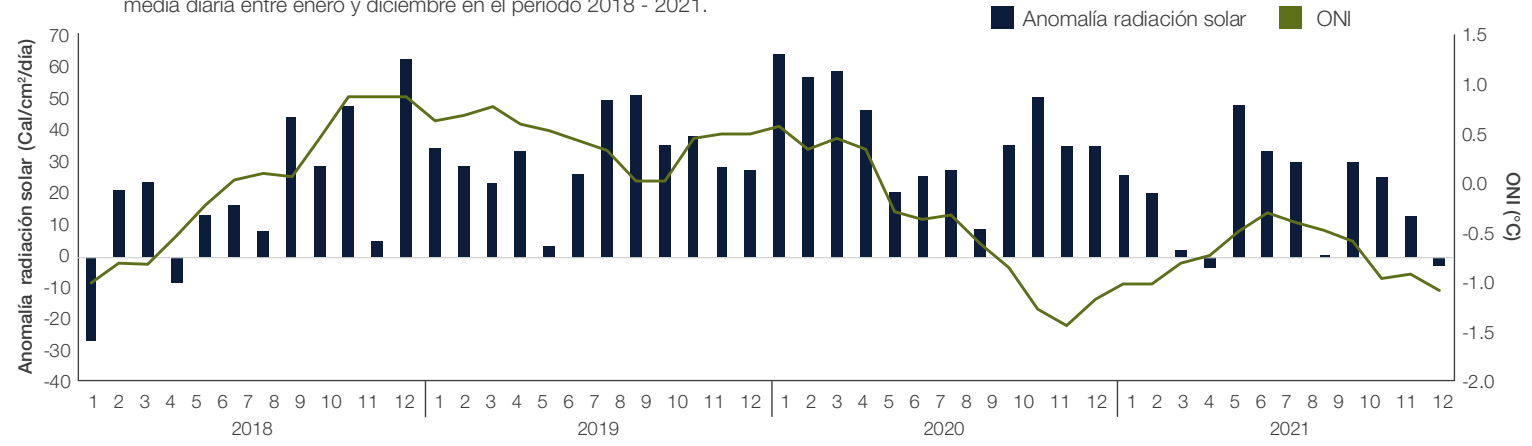


Figura 4. Anomalía de la temperatura superficial del mar en la zona Niño 3.4. (Índice Oceánico [ONI] de la NOAA) y anomalía media diaria entre enero y diciembre en el periodo 2018 - 2021.



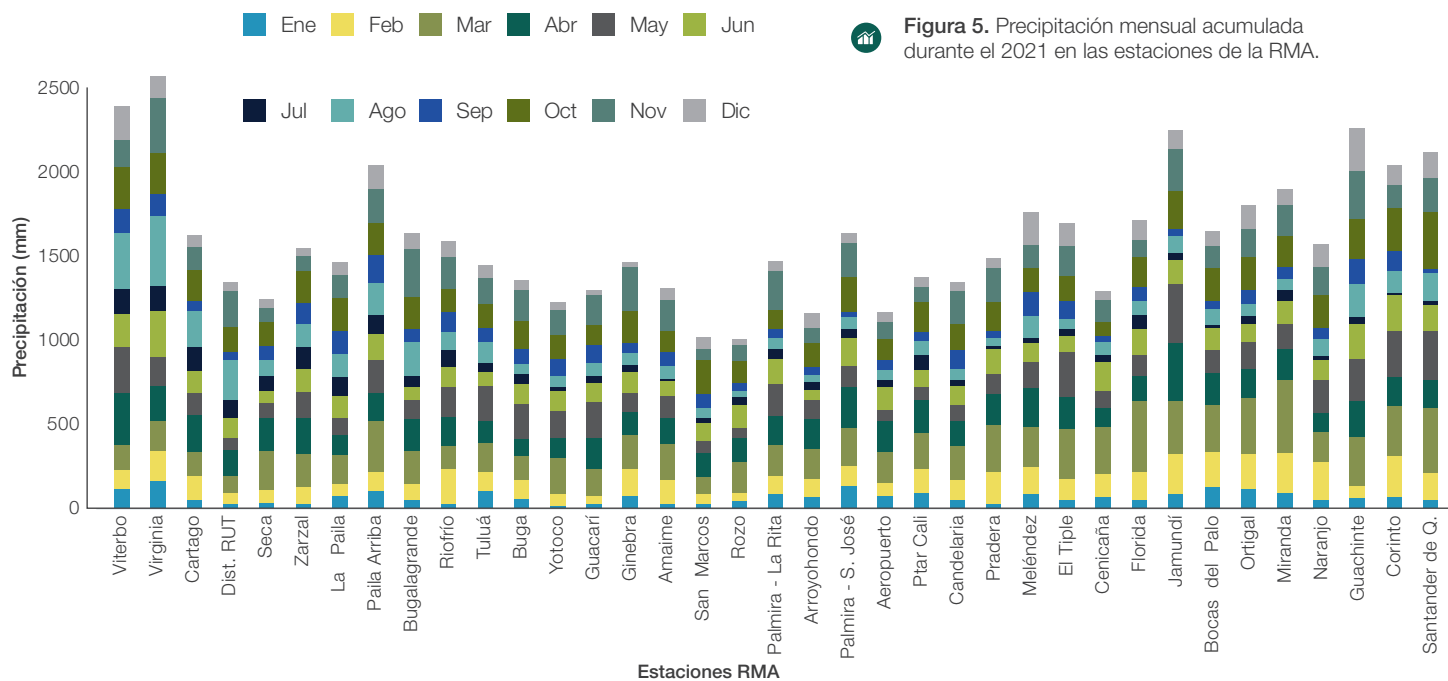
Comportamiento de la precipitación en 2021



Los volúmenes mensuales acumulados más altos se registraron en marzo, abril, mayo, octubre y noviembre de 2021 acorde con el régimen bimodal de las estaciones de la RMA, no obstante, en términos de anomalías, los meses de febrero, junio y agosto presentaron precipitaciones por encima de los rangos climatológicos (Figura 5).



Las estaciones con mayores valores registrados fueron La Virginia, Paila Arriba, Jamundí, Guachinte, Corinto y Santander de Quilichao donde se presentaron totales entre 2,000 mm y 2,600 mm.



Respecto a la precipitación media multianual el año 2021 es el sexto año más lluvioso de los últimos 24 años con un promedio multianual de 1,254 milímetros (**Figura 6**). La **Figura 7** presenta los mapas de anomalía de la precipitación anual de 2020 y 2021, claramente se observan para 2021 precipitaciones altas con excesos entre 20% y 50%.

En la historia de datos de la red RMA los años con más altos volúmenes de precipitación han sido 1999, 2008, 2010, 2011, 2017 asociados con la ocurrencia del Fenómeno La Niña.

Figura 6. Precipitación anual acumulada durante el 2021 en las estaciones de la RMA.

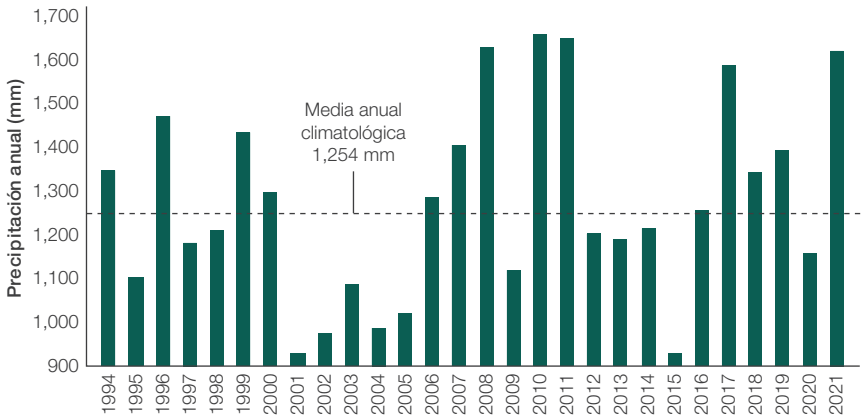
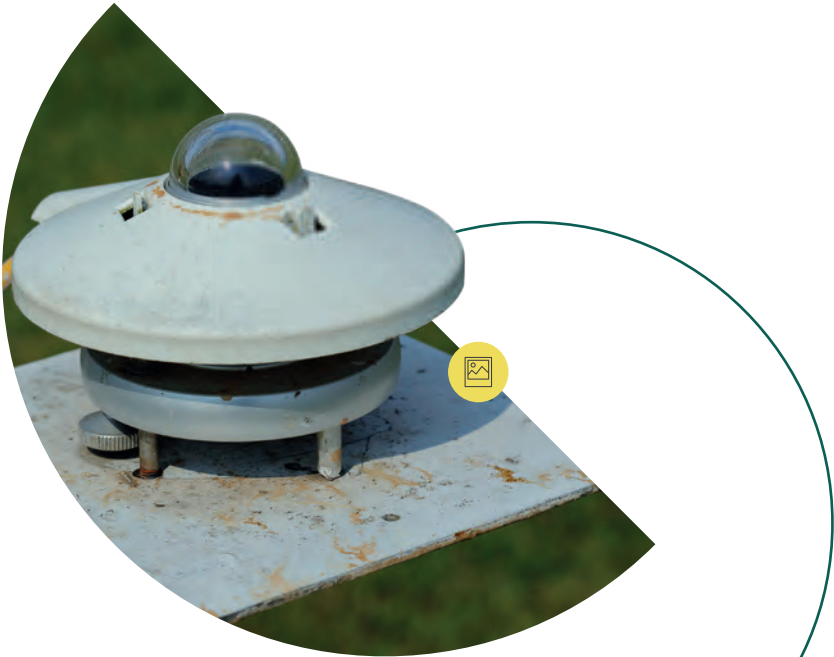
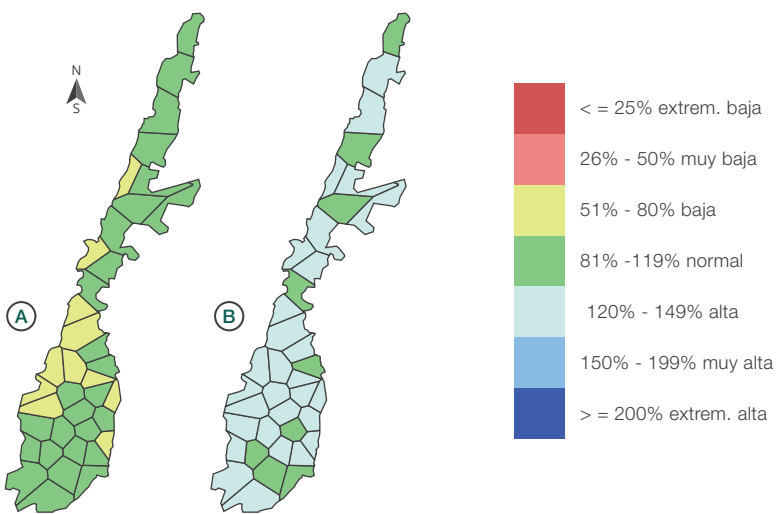


Figura 7. A. Comparación de la anomalía de la precipitación anual del 2020 y **B.** 2021 con datos de las estaciones de la RMA.

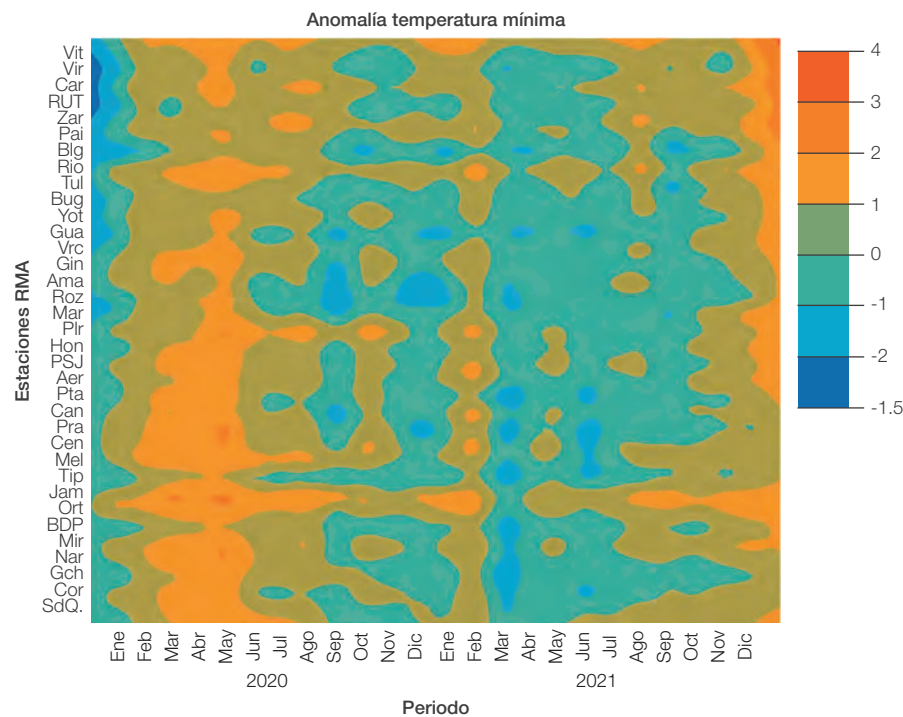
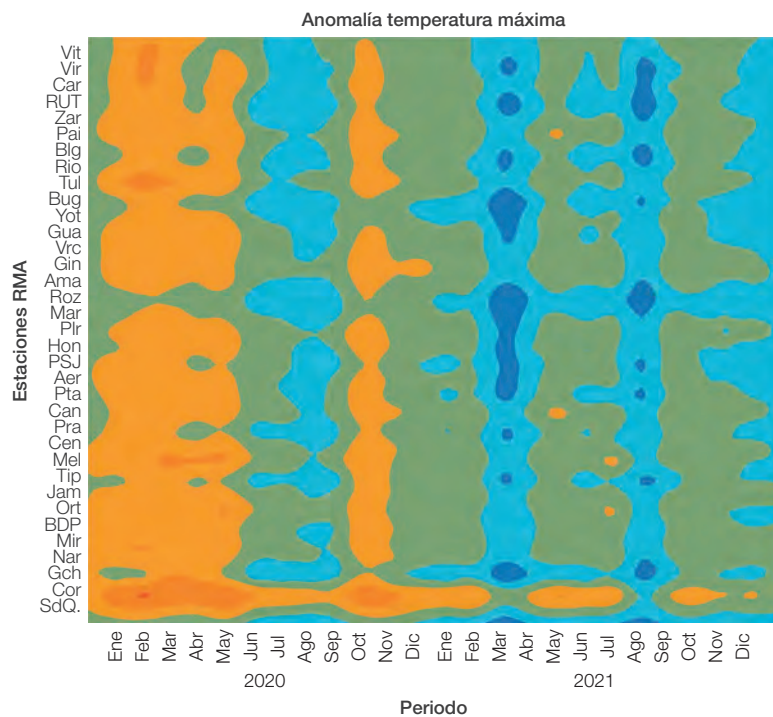


Anomalías de variables meteorológicas



Con el fin de analizar el comportamiento de las anomalías promedio diarias se plotearon los datos de la temperatura mínima media y máxima media diaria de todas las estaciones de la RMA durante 2020 y 2021.

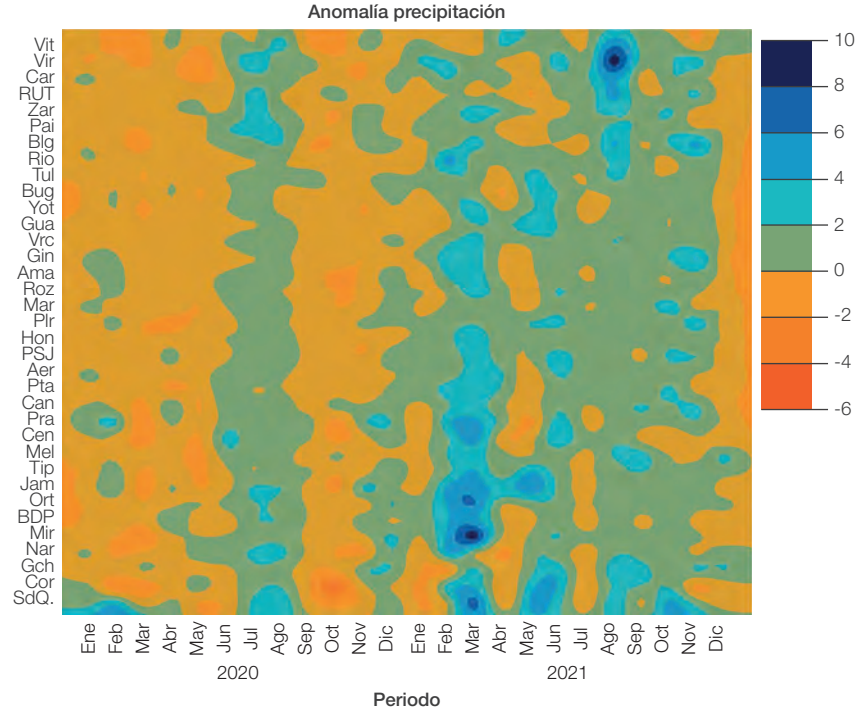
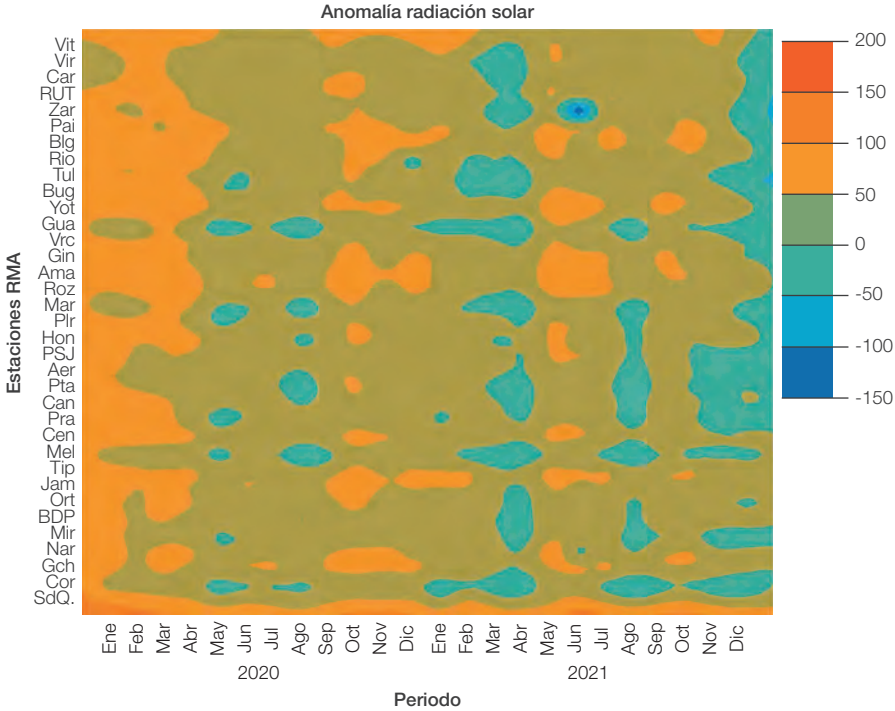
- El análisis de la información evidencia la ocurrencia de anomalías positivas de las cuatro variables para el primer semestre de 2020, cuando se presentó un calentamiento anómalo de las aguas (cabe resaltar que no estuvo activo el Fenómeno El Niño en este periodo).



- A partir de julio de 2020 y gran parte de 2021 predominaron anomalías negativas en la temperatura superficial del océano Pacífico tropical, por lo que se vio una alteración de los promedios de la temperatura del aire y la precipitación.
- Para el caso de las variables térmicas (temperatura y radiación solar) las anomalías negativas (en tonos azules) predominan en la distribución del diagrama.
- Para la precipitación las anomalías positivas (en tonos azules) indican excesos en marzo en las estaciones de Miranda, Ortigal, Corinto y Santander de Quilichao, mientras que en agosto los excesos de lluvia se concentraron en las estaciones del valle del río Risaralda (**Figura 8**).



Figura 8. Anomalía de la temperatura mínima y máxima mensual, de la radiación solar y de la precipitación durante 2020 - 2021.



Viterbo: VIT
La Virginia: VIR
Cartago: CAR
RUT: RUT
Zarzal: ZAR
La Paila: PAI
Bugalagrande: BLG
Ríofrío: RIO
Tuluá: TUL
Buga: BUG
Yotoco: YOT
Guacarí: GUA

Ginebra: GIN
Amaime: AMA
Rozo: ROZ
San Marcos: MAR
Palmira la Rita: PLR
Arroyohondo: HON
Palmira San Jose: PSJ
Aeropuerto: AER
PTAR Cali: PTA
Candelaria: CAN
Pradera: PRA
Cenicaña: CEN

Melendez: MEL
El Tiple: TIP
Jamundí: JAM
Ortital: ORT
Bocas del Palo: BDP
Miranda: MIR
El Naranjo: NAR
Guachinte: GCH
Corinto: COR
Santander de Quilichao: SDQ

- Al analizar los datos de clima por zonas climáticas en 2021, se encontró que el centro y norte del valle del río Cauca, particularmente el valle del río Risaralda y la zona Norte, registraron los valores promedios más altos de temperatura,



Tabla 1. Valores medios de las variables temperatura (mínima, media, máxima) humedad relativa, radiación global y precipitación por zonas homologas en 2021.

Zona climática	Temp. mínima media (°C)	Temp. media (°C)	Temp. máxima media (°C)	Humedad relativa media (%)	Radiación global (cal/cm ² /día)	Precipitación (mm)
1	19	23.2	30.4	84	462.1	2536
2	19	23.4	30.6	82.6	447.5	1518
3	19	23.4	30	81.4	439.1	1196
4	18.8	23	29.8	81.9	419.4	1430
5	18.8	23.1	30.2	85.5	427.9	1748
6	18.7	23.1	30	84.9	415.8	2061
7	18.9	23.1	29.8	84	431.2	2304

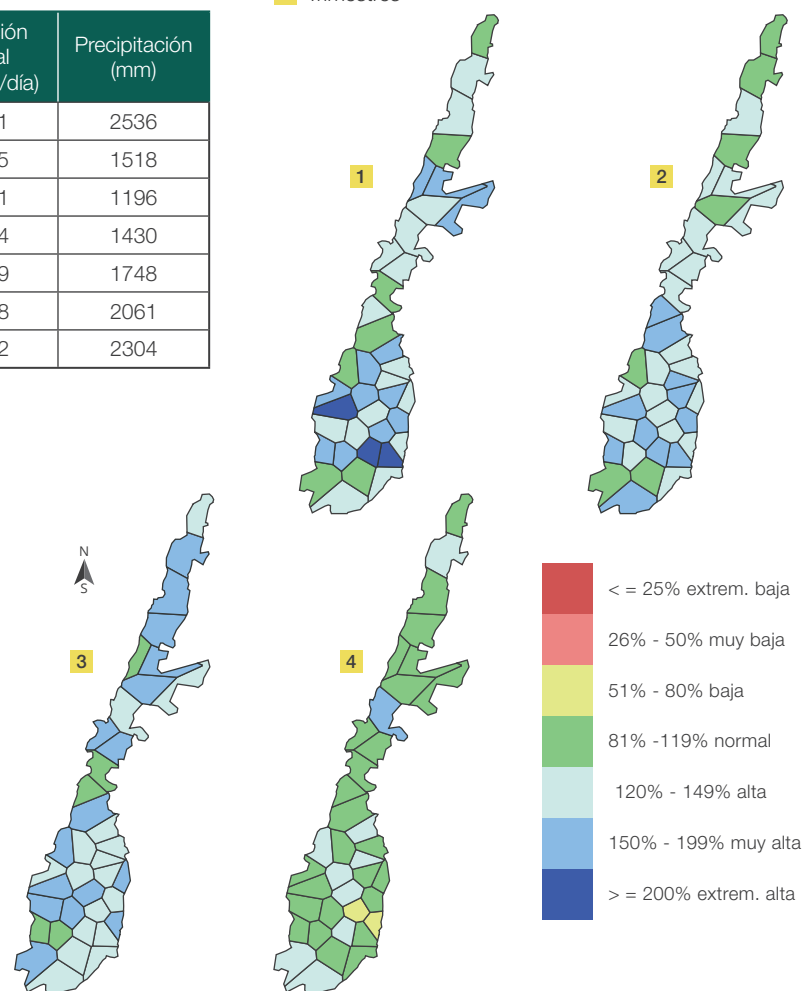
- A nivel de distribución espacial de las anomalías de las variables, son notorias las precipitaciones altas y muy altas en los trimestres 1, 2 y 3 con anomalías entre 120% a 150% y en algunos casos > a 200% como lo ocurrido en febrero y marzo de 2021 en el sur del valle del río Cauca. Las precipitaciones en el primer trimestre estuvieron asociadas al Fenómeno La Niña desarrollado desde 2020 y que se extendió hasta inicios de 2021. Como se había mencionado en párrafos anteriores, la ocurrencia de otro episodio de La Niña favoreció el incremento de lluvias en el último trimestre de 2021 pero con excesos en algunos municipios del norte y sur de la región (**Figura 9**).

radiación solar y precipitación, y hacia el sur las zonas Sur y Guachinte se presentaron altos volúmenes de lluvias en estaciones representativas como los son Jamundí, Santander de Quilichao y Guachinte (**Tabla 1**).



Figura 9. Anomalía la precipitación trimestral en 2021 en el valle del río Cauca.

Trimestres



- Respecto a las anomalías de la temperatura media por trimestre en 2021, se evidenciaron descensos en las estaciones La Seca, Paila Arriba, Bugalagrande, Buga, Rozo, Yotoco, San Marcos, Cali, El Tiple, Bocas del Palo, Florida y Guachinte. Los promedios más altos con respecto a la temperatura máxima se presentaron en el primer y tercer trimestre en las estaciones RUT, La Seca, Cartago y Zarzal con valores de 31°C, y en el tercer trimestre en Florida, Candelaria y Meléndez con registros entre 31°C y 32°C (Figura 10).
- Debido a de que los registros de radiación solar fueron altos en gran parte del año en el valle del río Risaralda y la zona Norte, también la anomalía de la radiación solar alcanzó índices altos y muy altos especialmente en los tres primeros trimestres con valores promedio entre 450 y 500 (cal/cm²/día) (Figura 11).

Figura 10. Anomalía la temperatura media trimestral en 2021 en el valle del río Cauca.

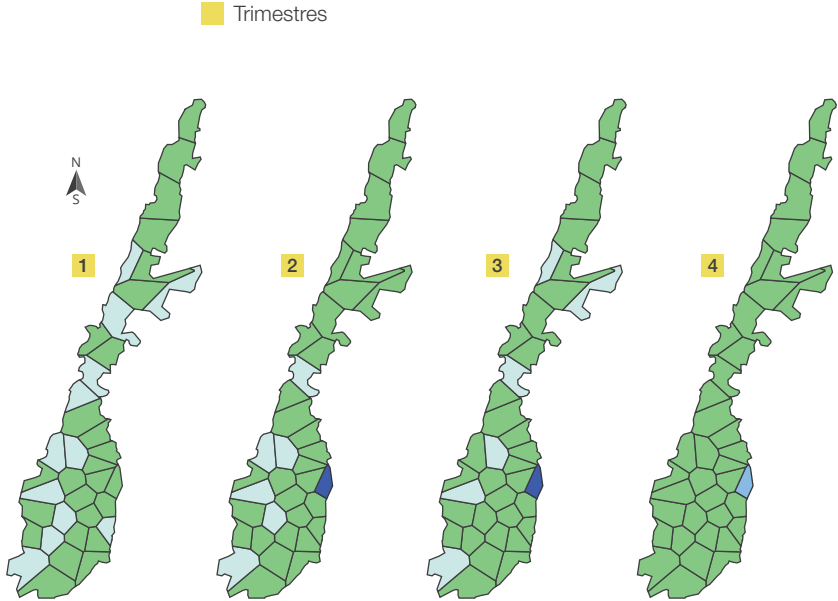
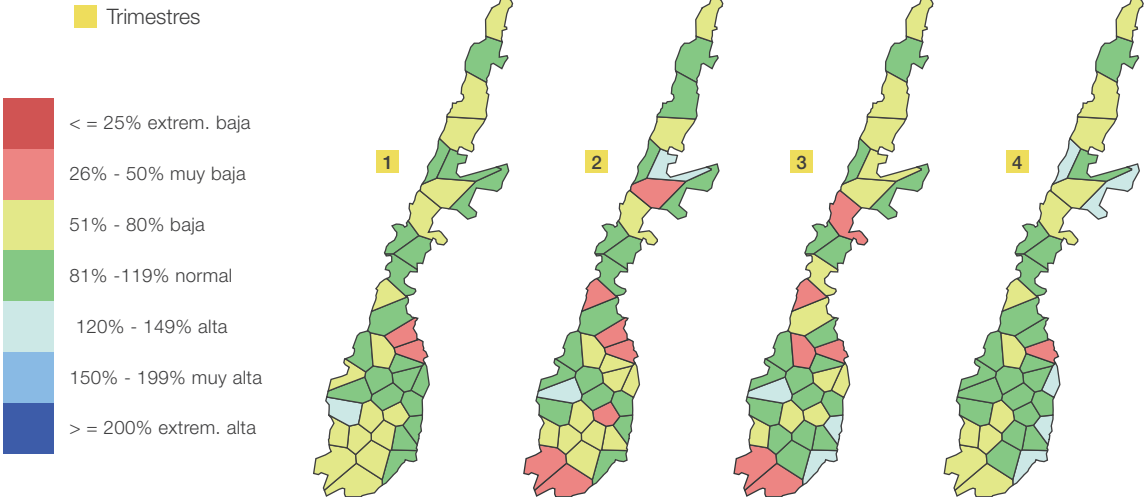


Figura 11. Anomalía la radiación solar media trimestral en 2021 en el valle del río Cauca.





Servicio Agroclimático

Durante el 2021 se produjeron diferentes productos de información agroclimática para respaldar las labores y los procesos de la agroindustria de la caña de azúcar:

- Boletín diario por zonas homólogas climáticas con las condiciones actuales de nubosidad y el pronóstico de lluvias y temperatura.
- Boletín fin de semana que contiene el pronóstico de lluvias y temperatura.
- Boletín semanal por zonas homólogas climáticas.
- Boletín de predicción estacional para el valle del río Cauca.
- Boletín agroclimático para la Mesa Técnica Agroclimática del Valle del Cauca.



ESCANEE EL QR

Conozca la importancia del clima y los servicios de la agroindustria.



Los boletines del Servicio Agroclimático de Cenicaña están disponibles en el sitio web www.cenicana.org y se difunden a través de diferentes redes sociales.



Aplicación para el pronóstico climático

A través de una aplicación para dispositivos celulares se puede acceder a los productos de información climática que entrega el Centro de Investigación a la agroindustria de la caña de azúcar. La aplicación se divide en tres módulos:

01

Módulo de información del pronóstico del tiempo en el rango horario.

02

Módulo del pronóstico esperado para la mañana, tarde y noche del día actual y la madrugada del día siguiente.

03

Módulo del pronóstico semanal.

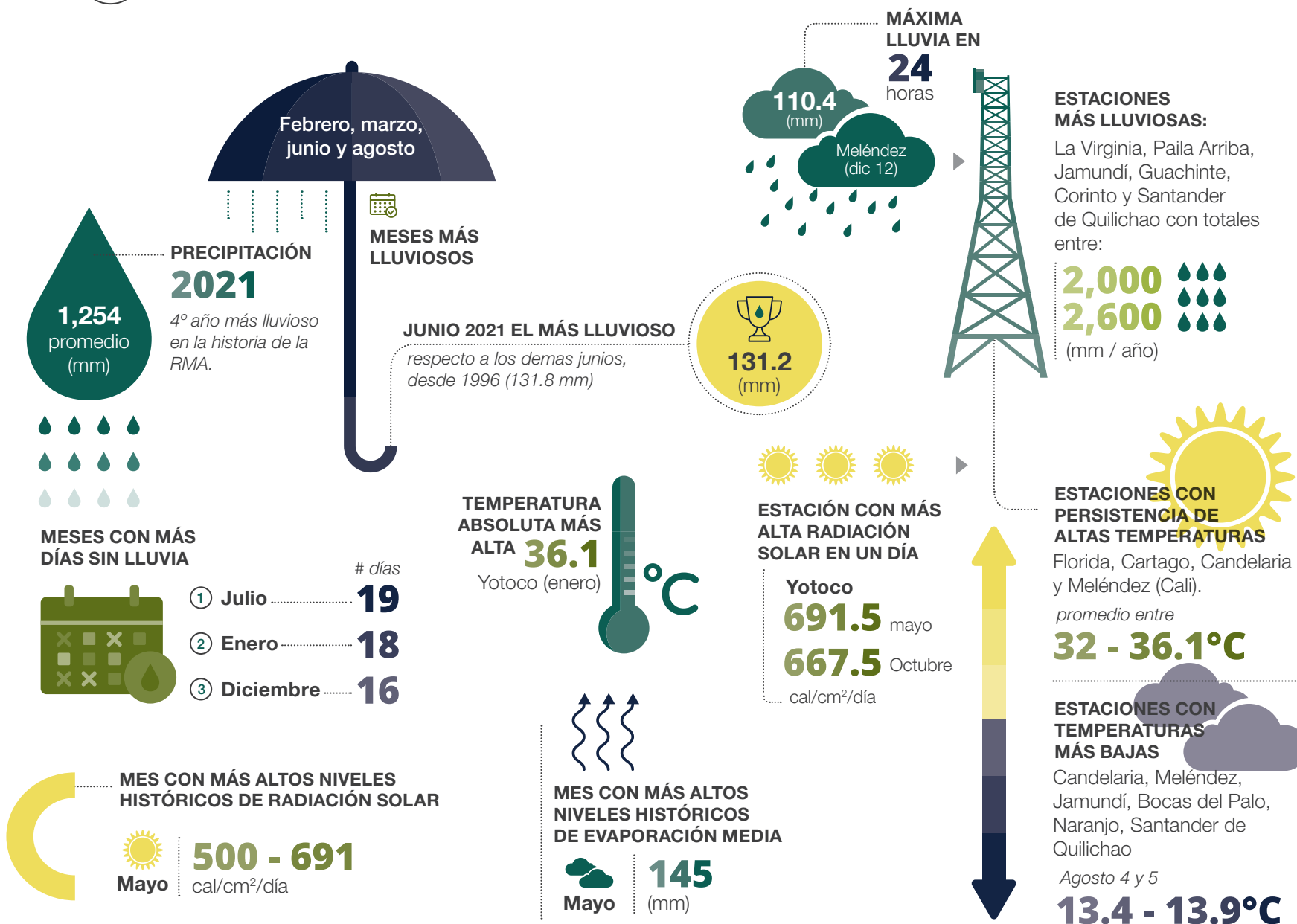
Entre las funcionalidades que incluye la aplicación está la visualización de las condiciones de precipitación y temperatura reales de las estaciones de la Red Meteorológica Automatizada, imágenes de la proyección de precipitación para los próximos tres meses y el acumulado de lluvias en lo transcurrido del año.





EL CLIMA DEL VALLE DEL RÍO CAUCA

2021 en cifras



02



PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD



de la agroindustria de la caña
de azúcar 2021



Tabla 2. Indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar 2020 - 2021.

	Indicador	Trimestres 2021				Enero - diciembre		Diferencia
		Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	2020	2021	
	Campo (12 Ingenios)							
	Suertes cosechadas	6,247	4,561	7,589	6,740	28,998	25,137	-13%
	Área cosechada (ha)	43,772	28,072	52,769	46,074	201,035	170,687	-15%
	Toneladas de caña por hectárea (TCH)	121.9	126.9	130.2	129.6	112.4	127.3	13%
	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	13.2	12.9	14.0	13.7	12.4	13.6	9%
	Toneladas de caña por hectárea por mes (TCHM)	9.7	9.7	9.6	9.4	9.1	9.6	5%
	Toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM)	1.1	1.0	1.0	1.0	1.00	1.02	2%
	Rendimiento comercial	10.8	10.2	10.7	10.6	11.0	10.6	-3%
	Edad de cosecha (mes)	12.6	13.2	13.8	14.0	12.4	13.5	8%
	Número de corte	5.4	5.1	5.2	5.1	5.3	5.2	-1%
Fábrica	Toneladas totales de caña molida ¹	5 674 993	4 498 208	7 264 632	6 150 583	23 558 734	22 872 450	-2.91%
	Toneladas totales de azúcar producida ²	517,093	388,029	680,862	575,996	2 209 187	2 099 625	-4.96%
	Rendimiento real con base en 99.7% pol ³	10.99	10.20	10.96	10.78	11.18	10.80	-3.45%
	Fibra % caña	15.43	15.65	15.05	15.71	14.83	15.42	3.95%
	Sacarosa aparente en % caña	12.49	11.75	12.48	12.30	12.73	12.32	-3.24%
	Pérdidas de sacarosa en miel final % sacarosa caña	4.01	7.20	6.55	6.57	6.39	6.04	-5.55%
	Pérdidas en cachaza % sacarosa caña	0.65	0.74	0.69	0.82	0.59	0.87	46.34%
	Pérdidas en indeterminadas % sacarosa caña	1.67	2.14	1.45	1.56	1.69	1.64	-2.59%
	Pérdidas en bagazo % sacarosa caña	3.52	3.75	3.52	3.84	3.51	3.64	3.83%
	Litros de etanol (miles) ⁴	122,622	64,492	100,139	107,463	394,172	397,004	0.72%
	Energía eléctrica generada (MWh)					1 644 708	1 685 398	
	Energía eléctrica vendida (MWh)					680,128	696,243	2.37%
Clima	Precipitación (mm mensuales)	435	467	284	433	1,138	1,618	42.23%
	Oscilación media diaria de temperatura	11.1	10.8	12.0	10.7	11.9	11.2	-5.91%
	Temperatura mínima media (°C)	19.0	19.0	18.5	19.1	19.1	18.9	-1.10%
	Radiación solar media diaria [cal/(cm²xdía)]	441	426	445	417	451	432	-4.20%
	Condición climática externa	Niña	Niña	Niña	Niña			

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 - 2021

Precipitación

Radiación solar
media diaria [cal/
(cm²xdía)]

Oscilación
media diaria de
temperatura

Temperatura
mínima
media (°C)

Trimestre 1

298

424

11.3

19

Trimestre 2

387

400

10.6

19.2

Trimestre 3

191

425

12.1

18.5

Trimestre 4

386

405

10.7

18.9

Observaciones en campo



- El comportamiento de las lluvias (por debajo del histórico) incidió en la oportunidad de las labores durante los tres primeros meses de 2021 y, en consecuencia en los resultados de TCH para ese periodo.
- En gran parte del valle del río Cauca la precipitación entre febrero y marzo estuvo por encima del histórico, lo que causó una disminución en el área cosechada y la molienda y, en consecuencia, un incremento en la edad en 0.5 meses, lo que también se traduce en mayores valores de TCH.
- En mayo la situación de orden público impidió el normal desarrollo de las actividades del sector (más de un mes calendario sin cosechar y labores de cultivo que no se pudieron realizar) y se registró el incendio de áreas sembradas.

- En productividad los rendimientos se afectaron en junio por la cosecha de cañas incendiadas y cañas no maduras o con más de las semanas de maduración. Se presentó un incremento en un mes en la edad de cosecha, lo que contribuyó a un incremento de TCH en el segundo semestre de 2021 (TCH medio de la agroindustria superior a 127) (Figura 12).
- En 2020 la mayor diferencia entre las temperaturas máxima y mínima, que históricamente se espera en agosto, no se dio y el pico de sacarosa que se debía dar en septiembre se trasladó a octubre. En 2021, el delta fue menor que en 2020, impactando negativamente la sacarosa de septiembre y octubre (Figuras 15 y 16).
- En el segundo semestre de 2021 no se dieron las condiciones para la maduración natural (anomalías de lluvia, especialmente en agosto), lo que afectó el rendimiento de septiembre. Se mostró por debajo del histórico y del año pasado (Figura 17).

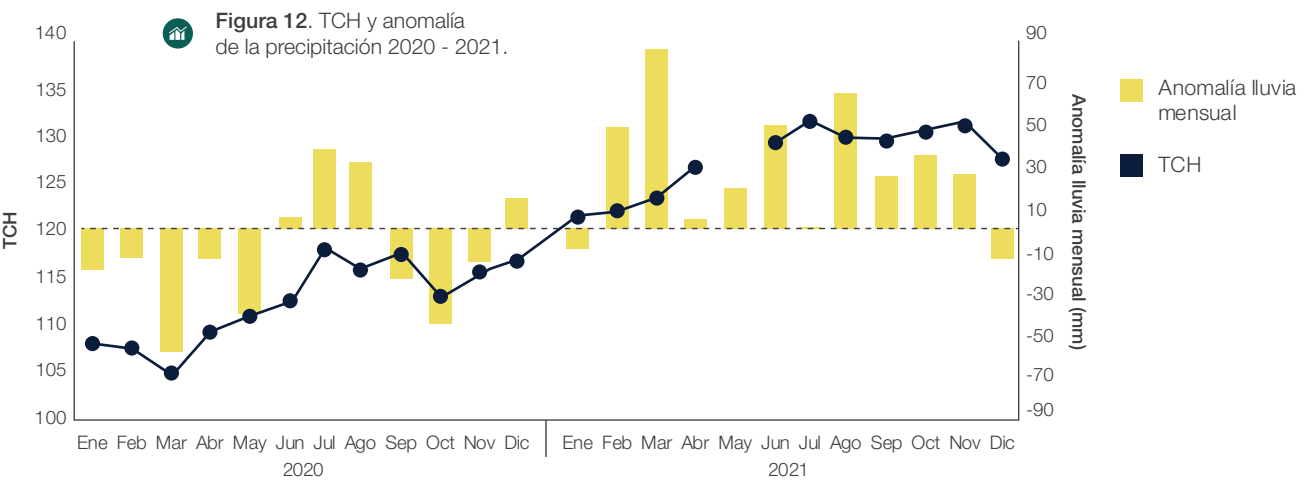
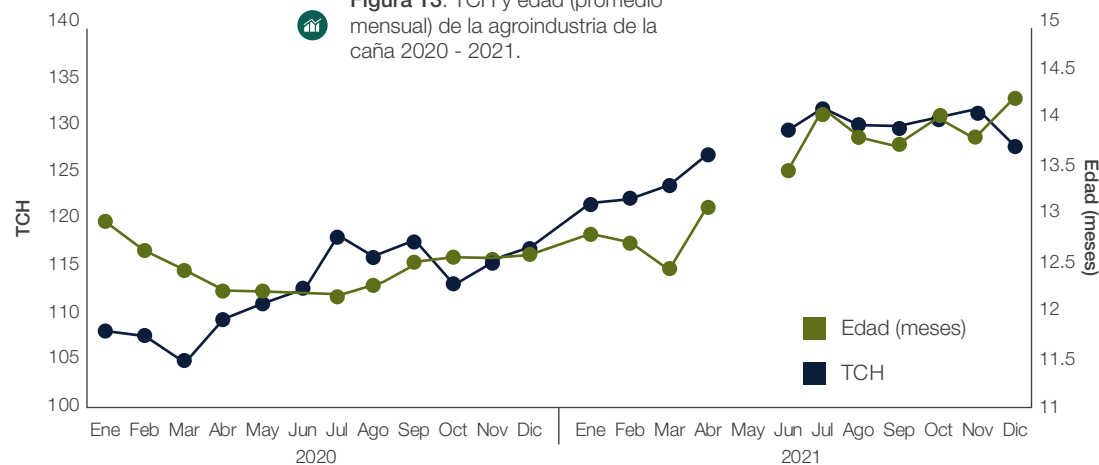
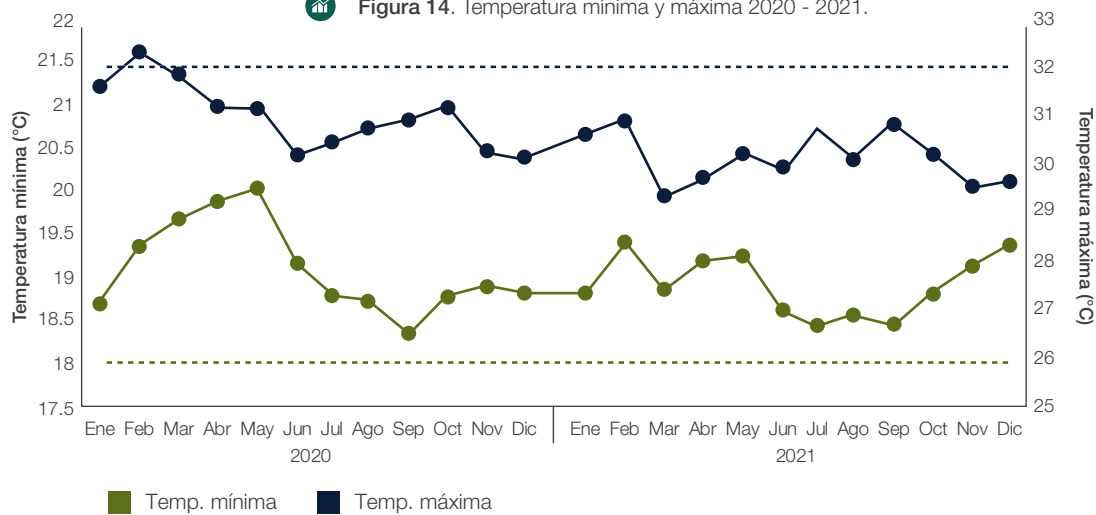


Figura 13. TCH y edad (promedio mensual) de la agroindustria de la caña 2020 - 2021.



La edad de cosecha se incrementó gradualmente, primero en abril a causa de las lluvias de febrero y marzo. A partir de junio, a causa de la imposibilidad de cosechar en mayo debido al orden público, la edad promedio fue de 13.5 meses (Figura 13).

Figura 14. Temperatura mínima y máxima 2020 - 2021.



Un aspecto importante para la producción de sacarosa (% caña) es que al mismo tiempo la temperatura máxima esté por encima de 32°C y la mínima por debajo de 18°C (Figura 14).



Figura 15. Anomalía de la radiación solar global y sacarosa (% caña) 2020 - 2021.

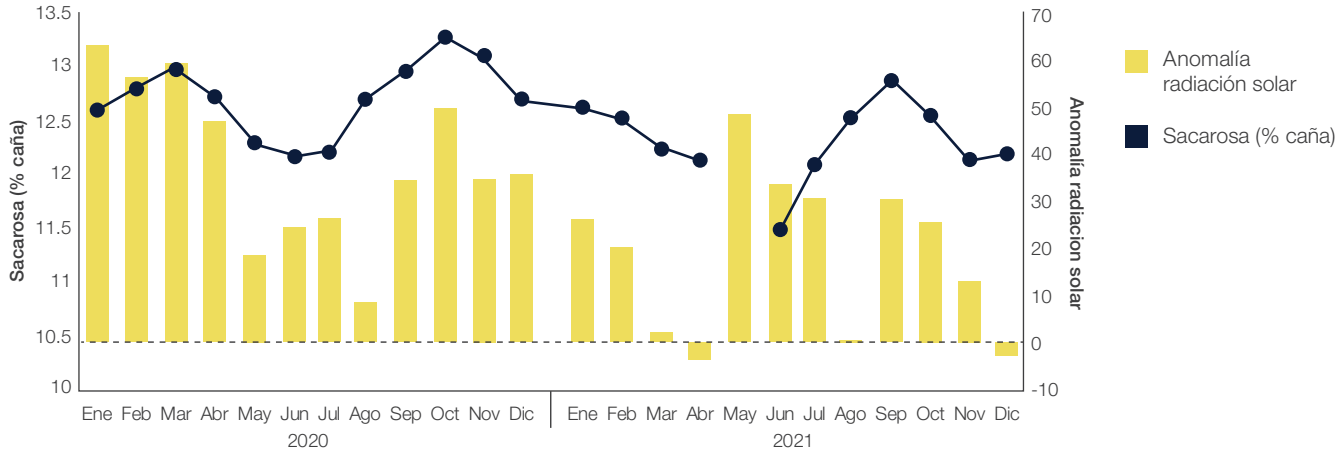


Figura 16. Anomalía de la precipitación y sacarosa (% caña) 2020 - 2021.

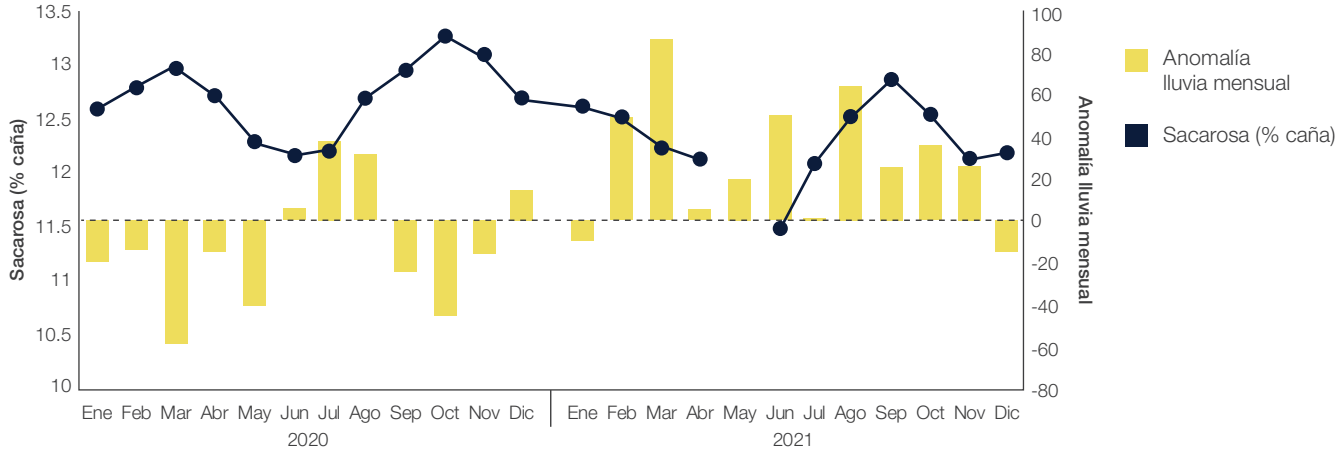
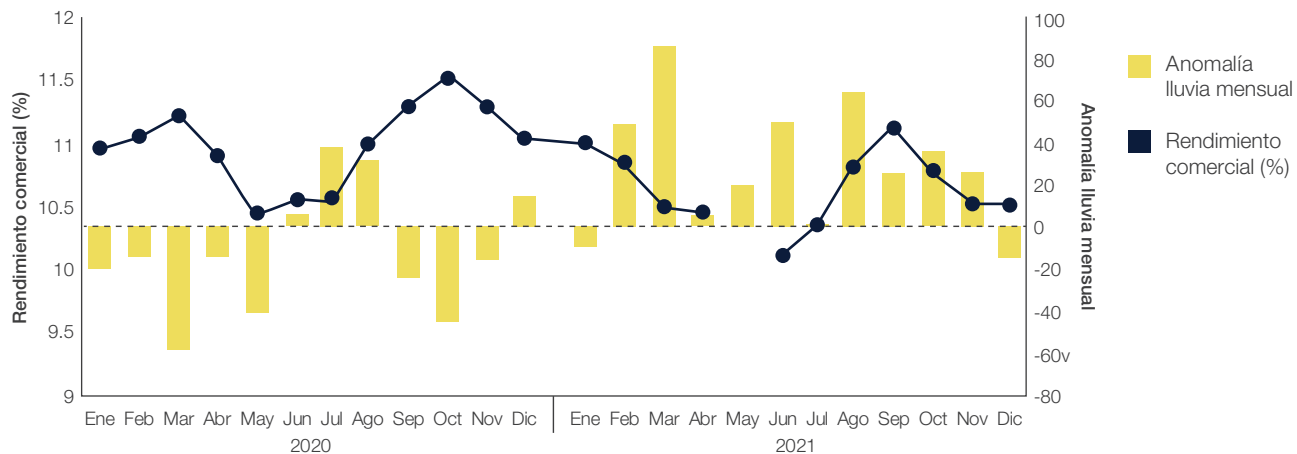




Figura 15. Anomalía de la precipitación
y rendimiento comercial 2020 - 2021.



Censo
varietal



Tabla 3. Participación de las variedades de caña de azúcar en el área sembrada en 2021.

Variedad	Área	Área (%)
CC 01-1940	94,940.11	39.4
CC 85-92	45,214.39	18.7
CC 05-430	27,819.38	11.5
CC 93-4418	10,156.85	4.2
CC 11-600	9,854.52	4.1
CC 11-595	8,504.10	3.5
CC 09-066	2,918.14	1.2
CC 01-678	2,554.48	1.1
SP 71-6949	2,538.63	1.1
CC 00-3257	1,778.24	0.7
CC 01-746	1,577.89	0.7
CC 97-7170	1,538.21	0.6
CC 01-1228	1,523.85	0.6
CC 10-450	1,489.97	0.6
CC 84-75	1,054.49	0.4
CC 09-535	1,037.85	0.4
CC 98-72	957.31	0.4
RB 73-2223	770.53	0.4
PR 61-632	587.88	0.2
V 71-51	566.63	0.2
CC 12-2120	495.40	0.2
CC 93-4181	491.24	0.2

Variedad	Área	Área (%)
CC 04-195	453.28	0.2
CC 05-230	419.24	0.2
CC 92-2198	418.55	0.2
CC 93-3826	407.75	0.2
CC 91-1606	355.20	0.1
CC 00-3771	338.15	0.1
CC 93-3895	329.60	0.1
CC 99-2282	308.92	0.1
CC 06-783	284.02	0.1
CC 03-154	200.90	0.1
CC 14-3296	198.47	0.1
CC 09-874	151.82	0.1
CC 05-948	143.09	0.1
CC 05-231	138.75	0.1
CC 11-605	127.16	0.1
MZC 74-275	107.49	0.0
VARIAS	8,769.87	3.6
RENOVACIÓN	7,270.15	3.0
OTRAS	1,871.65	1.8
PAN COGER	504.37	0.2
ÁREA TOTAL	241,168.53	



Ambiente semiseco: Se destacó el crecimiento del área sembrada con la variedad CC 05-430 en los últimos años (27,819 al 2021). La variedad CC 04-195 se mantuvo estable. Las variedades CC 09-066 y CC 09-535 también mostraron incremento.



Ambiente húmedo: CC 11-600 superó las 9,000 hectáreas y CC 11-595, más de 8,000 hectáreas sembradas. La variedad CC 10-450 se mantuvo estable (1,489 ha). Aunque se encuentran en proceso de evaluación, se incrementaron dos variedades para el ambiente húmedo, CC 12-2120 (495 ha) y CC 14-3296 (198 ha).



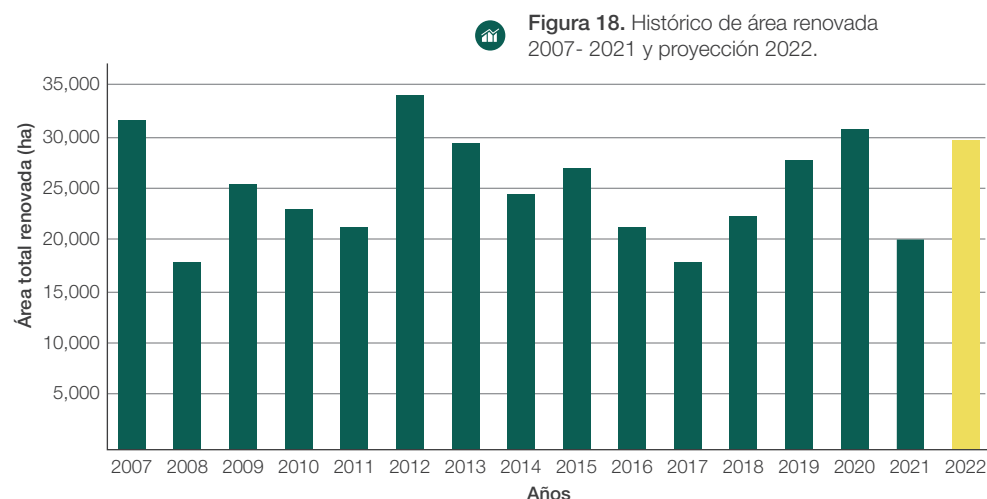
Ambiente piedemonte: El área sembrada con las variedades CC 00-3257, CC 91-1606, CC 00-3771 y CC 93-7711, las cuales tienen buena adaptación al piedemonte, se ha mantenido estable en los últimos años.

En el año
2021

Se renovaron 20,013 hectáreas, de las cuales 10,192 corresponden al área de manejo directo de los ingenios y 9,821 al área de proveedores. Las principales variedades sembradas fueron CC 05-430, CC 09-066 y CC 09-535 para ambiente semiseco, y CC 11-600 y CC 11-595 para ambiente húmedo (**Figura 18**).

Para el año
2022

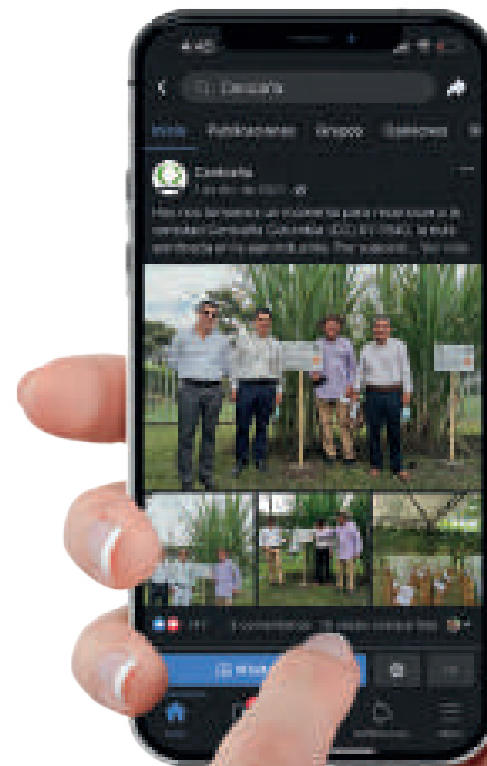
Se estima un área de 29,746 ha para la renovación (42% en áreas de proveedores). Esta información es la base para identificar usuarios potenciales por variedad/ambiente y definir las estrategias de mercadeo encaminadas a lograr una correcta ubicación de las nuevas variedades.

**ESCANEE EL QR**

Consulte en línea la disponibilidad de plantas y paquetes de semilla para la renovación del cultivo.



Cenicaña realizó un reconocimiento a los investigadores y Directores del Programa de Variedades de Cenicaña que estuvieron detrás del desarrollo y selección de la variedad Cenicaña Colombia CC 01-1940 y que en el 2021 seguía siendo la variedad más sembrada en la agroindustria.



Indicadores



01 Uso del agua

El requerimiento de agua del cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca oscila entre 1,200 y 1,500 mm (12,000 y 15,000 m³ /ha/ciclo) dependiendo de las condiciones ambientales que se presenten durante el ciclo de producción.



- **Precipitación acumulada anual 2021 (valle del río Cauca):** 1,618 mm (16,180 m³/ha/año).
- **Consumo promedio ponderado por evento de riego por gravedad:** 1,326 m³/ha. Disminuyó 10.7% respecto a la línea base (2010), es decir, 159 m³/ha/evento y un 2% con relación al año 2020. Se mantuvo por debajo de la meta establecida para el año 2021 en 39 m³/ha/evento (2.8%) **(Figura 19)**.
- **Consumo promedio ponderado por evento de riego por aspersión:** 609 m³/ha. Se mantuvo un 19% por debajo de la meta (140 m³/ha/aspersión) y disminuyó un 20% en relación con el año 2020.
- **Número de riegos (valor medio):** 5, aumentó con relación al año 2020 este valor es dependiente de la precipitación.
- **Consumo promedio ponderado por ciclo de cultivo:** 5,954 m³/ha, 17% (1,439 m³/ha por ciclo) por debajo de la meta que se fijó para el año 2021 (7,193 m³/ha por ciclo); sin embargo, este indicador presentó un aumento del 11% en relación con el año 2021.
- **Eficiencia en el uso de agua de riego por tonelada de caña (promedio ponderado):** 47 m³ agua de riego/t caña, un 2% por debajo de la meta fijada para el año 2021 (indicador dependiente de la precipitación) **(Figura 20)**.



A través de la Mesa del Agua desde hace diez años la agroindustria realiza el seguimiento de indicadores de consumo de agua para riego desde la fuente.

Figura 19. Consumo promedio ponderado por evento de riego por gravedad (mm). Fuente: Ingenios. Datos consolidados por Cenicaña 2021.

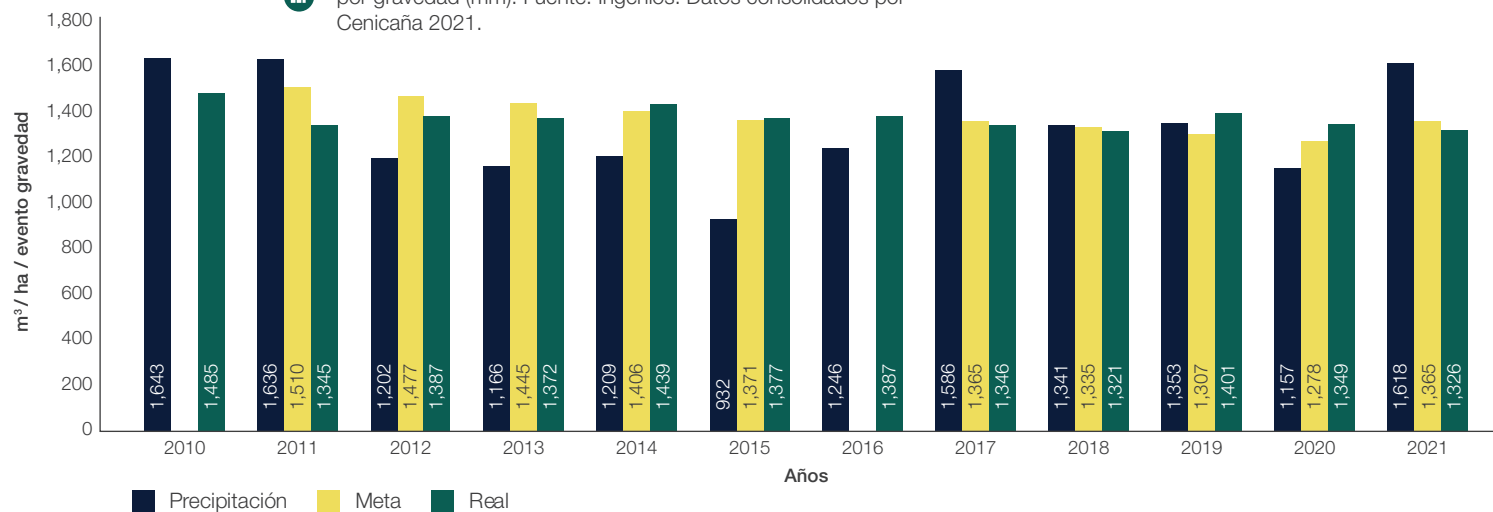
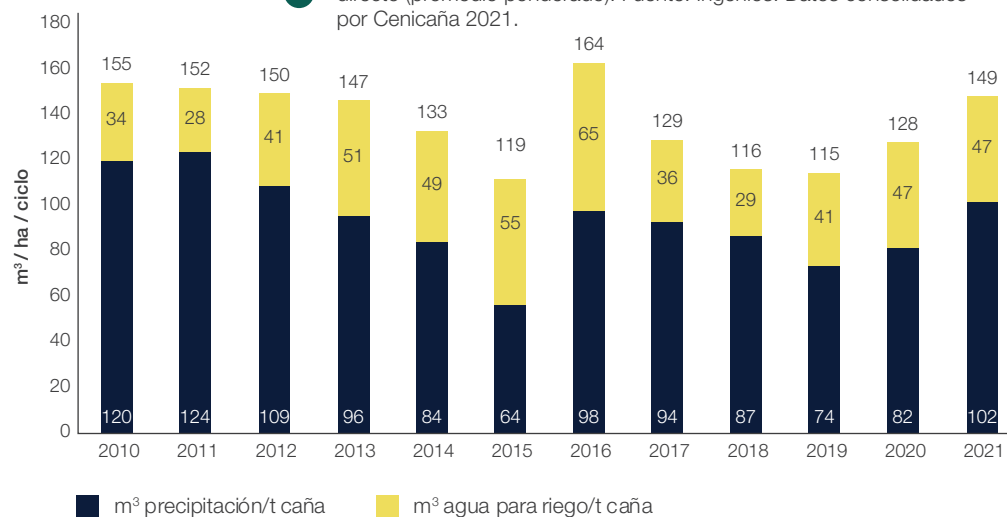


Figura 20. Eficiencia del uso del agua desde la fuente en manejo directo (promedio ponderado). Fuente: Ingenios. Datos consolidados por Cenicaña 2021.



Los datos recopilados a través de la iniciativa Mesa del Agua, que desde el 2011 realiza seguimiento a los indicadores de consumo de agua para riego desde la fuente.

02 Cosecha



- **Caña en verde:** 117,991 hectáreas (70%), valor inferior al reportado en el 2020 (133,333 hectáreas - 70%).
- **Cosechas en quemas no programadas:** 22,473 hectáreas (13%), valor superior al reportado en el 2020 (19,821 hectáreas - 10%).
- **Tiempo de permanencia:** se presentó un aumento de 84% frente al mismo período del año pasado, es decir, 37.0 horas con respecto a 20.1 horas del 2020.
- **Cosecha mecánica:** en los últimos nueve 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 2021 se reportaron 120,861. Este incremento representa un 58% en el valor absoluto para este período. En igual sentido, el valor absoluto de las áreas cosechadas mecánicamente en verde aumentó 64%, al pasar de 64,741 hectáreas en 2013 a 106,185 hectáreas en 2021.



Durante el último año la agroindustria cosechó de manera mecánica 70% de su área, siendo el 90% de esta cifra cosecha mecánica en verde (sin quema).



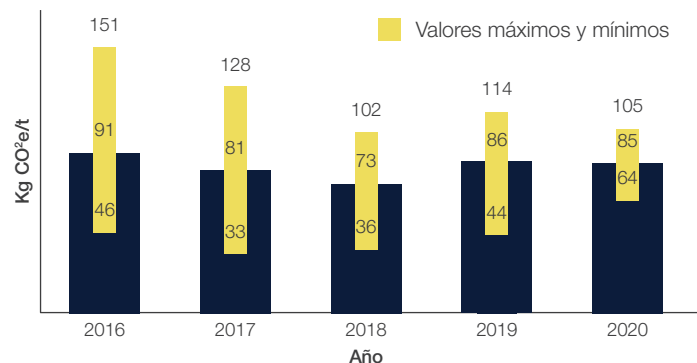
Cálculo de huella de carbono

Tras cinco años de medición (2016 - 2020), la huella de carbono en seis ingenios duales de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar mostró una tendencia decreciente en los valores promedio del indicador, con cambios importantes en los valores máximos y mínimos (**Figura 21**).

Factores que influyeron en el comportamiento del indicador:

- Reducción del consumo de carbón en los sistemas de cogeneración (13.1% en promedio).
- Variación en los consumos de combustible de los sistemas de riego (asociada a la distribución de la precipitación).
- Consumo de combustible asociado al uso de maquinaria en labores de renovación.
- Variación en la cantidad de material procesado en las plantas de compostaje.

Figura 21. Cálculo de huella de carbono de seis ingenios duales de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar 2016 - 2020.



En cuanto a la huella de carbono en la producción de etanol, los niveles de emisiones de GEI estimados están en los rangos establecidos por el Gobierno Nacional (Resolución 1962 de 2017). En 2020 se emitieron, en promedio, 569 kg CO₂e por cada metro cúbico de etanol producido, valor muy por debajo del límite para el año (817 kg CO₂e/m³ etanol).



El indicador de huella de carbono es construido con información de seis ingenios duales. Con el propósito de utilizar este indicador de desempeño ambiental a nivel de agroindustria, Cenicaña viene trabajando con los demás ingenios y cultivadores de caña para avanzar en la medición y gestión de los impactos que generan sus actividades.



Se estima que entre 2017 y 2020, la agroindustria colombiana de la caña de azúcar redujo la emisión de gases efecto invernadero (GEI) el equivalente a 423,200 toneladas de CO₂.

Observaciones en fábrica



- La disminución de caña molida (686,284 t con respecto al 2020) está asociada a la imposibilidad de moler durante el mes de mayo por la situación de orden público y a una mayor precipitación, que impidió moler más caña en los meses siguientes dado su disponibilidad por el mayor TCH.
- La producción de azúcar (incluida el azúcar crudo equivalente y mieles destinados a la producción de etanol) disminuyó en 109,562 t, como consecuencia de un menor contenido de sacarosa (% caña) entrando a fábrica, que pasó de 12.73% en 2020 a 12.31% en 2021 (**Tabla 2**), como de la reducción en la caña molida.
- La producción de etanol (7 destilerías) presentó un incremento de 0.72%. La venta de energía eléctrica aumentó en 2.4% con respecto al 2020 (**Tabla 2**).
- El segundo trimestre mostró los menores indicadores en producción asociados a la no molienda en mayo y a los menores contenidos de sacarosa. También se presentaron las mayores pérdidas en fábrica asociadas a las altas precipitaciones típicas del periodo y a los altos tiempos de permanencia de la caña dejada en campo durante mayo y que fue cosechada en junio.
- En el tercer trimestre se alcanzó la mayor cantidad de caña molida y de producción de azúcar. Los contenidos de sacarosa (% caña) fueron muy similares en el primer y tercer trimestre. En los mismos trimestres hubo menos pérdidas de sacarosa en los subproductos.
- La fibra industrial (% caña) aumentó 0.59 unidades con respecto al 2020, mientras que los sólidos insolubles, que hacen parte de la fibra industrial, aumentaron 0.22 unidades. Se podría decir que hubo un incremento en la fibra vegetal asociada al incremento en la edad de cosecha de la caña.
- La eficiencia de recuperación de sacarosa en la fábrica pasó de 87.56% a 87.26%; un descenso que obedece, principalmente, al incremento en las pérdidas en miel final e indeterminadas.



HISTORI



ASUMIMOS EL RETO

de innovar
con

CC 05-430””



Mónica Barona

Gerente de Producción
de la hacienda Paso ancho



DRIAS



En el 2019

Mónica Barona renunció a su cargo en una multinacional para asumir la administración de la hacienda Paso ancho, el negocio familiar en torno al cultivo de la caña de azúcar.

Con títulos de Ingeniera Industrial y pocos conocimientos sobre el cultivo, pero el entusiasmo y la visión de una joven profesional, Mónica se enfrentó al reto de renovar suertes con dos nuevas variedades de caña de azúcar: CC 05-430 y CC 09-066.

“Cuando comencé a hacer el ejercicio con Cenicaña y el acompañamiento del ingenio de verificar las zonas agroecológicas y los tipos de suelos y conocer sus productividades en áreas cercanas a la nuestra nos convencimos de sembrar una variedad diferente a las que teníamos. No ha sido fácil porque cualquier cambio se ve con escepticismo, pero tener argumentos sustentados de manera técnica nos ha ayudado a tomar las decisiones y hoy estamos viendo los resultados”.

Es cierto que la experiencia pesa, pero hay que insistir porque de lo contrario nunca se van a dar cambios en las prácticas. En muchas fincas prima el argumento ‘así siempre se hace’ y por eso las labores se realizan de manera casi automática. Es importante arriesgarnos a adoptar nuevas tecnologías para mejorar las productividades y ser más responsables con el medio ambiente.



ESCANEE EL QR

Conoce el testimonio
completo de Mónica
Barona.



Con 202 TCH
la variedad

CC 05-430

superó por **1.98** veces
el promedio de TCH de
los últimos dos cortes
con la variedad anterior.





03



CAÑA DE AZÚCAR

Selección de variedades de caña de azúcar

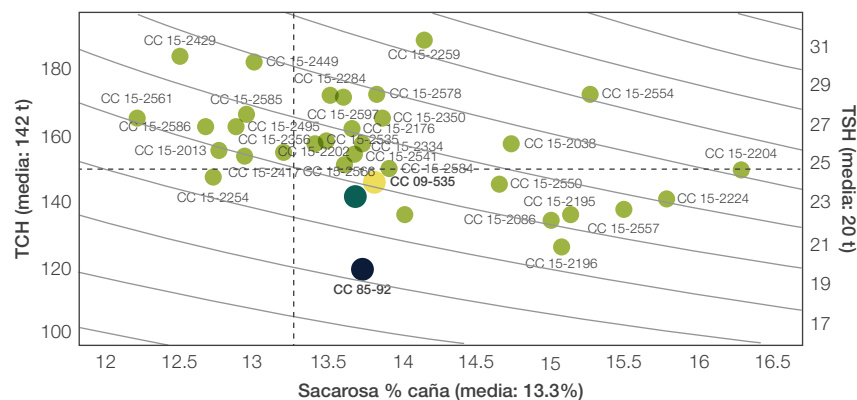
para el valle del río Cauca



Ambiente semiseco // Estado III-2015

Las variedades sobresalientes evaluadas mostraron en promedio 14.2% de sacarosa (% caña), 167 TCH y 23.6 TSH, y superaron a CC 01-1940 en 3.4% sacarosa (% caña), 17.9% TCH y 20.6% TSH. Frente a la variedad CC 05-430, los clones seleccionados mostraron igual TCH, 11.6% más sacarosa (% caña) y 9.4% más TSH. A través de los sitios de evaluación, las variedades más estables para contenido de sacarosa y TCH fueron CC 15-2038, CC 15-2350, CC 15-2578, CC 15-2284 y CC 25-97 (Figura 22).

Figura 22. Análisis combinado a través de cinco evaluaciones (dos plantillas y tres socas) del estado III de la serie 2015.



Ambiente húmedo // Prueba regional

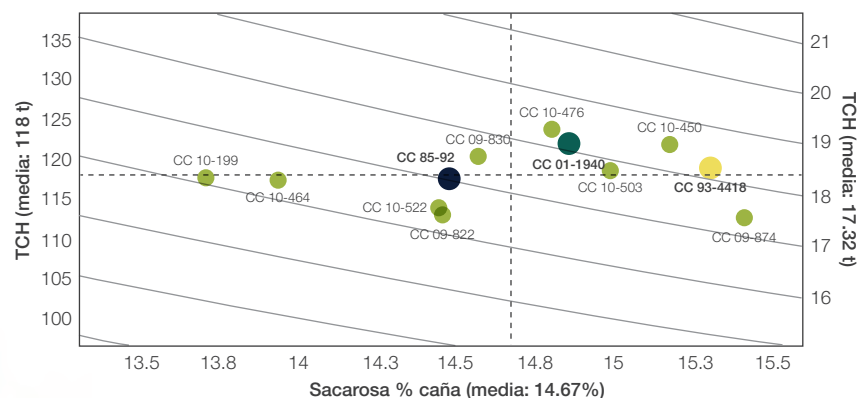
Serie 2009 - 2010 - 2011

Se destacaron las variedades, CC 10-450 y CC 10-503 por producir 3.7%; 2.2% y 1% más sacarosa que la variedad CC 01-1940 (14.85%). En TCH todas las variedades fueron iguales a la variedad testigo, aunque sobresalieron CC 10-450 y CC 10-476.

Para TSH se destacaron las variedades CC 09-874, CC 10-450 y CC 10-476, que produjeron 2.5% y 1.5% más TSH que CC 01-1940 (18.1 t). Las variedades CC 10-450, CC 10-476 y CC 10-503 fueron las de mejor adaptación en las zonas agroecológicas (5H4, 5H3 y 8H3) y con resistencia a las principales enfermedades. **(Figura 23).**

En la prueba regional de la serie 2011 (6 plantillas y cuatro socas) se destacaron las variedades CC 11-595, CC 11-600, CC 11-606 que produjeron 9%, 7% y 5% más toneladas de caña que el testigo comercial CC 01-1940 (128 t). En sacarosa (% caña) las variedades CC 11-493, CC 11-473 y CC 11-465 produjeron 8%, 5% y 4% más sacarosa que el testigo (13.6%). Para TSH se destacaron CC 11-600, CC 11-595 y CC 11-465, las cuales produjeron entre 3% y 9% más TSH.

Figura 23. Análisis combinado a través de once evaluaciones (cuatro ingenios, plantilla, dos socas) de la prueba regional de la serie 2009 - 2010.

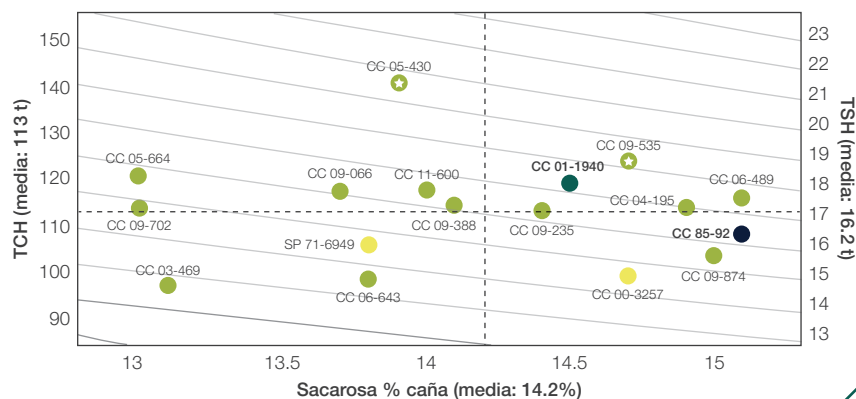


Ambiente piedemonte // Prueba regional Serie 2003 - 2011

Las variedades CC 06-489, CC 09-874, CC 04-195 y CC 09-535 produjeron entre 1% y 4% más de sacarosa (% caña) que CC 01-1940 (14.5%). En cuanto a toneladas de caña se destacaron CC 05-430, CC 09-535 y CC 05-664, entre 2% y 18% más TCH que el testigo (119 t). Las variedades CC 05-430, CC 09-535 y CC 05-664 superaron al testigo produciendo entre 1% y 14% más TSH (Figura 24).



Figura 24. Análisis combinado a través de cinco evaluaciones (3 plantillas y 2 socas) de la prueba regional de la serie 2003 - 2011.



En 2021 se establecieron tres pruebas regionales para evaluar 20 variedades promisorias de la serie 2014 y ocho testigos comerciales. Para el primer semestre de 2022 se proyecta sembrar tres pruebas regionales más.



Cruzamientos

Durante la temporada 2020 - 2021 se incrementó la cantidad de cruzamientos varietales obtenidos en la Estación Experimental San Antonio de los Caballeros de Cenicaña, para desarrollar variedades más productivas. En este periodo se obtuvieron 8,934 familias provenientes de 13,142 polinizaciones. En la temporada 2019 - 2020 se obtuvieron 2,342 familias (4,145 polinizaciones).

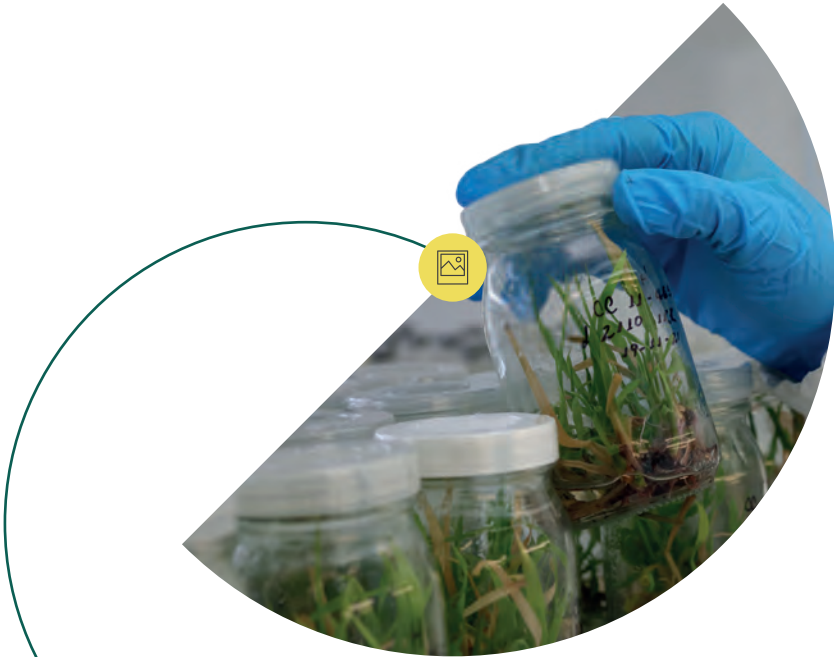
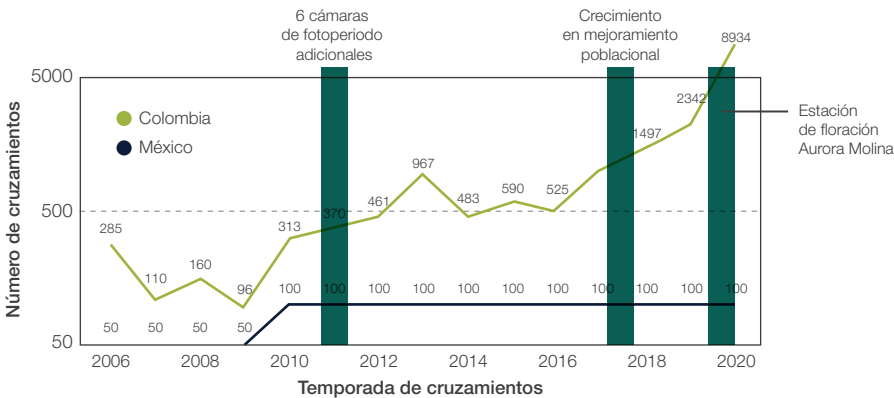
De esas polinizaciones, 8,559 estuvieron dirigidas a mejoramiento de poblaciones y 4,583 a la producción de variedades para los ambientes de selección semiseco, piedemonte y húmedo.

Importación: RB 83-5486, RB 85-5156, RB 83-5089, RB 92-5268, RB 83-5054, RB 96-5902, RB 82-5336, RB 85-5453, RB 92-5211, RB 84-5210 y RB 85-5511 (Fundación de Apoyo Institucional de Desarrollo Científico y Tecnológico [FAI CNP]). Estas variedades harán parte del banco de germoplasma y serán usadas en cruzamientos.

in vitro: RB 98-5476, RB 97-5201, RB 96-5917, RB 93-5744 y RB 97-5952 (FAI-CNP).

El incremento en los cruzamientos se debe a múltiples factores como una nueva estación de floración (Hacienda Aurora Molina), en la que ha florecido cerca del 80% de nuevos padres elite; usar padres provenientes del mejoramiento poblacional donde no se selecciona en contra de la floración y mayor aprovechamiento de las casas de fotoperiodo (Figura 25).

Figura 25. Cantidad de polinizaciones realizadas en la EESA y en el Centro de Investigación y Desarrollo de Caña de Azúcar CIDCA durante las temporadas 2006 - 2020.



Dinámica de formación de TCH y acumulación de sacarosa



El conocimiento de la dinámica de formación del TCH y de la acumulación de sacarosa en nuevos materiales es una herramienta fundamental para ajustar prácticas de manejo que contribuyan a maximizar estas variables de interés.

Con ese propósito, Cenicaña caracterizó la dinámica de formación del TCH y de acumulación de sacarosa en una plantilla sembrada en ambiente húmedo. Esta información permite definir los periodos críticos para priorizar labores de riego, drenaje y nutrición y contribuye al establecimiento de lineamientos básicos de manejo agronómico de las variedades CC 09-830, CC 10-450, CC 11-595, CC 11-600 y CC 01-1940.

De acuerdo con la caracterización:

- El TCH inicia su formación después de los 3 meses después de la emergencia (MDE).
- El periodo de crecimiento lento va hasta los 5 MDE y entre los 6 y 10 MDE inicia la fase de rápido crecimiento, en la cual el TCH alcanza tasas absolutas de hasta 22 TCH por mes. CC 09-830 y CC 11-595 mostraron baja tasa de formación de nuevo tonelaje después de los 11 MDE (<10 TCH/mes), CC 10-450 presentó un crecimiento tardío (>10 TCH/mes) (Figura 26).
- Las mayores tasas de acumulación de sacarosa (2% de sacarosa/mes) están entre los 6 - 9 MDE para CC 10-450, CC 11-595, CC 11-600 y CC 01-1940, mientras que CC 09-830 mostró una acumulación temprana, con un periodo de mayor acumulación entre los 5 - 8 MDE. Al final del ciclo variedades como



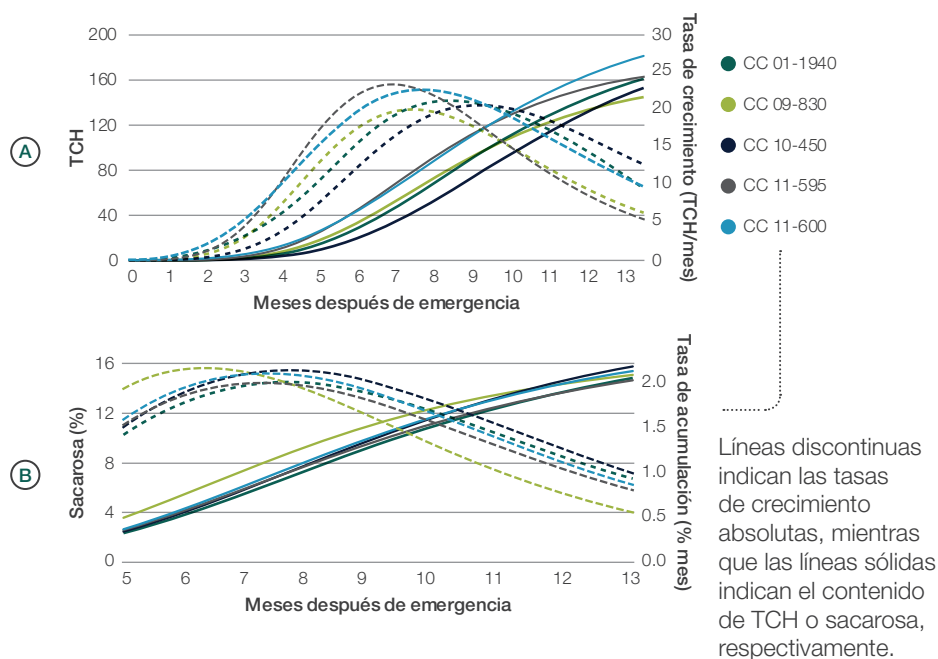
Cenicaña continuará con los estudios sobre dinámica de formación de TCH y acumulación de sacarosa y los trasladará al manejo agronómico de las fincas piloto establecidas en el 2021 para la evaluación de nuevos materiales y tecnologías.

CC 10-450 y CC 01-1940 consiguieron una mayor tasa de acumulación (1% de sacarosa/mes) en contraste con CC 09-830 y CC 11-595, que mostraron las menores tasas (0.7% de sacarosa/mes) (Figura 26).

- En las condiciones del análisis, CC 10-450 y CC 11-600 presentaron el mayor contenido de sacarosa en tallos maduros y limpios a los 12.8 MDE (15.4% – 15.8%).



Figura 26. Caracterización fisiológica de cinco variedades evaluadas en ambiente húmedo para **A.** Dinámica de la formación del TCH. **B.** Dinámica de la acumulación de sacarosa.



Mercadeo de Variedades



Mezclas varietales

Para contribuir a la adopción de variedades promisorias y ampliar el abanico varietal para cada ambiente de selección se analizó la productividad y rentabilidad de una mezcla varietal o arreglo en campo con distintas variedades, buscando complementariedad en fitosanidad y productividad.

- La mezcla de 1/3 de CC 01-1940 con 2/3 de CC 09-535 presentó 6% más utilidad que el testigo CC 01-1940. También se destacó la mezcla de 2/3 de CC 01-1940 con 1/3 de CC 09-235 por presentar 4.8% mayor utilidad que CC 01-1940 (**Figura 27**).
- Todas las posibles mezclas de CC 01-1940, CC 05-430 y CC 09-235 presentaron mayor rentabilidad que el testigo CC 01-1940 entre 2.2% y 6.0%, en donde la mezcla de 1/3 de CC 01-1940, 1/3 de CC 05-430 y 1/3 de CC 09-235 representó una utilidad del 6.0 % (**Figura 28**).

Figura 27. Gráfica de isoproductividad del análisis combinado (plantilla y dos socas). Ingenio Sancarlos, 6H1. Compuesto 1. 2019 - 2021.

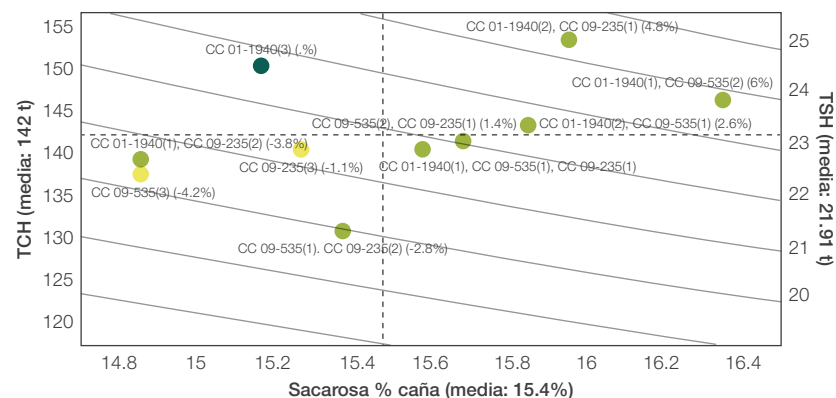
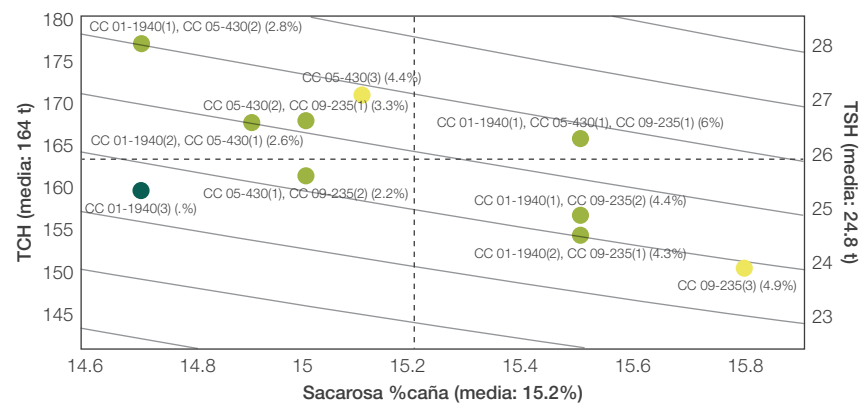


Figura 28. Gráfica de isoproductividad del análisis combinado (plantilla y dos socas). Ingenio Sancarlos, 6H1. Compuesto 2. 2019 - 2021.



Acompañamiento en la adopción

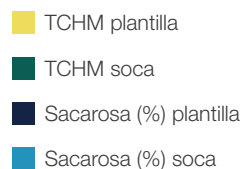
Cenicafña, con el apoyo de los ingenios, continuó acompañando a los proveedores de caña de azúcar en el proceso de renovación del cultivo de caña de azúcar como parte de la estrategia para incrementar la adopción de las variedades con un enfoque de Agricultura específica por sitio (Aeps).

El acompañamiento incluye visitas para determinar las condiciones de campo (textura del suelo, profundidad efectiva y signos de drenaje, rocas o nivel freático en sitios estratégicos), se analizan los históricos de productividad de cada suerte, potenciales productivos y curvas de isoproductividad para las zonas agroecológicas de interés. De las opciones varietales encontradas, se provee información general y de productividad.

Adicionalmente se realizaron actividades de capacitación sobre criterios para la renovación y selección de variedades en cuatro seminarios web con más de 280 asistentes.



En el año 2021 se acompañó la renovación de 842 ha en 31 fincas de proveedores.



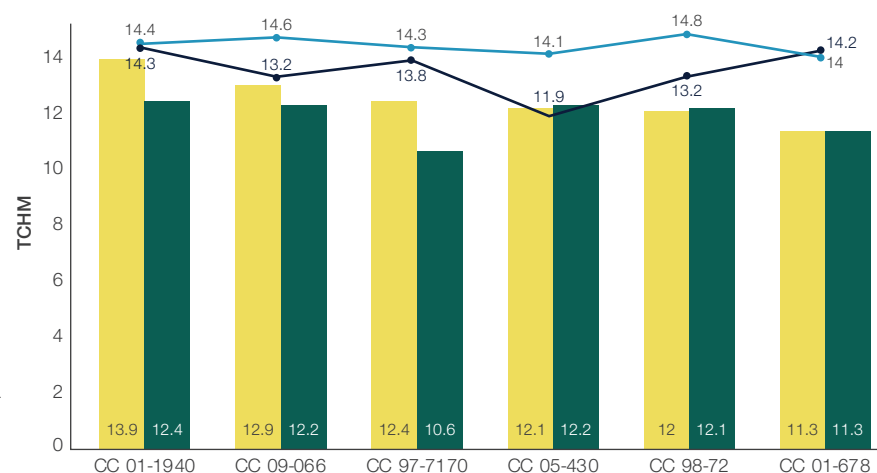
Área demostrativa

Cenicafña continuó evaluando seis opciones varietales comerciales para el ambiente semiseco en un área demostrativa de 7.3 hectáreas (CIAT, segundo corte [14.8 meses]):

- Las variedades CC 01-1940, CC 09-066, CC 05-430 y CC 98-72 presentaron una productividad similar en TCHM (entre 12.2 y 12.4). La sacarosa de las seis variedades mostró valores superiores al 14%, destacándose CC 98-72 con 14.8% (**Figura 29**).
- Tener diferentes variedades para el ambiente semiseco con similares productividades a CC 01-1940 contribuye a evitar riesgos fitosanitarios asociados a la predominancia de una variedad.



Figura 29. Área demostrativa, productividad cortes 1 y 2.



Seguimiento a la variedad

CC 01-1940



Un seguimiento a la variedad CC 01-1940 en los últimos doce años, evidencia el aporte de este desarrollo varietal a la productividad de la agroindustria:

- Acumulado año tras año en productividad comparativa con la CC 85-92, 148 toneladas de caña por hectárea adicionales. En la **figura 30** se resume el delta de tonelaje por año entre ambas variedades (Delta positivo la mayor parte del tiempo a favor de CC 01-1940).
- La variedad CC 01-1940 entregó acumulativamente al sector 13.4 toneladas de azúcar por hectárea (TAH) adicionales respecto a CC 85-92.



Figura 30. Productividad de CC 01-1940 vs CC 85-92. 2010 - 2021 (octubre).



2010

Ocho suertes con diferencias en productividad a su favor de 28 TCH.

2011
2012

Diferencias a favor de CC 85-92, asociadas a la adaptación de la nueva variedad, ajustes en el manejo convencional, ubicación, etc. (13 y 100 suertes).

2013

3228 hectáreas cosechadas (521 suertes).

2014
2021

Diferencias positivas en tonelaje.

Impacto de enfermedades en productividad y semilla



Con el objetivo de determinar el efecto de la roya naranja sobre la productividad de CC 01-1940, se estableció un experimento con cuatro tratamientos:

01

Un producto químico
(Pyraclostrobin
+Epoxyzonazole).



Resultados

Los resultados de producción no mostraron diferencias significativas respecto al testigo sin aplicación en TCH, sacarosa (% caña), fibra y brix entre los productos de síntesis química, fertilizantes y biológico.

02

Producto biológico
(*Bacillus subtilis*).

03

Fertilizante
(fertilizante completo
con fitohormonas
y vitaminas).

04

Y el testigo
sin aplicación.

De otro lado, se comparó el desarrollo de los tallos inoculados con una cepa de *Colletotrichum falcatum* (muermo rojo) para evaluar el efecto de la enfermedad sobre la calidad de la semilla de la variedad CC 01-1940. En los experimentos se encontró que el patógeno afecta la germinación y sobrevivencia en alrededor del 40%.



Ampliar el conocimiento sobre brote de especies de *Diatraea*



Las especies *Diatraea tabernella* y *D. busckella* han venido colonizado áreas desde el norte hacia el sur del valle del río Cauca, lo que evidencia un posible desplazamiento de especies preexistentes (*D. saccharalis* y *D. indigenella*). Para entender su predominancia en la región y el país, Cenicaña avanza en el estudio de los tiempos de desarrollo y aspectos biológicos de estas especies. Algunas de las observaciones son:

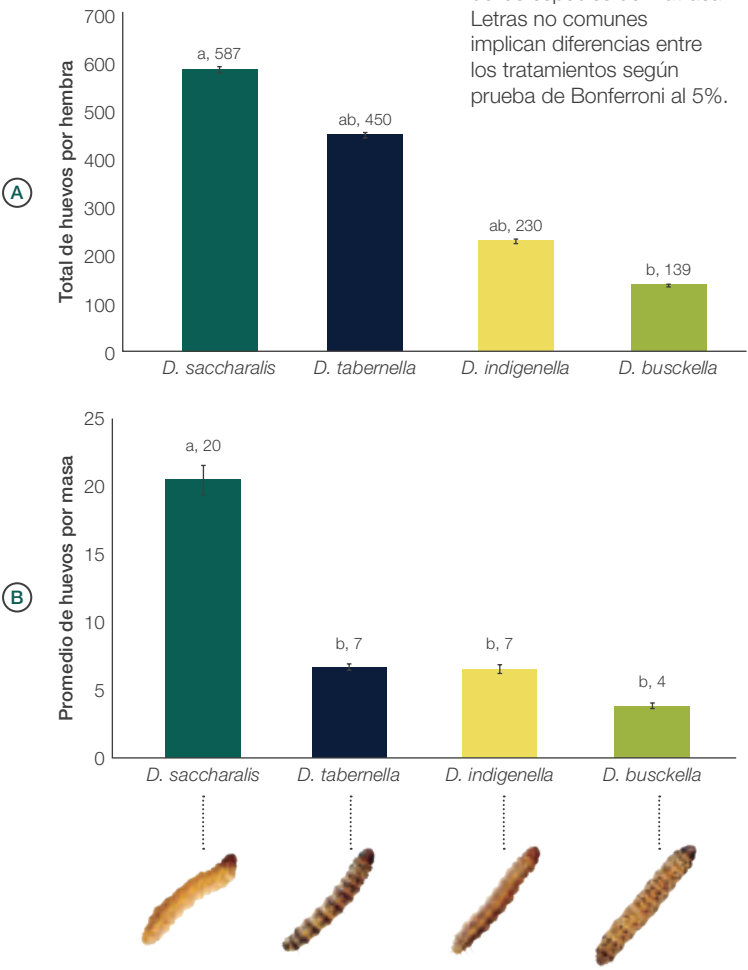
- Mayor duración del estado de larva para *D. busckella* y *D. tabernella* con respecto a *D. saccharalis*, lo que favorecería el incremento de los daños en campo; puesto que estos barrenadores estarían consumiendo los entrenudos de la caña por un periodo de tiempo más prolongado.
- El peso de las pupas hembras de *D. tabernella* puede ser uno de los factores que biológicamente le permite tener un número de huevos casi tan alto como *D. saccharalis* (Figura 31A).
- La dispersión en campo de las especies *D. busckella* y *D. tabernella* parece ser una ventaja frente a *D. saccharalis*; ya que las primeras depositan sus huevos (entre 4 a 7 huevos) en pequeñas posturas dispersas espacialmente (Figura 31B), disminuyendo la posibilidad de ataques por parasitoides o la competencia interespecífica de los primeros estados en una misma planta.



Hacer seguimiento a la composición de especies de *Diatraea* en los predios de la agroindustria en el valle del río Cauca, permite anticiparse para evitar su predominio. Adicionalmente, verificar la acción de los parasitoides liberados asegura que las prácticas de liberación contribuyan a una buena dispersión de los parasitoides en el campo.



Figura 31.
A. Promedio de huevos ($\pm$ error estándar) por hembra.
B. Número de huevos por postura en cada una de las especies de *Diatraea*. Letras no comunes implican diferencias entre los tratamientos según prueba de Bonferroni al 5%.



Manejo integrado de *Telchin licus* en la altillanura



Cenicaña desarrolló una propuesta de manejo integrado del barrenador gigante *Telchin licus* (plaga endémica en cerca de las 20,000 hectáreas de la altillanura colombiana), basada en la integración de insecticidas selectivos, entomopatógenos y prácticas culturales como el aporque.

El insecticida selectivo *clorrantraniliprol* y los productos de *Beauveria bassiana* y *Bacillus thuringiensis*, orientados al control de larvas en sus estadios tempranos, y como complemento labores de aporque para impedir la emergencia de los adultos se mostraron como alternativas eficaces para el manejo de la plaga.

Para la evaluación de esta propuesta se probaron dosis del insecticida con la molécula *clorrantraniliprol* (selectiva para plagas de lepidópteros y de acción sistémica en la planta), se verificó la eficacia de las dosis (350 ml/ha y 500 ml/ha) y su residualidad (hasta 180 días) (**Figura 32A**), en condiciones favorables de humedad y coincidiendo con larvas y plantas en estadios tempranos.

La práctica cultural del aporque, por su parte, contribuyó a la reducción de la población de la plaga (reduce la emergencia de los adultos hasta en 65%) (**Figura 32B**). Finalmente, los productos *B. bassiana* y *B. thuringiensis* en dosis de 0.5 kg/ha y 1.0 kg/ha respectivamente, redujeron las poblaciones de la plaga, mostrándose promisorias para su uso en control microbiológico (**Figura 32C**).



Figura 32. Alternativas para el control del barrenador gigante *T. licus*:



A Larva en descomposición afectada por el insecticida *clorrantraniliprol*.



B Aporque mecanizado para control cultural de adultos.



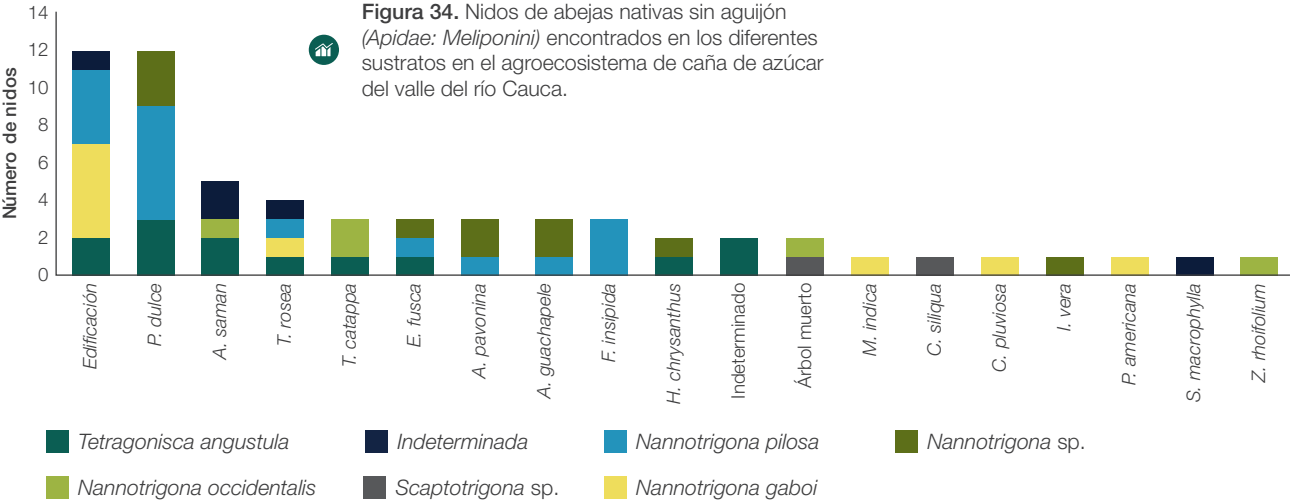
C Restos de larva cubierta con micelio blanquecino de *B. bassiana*.

Caña Biodiversa: abejas nativas en el agroecosistema de la caña de azúcar

Con el objetivo de conocer la diversidad de abejas que acompaña los cultivos de caña de azúcar se muestrearon corredores ribereños y fragmentos de bosque en el valle del río Cauca:

- Se recolectaron 144 individuos de abejas nativas clasificados en 24 morfoespecies, que pertenecen a tres familias: *Apidae*, *Halictidae* y *Megachilidae* (Figura 33). Esta es la primera vez que se reportan siete especies de abejas sin aguijón (*Apidae*: *Meliponini*) en el agroecosistema de la caña de azúcar.
- Muchos árboles fueron un sitio propicio para ubicar sus nidos. Se encontraron más de 60 nidos de abejas sin aguijón pertenecientes a los géneros: *Scaptotrigona*, *Tetragonisca* y *Nannotrigona* (Figura 34).

Figura 33. Corredor ribereño asociado al cultivo de caña de azúcar, con tres familias de abejas nativas encontradas: A. Halictidae, B. Apidae y C. Megachilidae.



Los resultados demuestran que la vegetación natural circundante a los cultivos de caña de azúcar brinda requerimientos como sitios para nidificación, plantas alimenticias y se asume que brindan otros recursos indispensables para el sostenimiento de estas abejas.

Evaluación de resistencia en el proyecto SAM



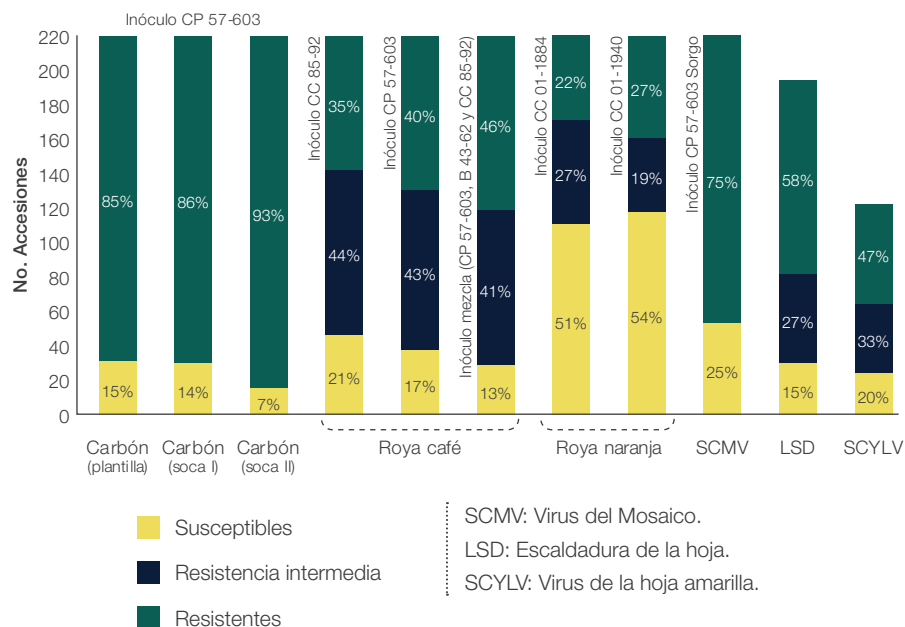
En 2021 concluyó la evaluación de la resistencia de los 220 materiales del proyecto de selección asistida por marcadores moleculares (SAM) a las enfermedades roya café, roya naranja, carbón y mosaico.

Los resultados mostraron alta variabilidad en la reacción y en la virulencia de los inóculos utilizados para las cuatro enfermedades (**figura 35**).

Estos se usarán para la identificación de marcadores moleculares asociados a la resistencia/susceptibilidad a estas enfermedades.



Figura 35. Estado actual de la caracterización fitopatológica de la población de los 220 individuos del proyecto SAM.



Metodologías de machine learning para procesos rutinarios

Cenicaña avanza en la utilización de metodologías de inteligencia artificial, aprendizaje automático (*Machine Learning*) y aprendizaje profundo (*Deep learning*) para incorporar a trabajos rutinarios de investigación.

Bajo esta premisa en el transcurso del año se validaron distintas técnicas basadas en algoritmos de *Deep learning* para la clasificación y conteo de uredosporas de las royas naranja y café. Para tal fin, se entrenó un modelo de red neuronal convolucional para la clasificación en tiempo real de las uredosporas.

Los resultados obtenidos mostraron una alta capacidad de los modelos y consistencia entre los modelos de entrenamiento y de prueba (Figura 36). Con estos resultados se abre la posibilidad de automatizar parcial o totalmente esta labor en el mediano y largo plazo. Se planea continuar con la implementación de este tipo de modelos en otras actividades rutinarias de clasificación y conteo.

Figura 36. Resultados modelos de Deep Learning para detectar uredosporas de roya naranja y café.

	Patógeno	Entrenamiento R²	Prueba R²
	Roya naranja	0.989	0.989
	Roya café	0.974	0.949
	Patógeno	Entrenamiento R²	Prueba R²
	Otros	0.885	0.949



Segunda versión del ensamblaje del genoma



Durante el 2021 se entregó la segunda versión del ensamblaje del genoma de la caña de azúcar de la variedad CC 01-1940. Este ensamblaje cuenta con un N50 de 35 Mbp, 10 pseudocromosomas, 44 scaffolds, 35,035 contigs, y un tamaño total de 903,2 Mbp (**Figura 37**).

Esta versión cuenta con un total de 63,724 genes, 38,408 más que los anotados en el genoma del híbrido de caña de azúcar R570 (Garsmeur et al., 2018) y 28,189 genes más que los del genoma de *S. spontaneum* (J. Zhang et al., 2018). Igualmente, se encontró una alta colinealidad con los genomas de referencia mencionados (R570 y *S. spontaneum*), lo que sugiere una alta calidad del genoma CC 01-1940.



Análisis de asociación genética para acumulación de sacarosa

Tras realizar un análisis de asociación del genoma para la producción y acumulación de sacarosa en un ambiente húmedo, se identificaron 127 marcadores comunes que podrían estar asociados a esta variable de interés.

Para cada una de las edades de evaluación se identificaron 150 marcadores asociados con esta característica, de los cuales 127 fueron comunes entre los 10 y los 13 meses de evaluación. Estos marcadores tienen interés en la búsqueda de genotipos con maduración temprana o tardía.

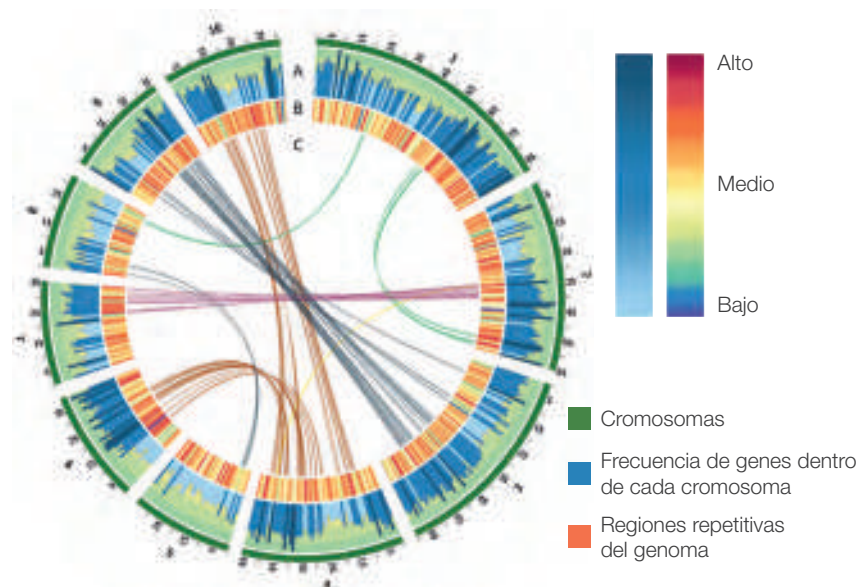


ESCANEE EL QR

Los resultados de la investigación de Cenicaña sobre el ensamblaje del genoma de la variedad CC 01-1940 fueron publicados en la revista *Frontiers-Plant Science*. Consulte en línea el artículo **Unraveling the Genome of a High Yielding Colombian Sugarcane Hybrid**.



Figura 37. Genoma ensamblado del híbrido de caña de azúcar CC 01-1940.



Evaluaciones a material

transformado



En el proceso de caracterización funcional de genes de caña de azúcar, se evaluó la función del gen *fosfatasa alcalina* (FA23), sobre plantas de *A. thaliana*. Este gen logró conferir tolerancia al estrés por déficit hídrico y contribuir a la acumulación de biomasa con un incremento en peso del 15%.

Con el objetivo de incrementar la tolerancia al déficit hídrico en variedades de caña de azúcar, se diseñaron vectores para transformación genética con cada uno de los nuevos genes.

Por otro lado, Cenicaña continuó sus evaluaciones de variedades de caña transformadas con un gen asociado al aumento de contenido de sacarosa y TCH. Además, incluyó en la experimentación un gen asociado a resistencia a *Diatraea* spp.

Las plantas transformadas, junto con otras obtenidas en 2020 de la variedad CC 01-1940, se encuentran en etapa de multiplicación para iniciar bioensayos con las cuatro especies de *Diatraea* spp. que prevalecen en el valle del río Cauca.



Metodologías y protocolos



Agilizar la producción de callo embriogénico para producir plantas in vitro de caña de azúcar es fundamental para los procesos de transformación y edición genética de plantas que adelanta Cenicaña.

Durante el 2021 se modificó el protocolo de producción de callos embriogénicos que permitió pasar de 8.5 meses a 4.5 meses para producir plantas in vitro.

Después de diferentes ensayos en laboratorio se determinó un incremento en la eficiencia de inducción y regeneración de callo embriogénico cuando se agregan vitaminas por separado al medio de cultivo.

Por otra parte, con la colaboración del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Sudáfrica (SASRI), se estandarizó un protocolo para la detección de la roya ocre en muestras de caña de azúcar. Esta enfermedad no está reportada en el país, pero el protocolo es importante para la detección preventiva en la agroindustria colombiana de la caña de azúcar.



HISTORIA



LA HACIENDA PALERMO

y su experiencia como

CENTRO PILOTO



John Jairo Correa
Jefe de zona
Castilla Agrícola





“Como un reto

para el grupo técnico de campo y un mejor entendimiento de las variables limitantes en la producción de la Hacienda Palermo, perteneciente a Castilla Agrícola, se pensó como estrategia iniciar un centro piloto junto con Cenicaña, cuyo objetivo final sería la adopción de prácticas y tecnologías sostenibles que aseguren el mejoramiento de la productividad de forma rentable y con el uso adecuado de los recursos agua y suelo”.

Así, con la seguridad que le dan más de 20 años de experiencia en la agroindustria de la caña de azúcar, John Jairo Correa Daraviña, jefe de zona de Castilla Agrícola, empezó a relatar cómo a partir de marzo del 2021 seleccionando más de 25 hectáreas de la hacienda Palermo, en el municipio de Miranda, en el Cauca, se convirtieron en un gran experimento en un ambiente de piedemonte (zona agroecológica 6H3).

“En Castilla Agrícola promovemos la agricultura específica por sitio como estrategia para desarrollar el potencial genético de las variedades de caña de azúcar en los distintos ambientes, hoy tenemos 20 variedades de la serie 14 para el ambiente de piedemonte, las cuales nos permite comparar su desarrollo y potencial genético. Si logramos seleccionar dos o tres variedades que sobresalgan para este ambiente, habremos asegurado en parte un aumento de la productividad”, dijo.

Y como la variedad no es suficiente, sino también su manejo, con la ayuda de Milton Mejía, técnico agrícola, se dedicó a cuidar como “una niña consentida” el centro piloto en la que Castilla Agrícola se propuso a entender el comportamiento de nuevas variedades, probar diferentes dosis de Nitrógeno, observar la selectividad de algunos herbicidas y hacer seguimiento a resultados del madurante. “Todo un paquete tecnológico para obtener el mayor provecho de nuestras condiciones de clima, suelo y ubicación geográfica”, puntualizó.



ESCANEE EL QR

Conoce el testimonio
completo de John
Jairo Correa.

Lo más importante es que al final este conocimiento es el que nos permitirá afinar el manejo del cultivo para este sitio específico. Cenicaña tiene establecida una metodología de investigación para los centros piloto y esa es la que adoptamos porque es aplicable para cualquier ambiente y es importante unificar criterios de evaluación y evitar desviaciones al sacar conclusiones.



Para el segundo semestre del año 2022 se contará con el análisis de la información de la plantilla en respuesta a las diferentes prácticas de manejo evaluadas.

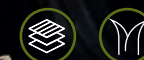


John Jairo Correa
y Milton Mejía.

04

TECNOLOGÍAS Y CONOCIMIENTO

para el manejo del cultivo



Evaluación del riego deficitario controlado



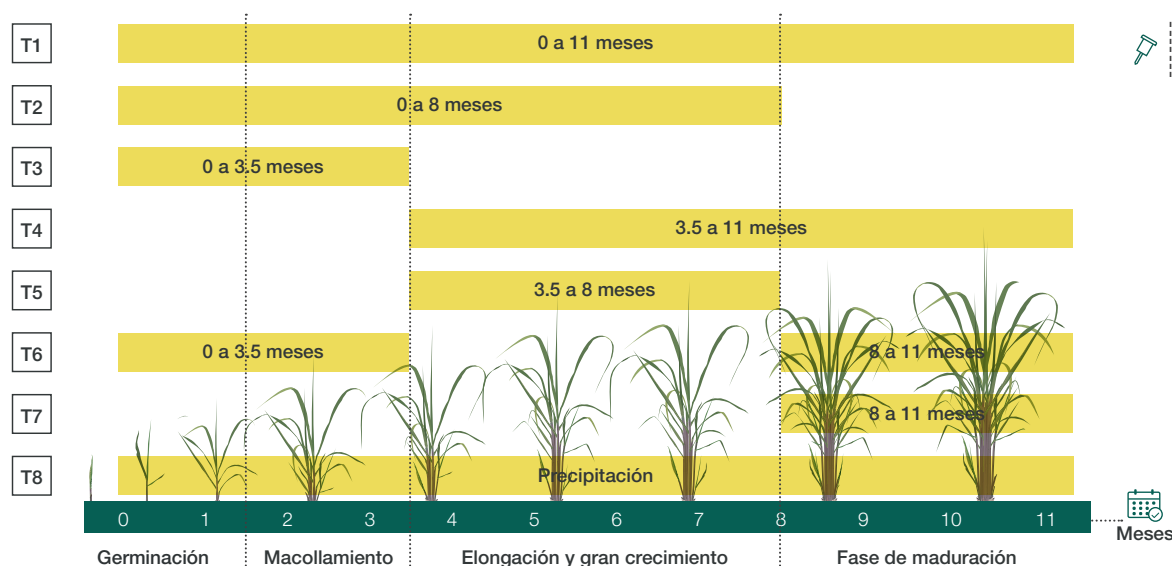
El riego deficitario es una estrategia que consiste en reducir el aporte de agua en etapas fenológicas del cultivo en las que el déficit hídrico no afecte la producción y/o el rendimiento y se minimice el consumo de agua por parte del cultivo.

Cenicaña avanzó en una evaluación de esta estrategia en el segundo ciclo de producción de caña de azúcar con la variedad CC 01-678, bajo condiciones semicontroladas y encontró:

- El déficit de riego limita el intercambio gaseoso, repercutiendo en una menor tasa fotosintética, disminuyendo a su vez la capacidad de la planta para producir biomasa y sacarosa.
- La población, la altura y peso de los tallos fueron los principales parámetros afectados con disminuciones significativas en los tratamientos con déficit hídrico entre los 3.5 y los 8 meses (**Figura 38**).
- Es fundamental el aseguramiento del riego en todo el ciclo, especialmente en la etapa de gran crecimiento, con el fin de evitar pérdidas en la productividad.



Figura 38. Tratamientos evaluados para riego deficitario controlado.



Cenicaña continuará la evaluación del riego deficitario con la variedad CC 05-430 en condiciones semicontroladas y a escala semi-comercial.

Mercadeo de tecnologías de manejo de aguas



Dada la relevancia de las tecnologías que contribuyen a un uso eficiente del agua en las labores agronómicas, Cenicaña destina esfuerzos de capacitación para ampliar la adopción de sistemas como el balance hídrico, los sensores de potencial mátrico, control administrativo del riego, balance hidrológico y caudal reducido (**Figura 39**).



ESCANEE EL QR

Consulte en línea el video de riego por pivote.



ESCANEE EL QR

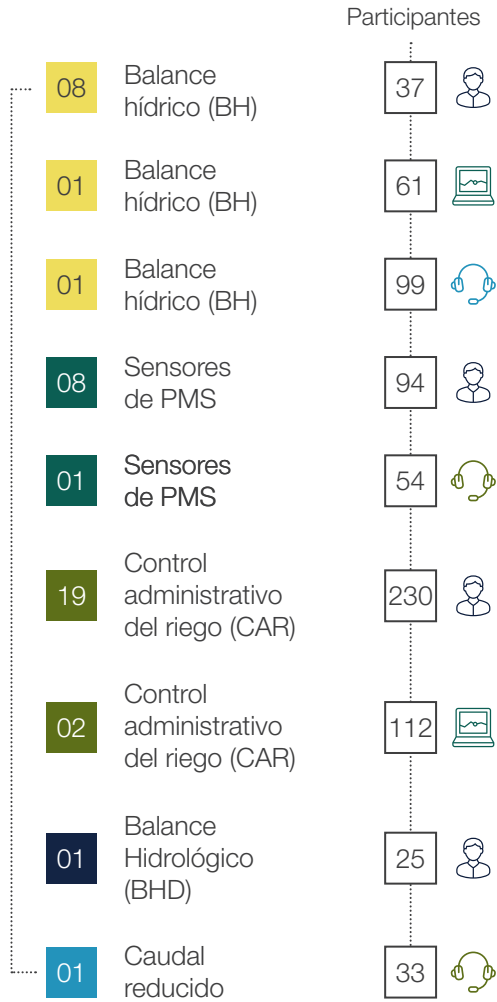
Consulte en línea el video de sensores de potencial mátrico del suelo (PMS).

Número de eventos

Tipo de eventos

- Capacitación virtual
- GTT virtual
- Capacitación presencial
- Seminario en línea

Figura 39. Resumen de eventos de mercadeo de aguas 2021.



Monitoreo del impacto de las acciones



de conservación en las cuencas

Con el objetivo de conocer el impacto de las acciones de conservación implementadas en la zona montañosa del valle del río Cauca a través de la Fundación Fondo Agua por la Sostenibilidad y la Asociaciones de usuarios de los ríos, Cenicafía continuó monitoreando la cantidad y calidad del agua en áreas piloto y las comparó con otras en donde no se realizaron acciones.

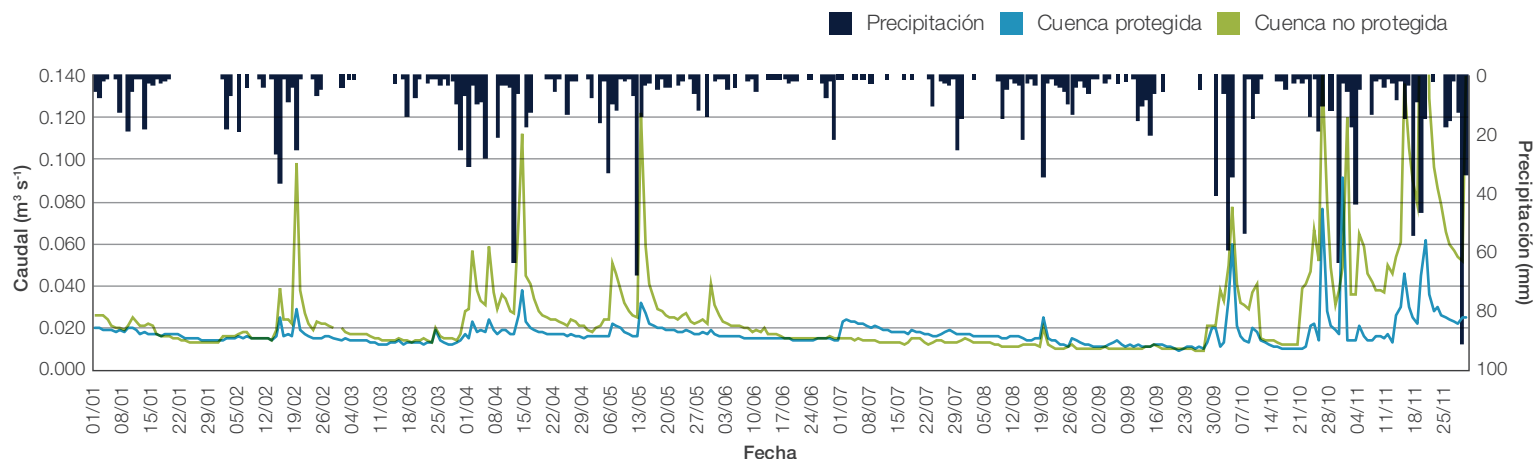


El área protegida mostró una mejor capacidad de regular sus caudales para el año 2021, evidenciando menores caudales máximos en los eventos de lluvia, mientras que en el área no protegida se presentaron mayores valores de estos caudales como respuesta al mismo evento de precipitación.

El análisis comparativo del balance de agua entre el área protegida y el área sin protección indica patrones diferenciados que favorecen a la primera: 12% menos de escorrentía (cantidad de agua lluvia que escurre por la superficie) y, en consecuencia, menores pérdidas de suelo por arrastre; el agua que se infiltra de manera subsuperficial para recargar al caudal del río en la época seca es mayor en 2% y la que penetra de forma profunda para recargar el almacenamiento subterráneo incrementa en 6%, lo que favorece la disponibilidad de agua en la zona plana (Figura 40).



Figura 40. Comparativo del comportamiento de los caudales en una cuenca protegida y otra sin intervención.



Uso de sensores de potencial mátrico para programar los riegos



Con el propósito de desarrollar estrategias que contribuyan con el mejoramiento de la gestión de los riegos en el cultivo de la caña en el valle del río Cauca, en asocio con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) Cenicaña impulsó la iniciativa “Implementación de una red para el monitoreo y gestión eficiente del agua en el cultivo de la caña en el valle del río Cauca”.



Objetivo

Masificación de la tecnología conocida como estaciones automatizadas de medición de potencial mátrico del suelo (PMS.)

120

Estaciones instaladas a lo largo del valle del río Cauca en 2021.

81

Usuarios capacitados en su funcionamiento, interpretación de las lecturas y operación de los aplicativos web.



Cenicaña desarrolla la integración de tecnologías para masificar el uso de mediciones en campo, generando herramientas para la toma de decisiones y contribuyendo con el uso más eficiente del agua. Actualmente se avanza en la implementación de las plataformas de visualización de la información generada.

Avances hacia una agroindustria 4.0

La agroindustria colombiana de la caña de azúcar ha sido pionera en tecnologías e infraestructura para fortalecerse como una agroindustria 4.0. En el 2021 Cenicaña continuó aportando a este propósito:

- Gracias a la cobertura que ofrece la infraestructura de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) y a la Red Real Time Kinematic (RTK), en los últimos años se ha ido incrementando de manera rápida y económica la cobertura de la señal de la Red IoT (o LoRaWan por la tecnología utilizada) en el área cultivada en caña de azúcar.
- Asimismo, este año se puso en servicio un Gateway LoRaWAN en la estación de telecomunicaciones de Distrito RUT la cual le brinda cobertura a los municipios de Obando, Zarzal y Toro.



La estación Corinto de la RMA permaneció fuera de servicio debido a la situación de orden público que impidió el mantenimiento de la estación y de sensores.



Eficiencia en el uso del nitrógeno



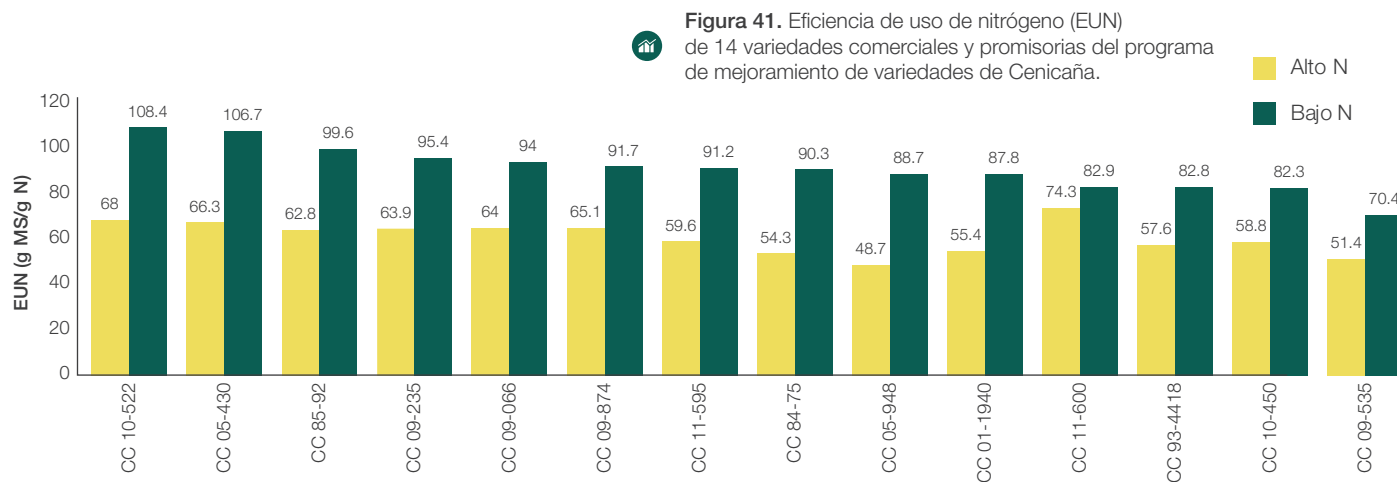
Nuevos estudios mostraron la variabilidad de la eficiencia del uso del nitrógeno (EUN) en las variedades de caña de azúcar, lo que confirma la importancia de conocer el desempeño de cada material ante diferentes factores, como la fertilización nitrogenada, para afinar su manejo.

Un análisis a la evaluación de 14 variedades en sistema hidropónico mostró:

- CC 10-522 (ambiente húmedo) y CC 05-430 (ambiente semiseco) se destacaron por su alta EUN en bajo N (4 mM) (**Figura 41**).
- La alta EUN de CC 05-430 indica un menor requerimiento de nitrógeno en sistemas de manejo convencional y, por lo tanto, podría ser un material idóneo para sistemas de producción orgánica en ambiente semiseco.

- La variedad CC 11-600 presenta alta EUN en alto N (14 mM), pero EUN baja en bajo N, por lo que sería adecuada para sistemas de producción convencionales en ambiente húmedo con alta disponibilidad de N vía fertilizante sintético.

Una evaluación adicional en campo (tres sitios de ambiente semiseco) de la variedad CC 05-430 evidenció lo hallado en condiciones controladas: alta EUN y la oportunidad de optimizar el uso del nitrógeno con la aplicación de dosis moderadas de N (69 - 92 kg/ha). Algunos de estos materiales serán evaluados en campo (centros piloto) bajo la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno.



Maduración inducida en nuevas variedades

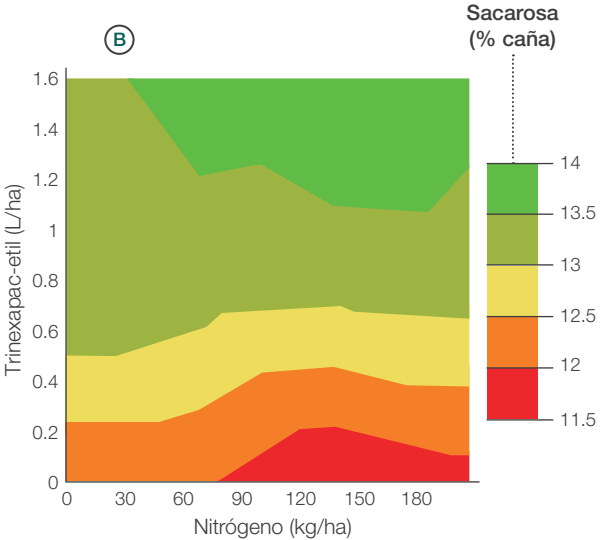
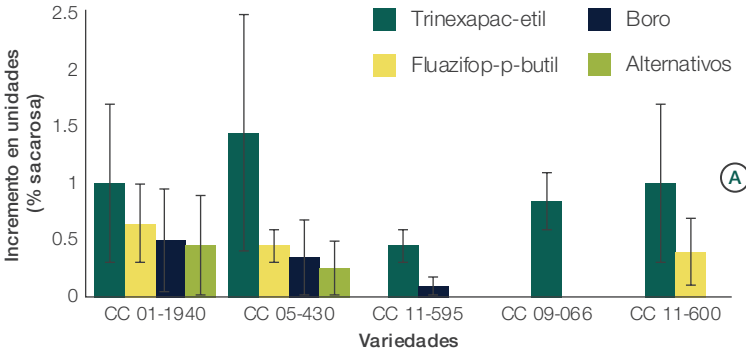


Inducir la maduración para incrementar el contenido de sacarosa en caña de azúcar es una práctica para la cual hay que considerar los cambios en el abanico varietal de la agroindustria.

Con ese propósito, Genicaña evalúa la respuesta de nuevos materiales a la aplicación de diferentes madurantes (Figura 42). En los experimentos realizados se encontró que, dependiendo de la variedad y el ingrediente activo utilizado, es posible incrementar en promedio 0.6 unidades porcentuales (6 kg de sacarosa por tonelada de caña cortada) el contenido de sacarosa:

- Frente a CC 01-1940, la variedad CC 05-430 presentó los mayores incrementos en sacarosa: 2.5% con la aplicación de Trinexapac-etil (8 - 12 cc/tonelada de caña aforada) combinado con una edad alta (~14.5 meses); 0.45% con la aplicación de Fluazifop-p-butil (5 - 6 cc/tonelada de caña aforada); 0.35% con Boro (6 L/ha); y en menor proporción con algunos fertilizantes foliares a base de fósforo y potasio (4 - 6 L/ha).
- Variedades como CC 11-595, CC 09-066 y CC 11-600 presentaron respuestas favorables a dosis más bajas de Trinexapac-etil (5 - 8 cc/tonelada de caña aforada) con aumentos promedio de 0.45 a 1.0%. Actualmente se evalúa el efecto de otros ingredientes activos sobre la maduración en épocas húmedas y secas.

Figura 42. Incremento en la recuperación de sacarosa por la aplicación de madurantes en variedades de caña de azúcar respecto a un testigo sin aplicación (A).



Los datos corresponden a la media de los incrementos relativos en ensayos utilizando la sacarosa % caña obtenida en los periodos óptimos de cosecha para cada ingrediente

Trinexapac-etil: 8 - 10 semanas.
Fluazifop-p-butil: 6 semanas.
Boro y alternativos: 10 - 12 semanas.

Intervalos representan la ganancia mínima y máxima obtenida en los diferentes ensayos experimentales. Efecto de diferentes dosis de Trinexapac-etil y nitrógeno edáfico sobre el contenido de sacarosa de las variedades CC 05-430 y CC 09-066 al momento de su cosecha (B).

Dado que la identificación de dosis óptimas de nitrógeno y madurantes es esencial para fomentar un adecuado balance entre TCH y rendimiento, Cenicaña también evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada y de la maduración (Trinexapac-etil) sobre CC 05-430 y CC 09-066.

Los resultados mostraron que dosis altas (por encima de 90 kg/ha de nitrógeno) pueden disminuir el contenido de sacarosa hasta en 0.5 unidades porcentuales (**Figura 42B**), mientras que dosis de nitrógeno de hasta 90 kg/ha combinadas con aplicaciones de Trinexapac-etil (1.2 L/ha) pueden incrementar los contenidos de sacarosa hasta en 1.5 unidades porcentuales.

Si bien, estos resultados muestran que el uso moderado del nitrógeno con la aplicación de madurantes mejora la productividad y el contenido de sacarosa en las nuevas variedades, es necesario validar los resultados en más ensayos para definir prácticas de manejo en cada variedad.



En 2021 Cenicaña presentó la Red de Experimentos de Maduración (REMA), con la que se busca aumentar la cantidad de experimentos de maduración a lo largo del valle del río Cauca con el apoyo de los diferentes ingenios. REMA constituirá una plataforma de información para avanzar más rápido en el entendimiento de la maduración e identificar las mejores prácticas de maduración en variedades actuales y futuras.



Desempeño de nuevas variedades

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 midiendo la eficiencia de corte (EC) en términos porcentuales.

Esta variable operativa indica la fracción del tiempo de la cosecha en la cual la máquina realizó efectivamente el corte. Un seguimiento a diez variedades de la prueba regional 2011 en seis sitios (plantilla) mostró:

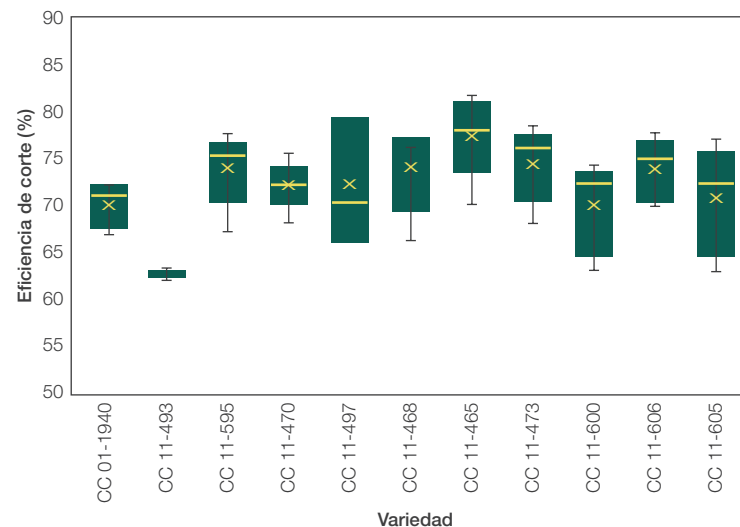
- Eficiencia superior en corte (77.7%) de la variedad CC 11-465. La variedad CC 11-493 mostró la menor eficiencia (62.8%) (Figura 43).
- La EC presenta una relación inversa con los residuos agrícolas antes de la cosecha. Así, variedades de alta biomasa en hojas verdes, secas y cogollo al momento de la cosecha tienden a presentar menor eficiencia de cosecha.

Otro seguimiento al comportamiento de las variedades en el corte manual, calculando el rendimiento del cortero (RC) en términos de t/hombre en un lote experimental en ambiente húmedo en plantilla, mostró:

- A las variedades CC 11-600 y CC 11-605 en el valor meta para el indicador (3.0 - 3.6 t/hombre) con rendimientos de 3.0 y 3.1 hombre, respectivamente.
- La variedad CC 11- 595 presentó un valor inferior a la meta establecida con 2.53 t/hombre.



Figura 43. Eficiencia de corte de algunas variedades de la serie 11 - ambiente húmedo (plantilla), seis sitios de evaluación.



Identificación de criterios para resiembra



La resiembra es una práctica que contribuye a compensar las pérdidas de población del cultivo. Pese a su importancia, en la agroindustria no existe un criterio unificado respecto a la distancia mínima de resiembra y área de despoblada.

En experimentos establecidos en un ambiente semiseco se evidenció:

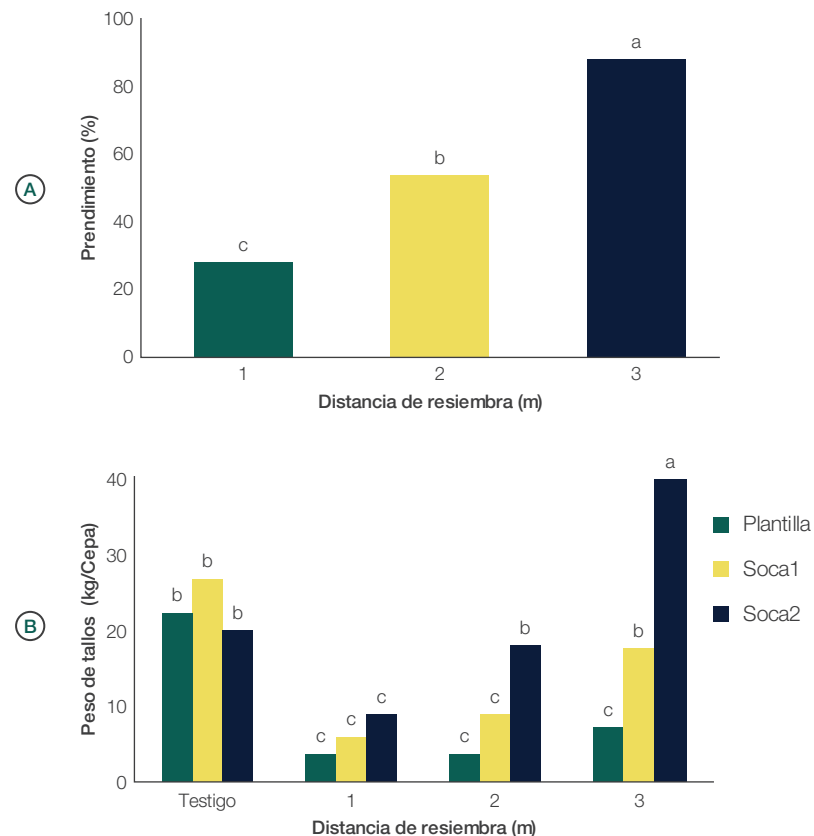
- Aumento del porcentaje de prendimiento (relación plantas emergidas/cepas cosechadas) con la distancia de resiembra.
- Mayor prendimiento (88%) se obtuvo con distancias de 3m, mientras que el menor prendimiento (28%) se observó con distancias de 1m (**Figura 44A**). Con respecto a cepas no resembradas, las resiembras a 1m solo compensaron 45% de la productividad después de tres cortes; mientras que resiembras a 2m y 3m recuperaron el 100% del peso al tercer y segundo corte, respectivamente (**Figura 44B**).
- Las resiembras en espacios mayores de 1.5m y con áreas despobladas del 5% pueden recuperar más de cinco TCH.



Cenicaña proyecta validar estos resultados en ambiente húmedo y evaluar metodologías que permitan aumentar la eficiencia de la resiembra.



Figura 44. A. Efecto de las distancias de resiembra. **B.** Porcentaje de prendimiento.



Centros piloto



El mejoramiento genético y la adopción de nuevas variedades de caña de azúcar son actividades continuas y dinámicas, que además de brindar materiales genéticos con mejores características que sus antecesores, también se debe acompañar de unos lineamientos básicos de manejo agronómico en temas como el riego, la fertilización, control de arvenses y maduración.

En el 2021 se constituyeron cuatro centros piloto (ambientes semiseco, húmedo y piedemonte) y se inició la siembra de dos más, con el propósito de establecer estados tempranos de selección y desarrollar los lineamientos para el manejo agronómico de variedades en estados más avanzados y en lotes comerciales. En el caso de estas últimas se está caracterizando la respuesta general de los nuevos genotipos al estrés hídrico, nitrógeno, madurador y susceptibilidad a algunos herbicidas. Cenicaña elaboró un ejercicio para el cálculo de los indicadores económicos resultantes del comportamiento de productividad de la agroindustria para el primer semestre del 2021.

Experimentos

- 01 Desarrollo de nuevas variedades en diferentes estados de selección.
- 02 Respuesta al nitrógeno.
- 03 Respuesta al agua.
- 04 Respuesta a los madurantes.
- 05 Ecofisiología.
- 06 Susceptibilidad a herbicidas.



Centros piloto

01

Ingenio Incauca
Hacienda Tifton

1,860
Precipitación promedio (mm)

3H3 8H3

- CC 01-1940
- CC 11-595
- CC 11-600
- CC 12-21-20
- CC 14-3296

02

Ingenio Mayagüez
Hacienda Santa fé

1,054
Precipitación promedio (mm)

11H1

- CC 01-1940
- CC 05-430
- CC 08-22
- CC 11-0132
- CC 09-535
- CC 04-195

03

Ingenio Riopaila Castilla (Castilla)
Hacienda Palermo y Porvenir

1,381
Precipitación promedio (mm)

6H4 6H3 7H3

- CC 01-1940
- CC 05-430
- CC 11-595
- CC 14-3296
- CC 12-2120

04

Ingenio Carmelita
Hacienda La Julia, La Bertha y El Carmen

1,283
Precipitación promedio (mm)

11H1 11H2 6H2 10H3

- CC 01-678
- CC 05-430
- CC 09-066
- CC 11-595
- CC 11-600
- CC 12-2120

Análisis económicos por zonas climáticas y agroecológicas



Los resultados por zona climática homóloga muestran que las zonas 1, 2 y 3 tienen ingresos netos por encima del promedio del sector. Mientras que las zonas climáticas 5, 7 y 4, están situadas por debajo del promedio del sector, aunque con utilidades operacionales positivas (**Tabla 4**).

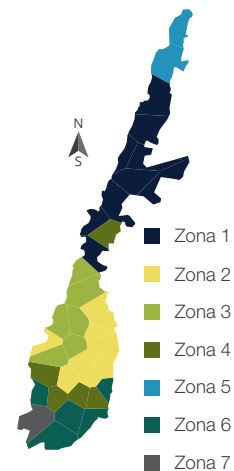


Los indicadores económicos de este ejercicio permiten visualizar la ventaja comparativa de adoptar y sembrar nuevas variedades de caña de azúcar.



Tabla 4. Resultados de índices económicos por zonas climáticas homólogas. Primer semestre 2021.

Zona climática homóloga	TCH	Rendimiento	Índice de utilidad (ha)	Índice de utilidad (tonelada de azúcar)	Número de suertes	Área cosechada
			Valores expresados en índice (base promedio del sector)			
1	123.1	11.4	25	15	804	2,899
2	126.2	11.3	25	14	1,701	12,328
3	138.0	10.6	22	9	1,168	12,516
4	125.8	10.2	-5	-3	1,632	13,755
5	119.9	10.1	-15	-8	1,061	7,525
6	102.5	9.9	-40	-23	1,419	5,515
7	110.8	10.7	-12	-3	190	1,650
Promedio	120.90	10.60	100	100	1,139	8,027



El análisis se realizó bajo el supuesto de un valor del precio ponderado de azúcar y de los costos de producción y desde la perspectiva de la tenencia propia para un ingenio.

Con estos datos se calculó el ingreso neto (utilidad).

Figura 45. IsoUtilidad para la zona agroecológica 6H1.

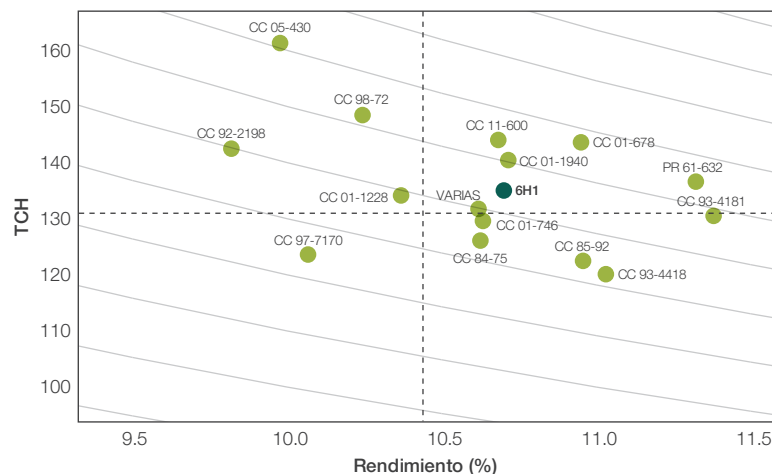


Figura 46. IsoUtilidad para la zona agroecológica 11H1.

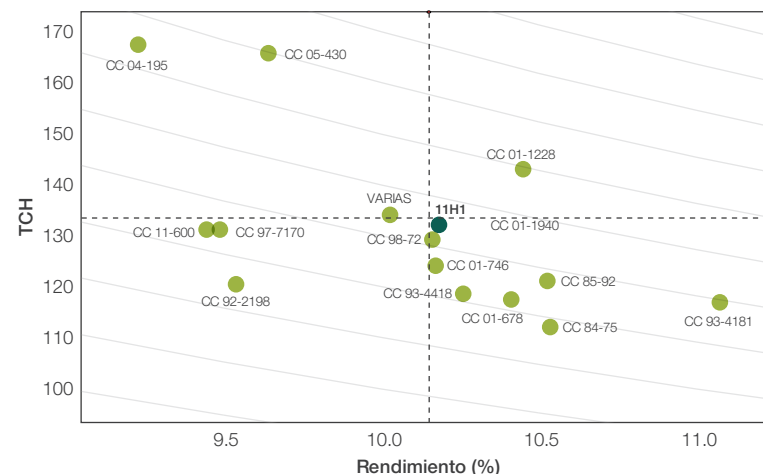
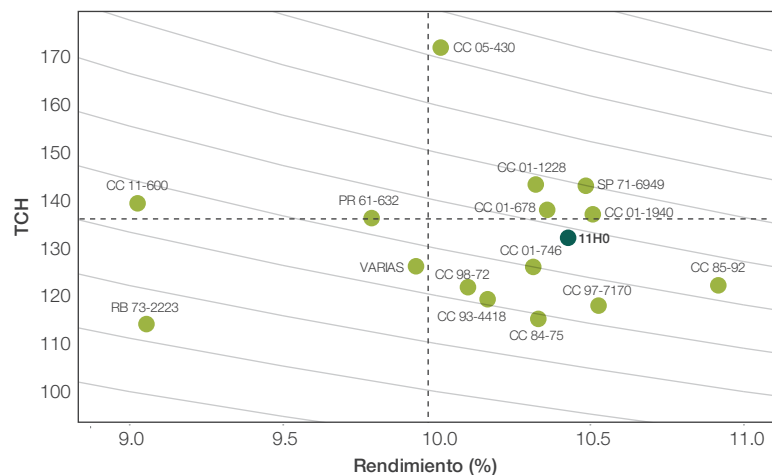


Figura 47. IsoUtilidad para la zona agroecológica 11H0.



Las figuras muestran los deltas de la utilidad de cada variedad (utilidades marginales) en el eje Y2 (líneas diagonales) con respecto a la utilidad promedio de la zona.

Para la zona agroecológica 6H1, las variedades CC 93-4181, CC 01-678, CC 11-600 y CC 01-1940 están por encima de la utilidad promedio (**Figura 45**).

Para la zona agroecológica 11H1, las variedades CC 01-1228, CC 93-4181, CC 01-1940, CC 05-430 y CC 85-92 están por encima de la utilidad (**Figura 46**).

Para la zona agroecológica 11H0, las variedades CC 05-430, CC 85-92, CC 01-1940, CC 01-1228 y CC 01-678 estuvieron por encima del promedio (**Figura 47**).

Arcrop: plataforma para segmentación de imágenes aéreas



La obtención de información agronómica a partir de imágenes colectadas por drones representa una oportunidad para mejorar la precisión y la oportunidad en la toma de decisiones de manejo y cosecha del cultivo.

En el último año Cenicaña empezó a trabajar en el desarrollo de Arcrop, un software para procesar y analizar imágenes aéreas obtenidas con drones comerciales de uso común. La plataforma actualmente es funcional y está en prueba con ingenios y cultivadores.

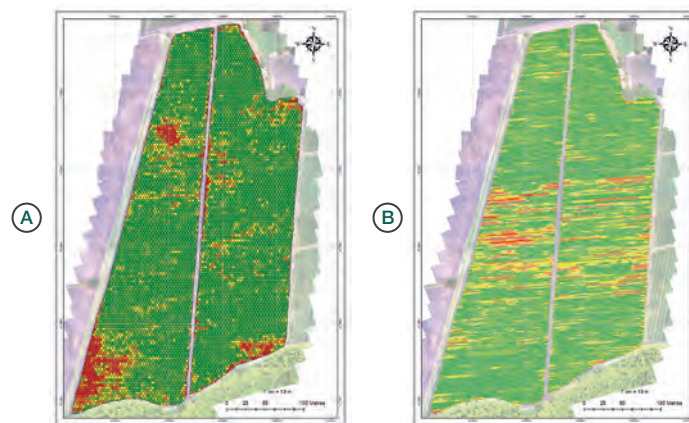
Con los análisis realizados con Arcrop el usuario podrá conocer el porcentaje de despoblación, ubicación espacial de los segmentos de surcos sin caña y la distribución espacial de la despoblación. Esta información permite calcular la cantidad de paquetes de semillas para realizar labores de resiembra y observar el comportamiento de la densidad de vegetación para tomar decisiones sobre la resiembra y otras labores con base en datos reales (**Figura 48**).



Arcrop parte de un ortofotomosaico generado a partir de fotografías aéreas tomadas con un dron. Este insumo se envía a Cenicaña vía correo electrónico para su procesamiento. Los productos de Arcrop son almacenados y compartidos desde la nube y son expuestos en formato shapefile para su uso desde software GIS. Con la metodología actual es posible digitalizar las líneas de surcado de una hectárea de cultivo de caña de azúcar en aproximadamente siete minutos.



Figura 48. Imágenes de productos Arcrop:
A. Despoblación por Línea. B. Espacio entre surcos. C. Interfaz de Arcrop.



Energía específica de impacto en el corte

de caña de azúcar



Para controlar las condiciones operativas que permiten un desempeño óptimo de la cosecha mecanizada es necesario conocer las propiedades mecánicas de las variedades de caña de azúcar, como energía específica de impacto, esfuerzo cortante, esfuerzo de flexión y el módulo de Young.

Mediciones para las variedades CC 01-1940 y CC 85-92 mostraron los siguientes resultados:

- Valor promedio para CC 01-1940: 3.52 J cm^{-2} y CC 85-92: 4.36 J cm^{-2} de energía específica de impacto (**Figura 49**).
- Tercio medio y bajo, en ese orden, presentaron los mayores valores de energía específica de impacto.
- Para asociar los resultados en laboratorio con la operación de las máquinas, se realizó un seguimiento en campo y registró la presión hidráulica de trabajo del trozador.
- Diferencias en la potencia consumida, que se reflejan en un aumento del consumo de combustible de $0,22 \text{ L/t}$ cuando se corta CC 85-92, variedad con mayor energía específica de impacto.

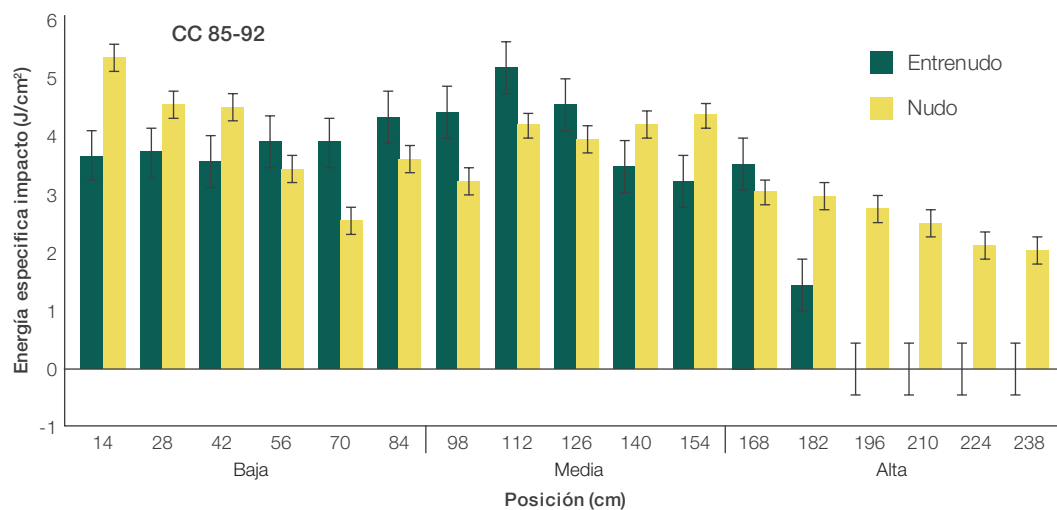
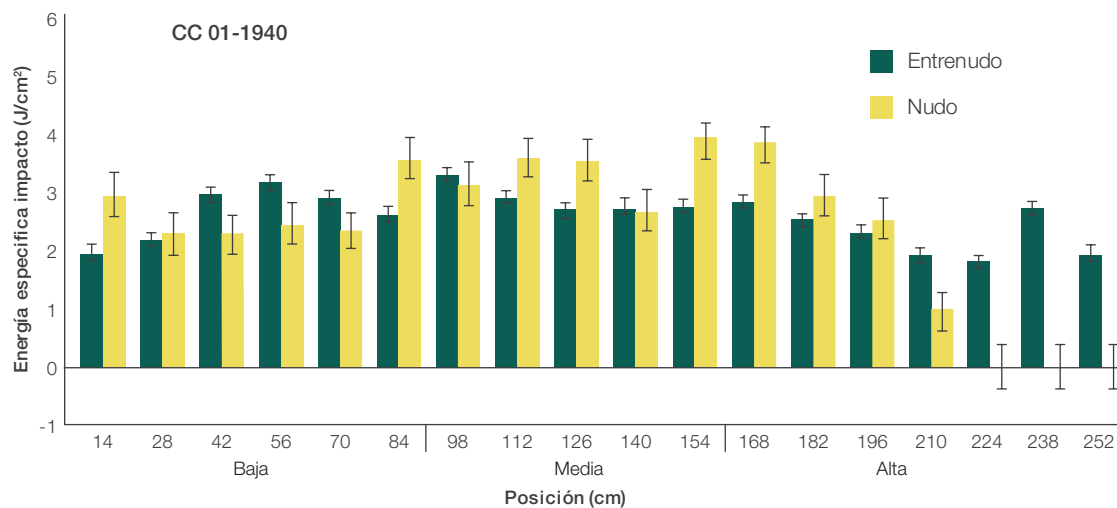


La caracterización de estos parámetros permite entender variaciones en parámetros como la eficiencia de corte, la calidad de troceado, el consumo de combustible y la generación de propuestas de optimización de dichos parámetros con la configuración de la máquina.





Figura 49. Energía específica de impacto por variedad.



Calidad de corte de tocones en la cosecha mecanizada



En la cosecha mecanizada garantizar cortes basales adecuados de los tallos es importante para la eficiencia de la labor. Esta condición es influenciada por parámetros tanto de la máquina como de campo, como estado de volcamiento, aporque y variedad, entre otros.

Con el apoyo de los ingenios, Cenicaña avanzó en estudios para determinar el efecto de la velocidad de la máquina y las horas de las cuchillas sobre el Índice de Calidad de Corte (ICC):

- El experimento evaluó siete velocidades de avance de la cosechadora (1 - 4 km/h), con dos variedades de características fenotípicas diferentes. La variedad A se caracterizó por ser un material de porte alto, tallos delgados a medios y con susceptibilidad moderada al volcamiento; la variedad B era de porte medio con tallos de medios a gruesos con menor susceptibilidad al volcamiento.
- Los resultados mostraron una tendencia de reducción de la calidad del corte (caída del ICC) al aumentar la velocidad para ambas variedades (**Figura 50A**); esta tendencia se origina porque el área de contacto por cuchilla al momento del corte se reduce al operar a altas velocidades, propiciando atascamiento y eventual desgarro del tocón.
- Se evidenció una tendencia de caída del ICC a medida que aumentaron las horas de uso de las cuchillas (**Figura 50B**); debido a la pérdida de filo de las cuchillas ocasionada por el aumento en el número de eventos de estallido abrupto de la zona de contacto del tocón.



Cenicaña planea continuar las evaluaciones en otros materiales y evaluar el efecto de prácticas de manejo como el aporque de los cultivos.

Cosecha mecanizada de experimentos con vagón de pesaje

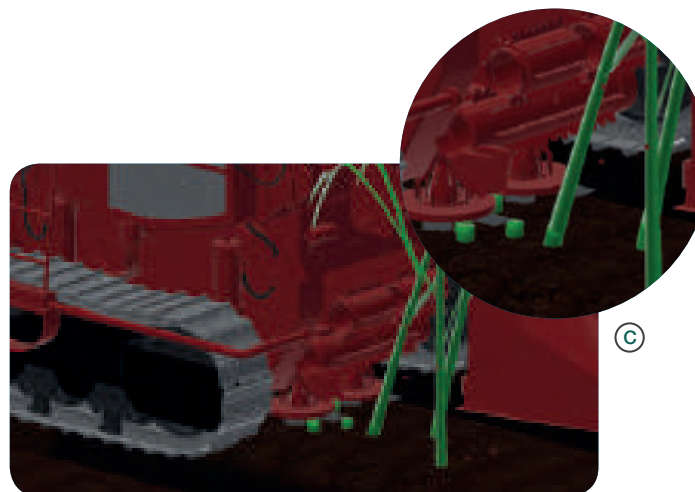
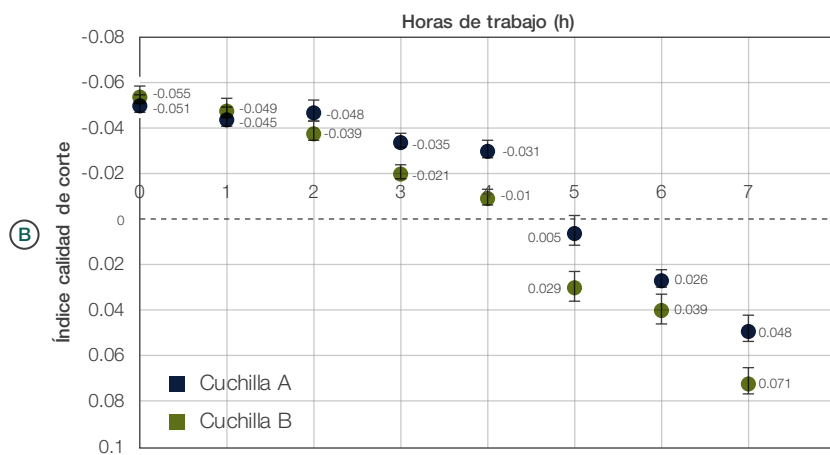
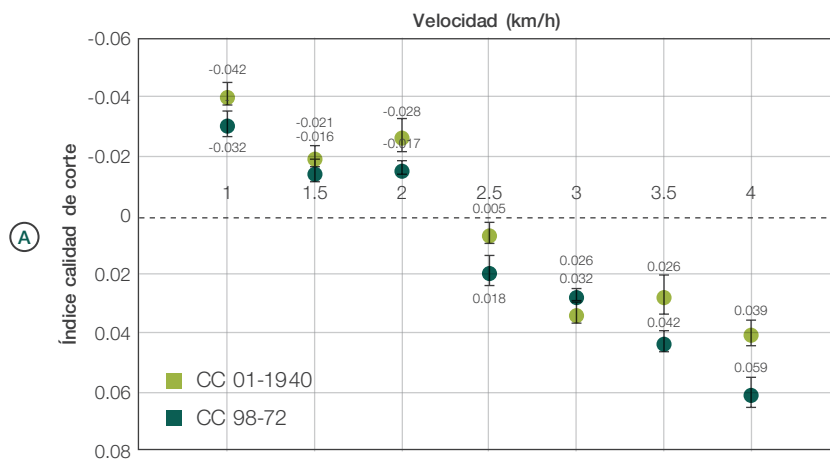
El incremento de la cosecha mecanizada en la agroindustria implica la adopción de nuevas herramientas para evaluar y hacer seguimiento a los materiales sembrados en diferentes estados de selección, como nuevos diseños de campo y ajustes en el sistema de alce y pesaje de caña.

Una de las herramientas desarrolladas con ese propósito es el vagón de autovolteo con sistema de pesaje. En el 2021 se cosecharon cinco experimentos (40 ha) con un rendimiento promedio de 2.5 ha/día equivalente a 20 t/h y un consumo promedio de combustible de 2 gal/h. Estos indicadores están en el rango óptimo de operación, con lo que se garantiza la estabilidad de los procesos de cosecha e ingreso de caña al ingenio.

Cenicaña proyecta aumentar la flota de vagones con sistema de pesaje para garantizar y agilizar la cosecha de todos los experimentos a lo largo del valle del río Cauca.



Figura 50. A. Calidad de corte vs velocidad de la máquina. **B.** Calidad de corte vs desgaste de cuchillas. **C.** Corte base cosechadora de caña.



Optimización del ruteo de la cosecha mecanizada



Con el propósito de avanzar en propuestas que mejoren el desempeño de la cosecha mecanizada, en el 2021 se avanzó en el ejercicio de comparar dos métodos para optimizar el ruteo de esta labor:

Método 1: técnicas de solución clásicas para el problema de transporte (TSP).

Método 2: usa el recorrido en espiral.

Suertes teóricas: 50, 100, 200 y 400 surcos

- El método 1 (TSP) mostró un desempeño razonable en la minimización de la distancia recorrida durante los giros de la maquinaria, pero promovió el pisoteo. El método de espiral minimizó la distancia acumulada por los giros de la maquinaria como el pisoteo (**Tabla 5**).
- Los recorridos con menores distancias de giro fueron obtenidos mediante TSP y los recorridos de menor pisoteo fueron obtenidos mediante espiral.
- Las distancias de giro mostraron una tendencia a crecer exponencialmente con el número de surcos. La tasa de crecimiento fue mayor con el método de espiral que con TSP.
- La tasa de pisoteo mostró una tendencia a crecer exponencialmente con el número de surcos. La tasa de crecimiento fue menor con el método de espiral que con TSP.
- Aunque los algoritmos TSP encontraron soluciones de calidad según las distancias recorridas, estas soluciones ofrecen desventajas desde el punto de vista de calidad por el pisoteo generado (**Figuras 51 y 52**).

- El espiral es apropiado respecto al pisoteo, pero desfavorable por la longitud de giros.
- El patrón de giro entre surcos es necesario para optimizar el ruteo en la cosecha mecanizada, pero no es el único factor determinante del ruteo.





Tabla 5. Resultados de simulación
del recorrido en espiral vs TSP.

Variable	Instancia							
	50		100		200		400	
	Espiral	TSP	Espiral	TSP	Espiral	TSP	Espiral	TSP
Distancia acumulada en los giros entre surcos (m)	1,408.3	1,027.1	2,962.5	2,007.3	6,338.5	3,895.7	12,699.2	7,288.9
No. de surcos a los que llega la cosechadora antes de llegar el vagón	41	19	85	23	175	37	352	64
No. de surcos a los que llega el vagón antes de llegar la cosechadora	6	31	15	77	21	163	45	336
No. de giros entre surcos a menos de 7 ordinales de distancia	1	0	3	0	6	0	14	0
Surcos en pie después de terminar el circuito	6	0	6	0	4	0	6	0



Método 1: técnicas de solución clásicas para el problema de transporte (TSP): selección de la ruta según el costo.

Método 2: la ruta inicia en los surcos externos de los bloques de cosecha y orienta el recorrido hacia los surcos centrales para minimizar el pisoteo.



Figura 51. Variación de distancias vs número total de surcos.

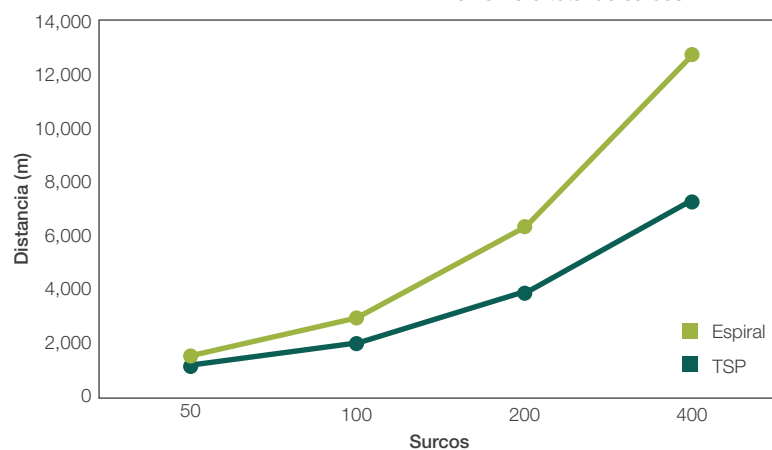
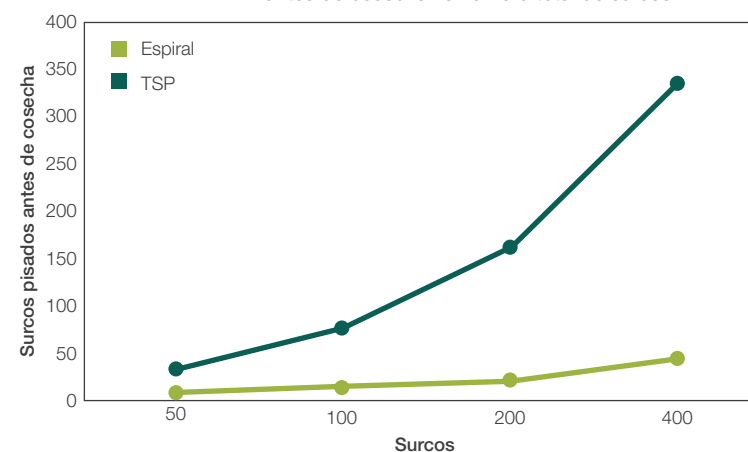


Figura 52. Variación del número de surcos pisados antes de cosecha vs número total de surcos.





ACERCARNOS MÁS
a los procesos nos
permite mejorarlos e **IMPULSAR**
INNOVACIONES



Pedro Nel González

*Jefe departamento Gestión energética
Ingenio La Cabaña*





Pedro Nel González

nació en Florida y es ingeniero químico de la Universidad del Valle. En los últimos 15 años ha estado vinculado al ingenio La Cabaña, a donde llegó a ocupar el cargo de ingeniero de procesos en el área de elaboración; rápidamente ascendió a jefe de turno, luego a jefe de mantenimiento de elaboración y refinería y finalmente a jefe del departamento de gestión energética.

Desde esta última área y gracias a su experiencia, Pedro Nel tiene el reto de dar una mirada integral a la generación y consumos de energía eléctrica y térmica para medir diferentes variables y mejorarlas a través de cambios tecnológicos o de control operacional.

En su gestión reconoce la importancia que han tenido herramientas como Ceniprof. En ella se ha apoyado para conocer la línea base del ingenio en consumo y generación de energía y plantear diferentes escenarios para contribuir al cumplimiento de los objetivos del negocio, como por ejemplo, incrementar los excedentes de energía para la venta.

“Con la temperatura del jugo entrando al tanque flash para la clarificación rompimos un paradigma: normalmente la temperatura es de 105°C, pero en nuestras condiciones y en esta parte del proceso 102°C pueden ser suficientes para garantizar la temperatura de ebullición del jugo. El impacto de esos 3°C lo pudimos modelar para validar las libras de vapor que dejamos de consumir”, recuerda Pedro Nel.

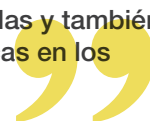


ESCANEE EL QR

Conoce el testimonio
completo de Pedro
Nel González.



La herramienta Ceniprof es muy versátil y especialmente la nueva versión es muy visual, lo que nos permite simular ajustes en la operación antes de implementarlas y también sensibilizar sobre el impacto de malas prácticas en los procesos y el negocio.



Tras una modelación utilizando Ceniprof, el ingenio La Cabaña identificó su línea base en consumo de vapor (1,085 lb/TCM); cuando consumía 1,240 lb/TCM; luego, sin cambiar equipos, solo con control operacional y la ayuda de Ceniprof, se logró reducir el consumo en más de 120 libras.

Hoy el ingenio
consume

1,120
libras





05



HERRAMIENTAS Y DESARROLLOS

para una agroindustria más
eficiente y diversa

Ceniprof versión 3.0



El simulador de Procesos de Fábrica de Cenicaña, Ceniprof, es una herramienta con cerca de 25 años de evolución en la consolidación de modelos para la realización de balances de masa y energía de las unidades de producción de las fábricas de la agroindustria.

En 2021 se lanzó la tercera versión del aplicativo que ofrece novedades con las cuales se pueden hacer análisis en menor tiempo, dar un vistazo de todas las unidades de producción de las fábricas (de etanol y azúcar) y acceder de manera sencilla y fácil, a través de la nube.

Componentes de Ceniprof versión 3.0:

- **Fase 1:** representaciones simbólicas de las áreas de preparación y extracción, elaboración de azúcar, refinería, destilería, calderas y cogeneración (ya disponible).
- **Fase 2:** modelos de las estaciones de clarificación y filtración, calentamiento, evaporación, cristalización y fermentación; y modelos detallados del intercambiador, evaporador, tachó, fermentador y acidulador.

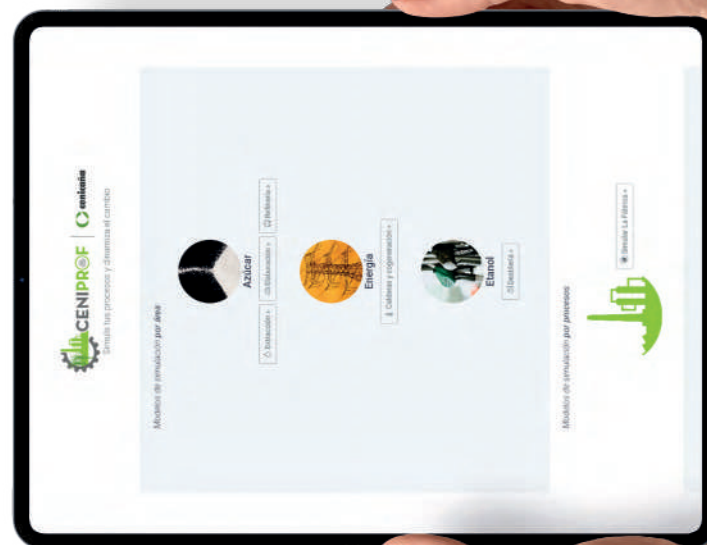


Con Ceniprof los ingenios pueden realizar simulaciones por áreas y análisis técnico-económicos, integrar y conectar las áreas entre sí para tener un panorama general de la fábrica, estimar capacidades, evaluar diferentes escenarios de las estaciones y realizar análisis por tipos de equipo.



ESCANEE EL QR

Cenicaña organizó un ciclo de capacitaciones virtuales sobre el manejo de Ceniprof 3.0. Acceda con clave y usuario.





Lanzamiento de Cenicristal



Cenicaña presentó a la agroindustria de la caña de azúcar el software Cenicristal, algoritmo alojado en un ambiente web, basado en técnicas de procesamiento digital de imágenes para la detección, clasificación y medición de los tamaños de los cristales de azúcar.

En la cristalización se recupera la sacarosa presente en las mieles en forma de cristales. En ese proceso es fundamental observar, medir y controlar el crecimiento de los cristales, puesto que el tamaño del cristal y su coeficiente de variación son parámetros que definen la calidad del azúcar.

Para esta tecnología se hace uso de un sistema de multiprocesamiento que distribuye el proceso en varios equipos o servidores para reducir los tiempos de espera. Esta tecnología se ha implementado en procesos bioinformáticos en Cenicaña con una reducción de 1/3 del tiempo de espera.



La entrega del software se está realizando de manera individual en cada ingenio para analizar las metodologías utilizadas y capacitar en el manejo de Cenicristal.

Aprovechamiento de ceniza en usos alternativos



En el marco del 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, financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se busca conocer la generación, manejo y composición fisicoquímica de las cenizas de combustión de biomasa de caña y carbón, para identificar posibles usos alternativos.

El muestreo y caracterización de cenizas en once ingenios mostró:

Generación de
26.3 kg

de ceniza en promedio
por cada tonelada de
caña procesada.

- Materiales esencialmente inorgánicos y alcalinos.
- La granulometría se asemeja a la categoría textural de un suelo franco-arenoso. Estas características permiten inferir que la disposición de cenizas en los suelos cultivados con caña podrían mejorar propiedades como el pH, el drenaje y la aireación.
- Los ensayos continuarán para identificar el efecto que puede tener la incorporación de las cenizas en el suelo.



Se han identificado propiedades puzolánicas en la ceniza, que permitirían producir un material cementante por los contenidos de sílice y óxidos de aluminio y de hierro. En colaboración con la Pontificia Universidad Javeriana de Cali se desarrollan ensayos para determinar si las cenizas pueden ser aprovechadas como adición mineral para la fabricación de cemento, así como para reforzar las propiedades mecánicas de polímeros reciclados.



Peletización de biomasa



La densificación de residuos agrícolas de cosecha y bagacillo en forma de pellets es un proceso termoquímico que permite incrementar la densidad de la biomasa para ser utilizado en procesos industriales y comercializado en mercados extranjeros.

Con el fin de establecer las variables del proceso de peletizado, Cenicaña adquirió una máquina peletizadora piloto y durante ensayos en dos ingenios estableció que la humedad inicial de la biomasa es uno de los factores más importantes en el proceso. Por debajo del rango de humedad establecido la biomasa sólo se tritura y en valores superiores no se forman pellets.



Para la comercialización de pellets en Europa, la norma EN plus A1-B establece parámetros de calidad como densidad y durabilidad mecánica, entre otros. Encontrar este conjunto de variables operativas permitirá caracterizar el proceso de producción, de manera que se puedan escalar a equipos industriales y desarrollar estudios de prefactibilidad.



Aprovechamiento de lignina en el RAC



Además de combustible, el principal objetivo del aprovechamiento de los residuos agrícolas de cosecha (RAC), es extraer y convertir fracciones presentes en los residuos, como la celulosa, hemicelulosa y lignina.

En el marco de la búsqueda de alternativas para aprovechar integralmente el RAC, se evaluó la factibilidad técnica de obtener monómeros aromáticos a partir de la lignina presente en los residuos. La lignina es una macromolécula aromática compleja, difícil de valorizar y usualmente tratada como un residuo.

Los monómeros aromáticos pueden ser usados para la producción de biocombustibles, fibras de carbono, aromáticos como BTX (benceno, tolueno y xileno), entre otros compuestos tradicionalmente producidos del petróleo.

En las pruebas experimentales con RAC, el máximo rendimiento encontrado fue de 14% en base lignina. En un esquema de biorrefinería usando un proceso de fraccionamiento catalítico reductivo (RCF, por sus siglas en inglés), es posible producir además pulpa rica en celulosa y xilosa.

Se estima que los ingresos por venta de estos productos podrían superar los 500 euros por tonelada de RAC. En comparación con el valor del RAC (50 euros por tonelada) para generar energía eléctrica, la lignina surge como una alternativa que merece estudios más amplios.



Para aprovechar el potencial completo del RAC, todos sus componentes deben ser aprovechados. Una alternativa es convertir la lignina y simultáneamente realiza un proceso de extracción y fraccionamiento de los otros componentes. Este proceso es conocido cómo fraccionamiento catalítico reductivo.

Vigilancia tecnológica: bioplásticos

Cenicaña participó en la socialización del Centro de Innovación ValleINN, espacio en el que convergen la academia, la empresa y el Estado para impulsar y fortalecer el tejido empresarial de la región a través de procesos de innovación.

Durante la socialización se entregó el estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del sector de la caña de azúcar realizado por la Gobernación del Valle del Cauca, alrededor de bioplásticos con miras a fortalecernos como una región dulce, sostenible y competitiva a partir de la caña de azúcar.



ESCANEE EL QR

Consulte el Estudio de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva del sector de la caña de azúcar.

Remoción de minerales en materia prima

para fermentación



Cenicaña estudió alternativas de remoción de impurezas orgánicas e inorgánicas que ingresan al proceso fermentativo y pueden afectar la producción de etanol.

Entre las alternativas estudiadas están la clarificación mediante sedimentación y flotación y la filtración enfocada a la remoción de impurezas insolubles. Se avanzó en determinar el desempeño de la primera opción a escala industrial:

- Se obtuvo una remoción promedio de $28.9 \pm 6.1\%$ de minerales expresados en forma de cenizas conductimétricas en las materias primas.
- Dada la variabilidad composicional, alta densidad y viscosidad en mezclas provenientes de mieles se dificulta la sedimentación de sólidos insolubles, causando arrastre de estas partículas en el sobrenadante.

Operación en filtros de cachaza



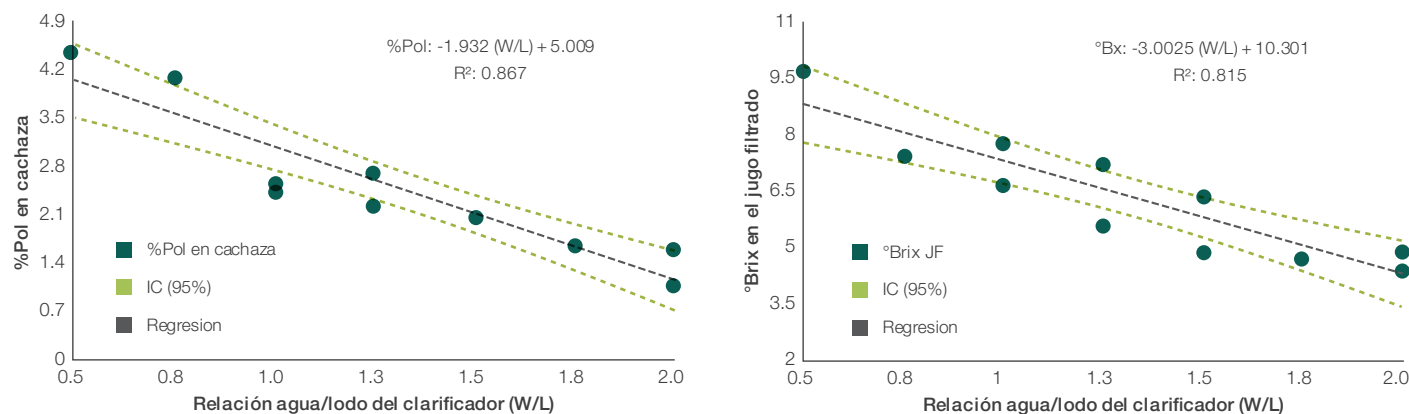
En la búsqueda de reducir la sacarosa perdida en cachaza, Cenicaña continuó con un plan multidisciplinario para mejorar el desempeño de los filtros rotatorios en el que se identificó que la forma de preparación del lodo alimentado al filtro puede afectar la eficiencia de los filtros bandas.

Parámetros como las dosis de floculante, agua y lechada de cal fueron estudiados a escala de laboratorio y se evidenció que por cada unidad en la que se varíe la relación agua/lodo del clarificador, se presenta una reducción en % Pol en cachaza de 1.9 y de 3.0°Bx en el jugo filtrado (**Figura 53**), reflejando el alto impacto del consumo de agua sobre el desempeño operacional.



Cenicaña propuso una estrategia de control sobre las variables en la preparación del lodo y en la operación del filtro banda, junto a recomendaciones en cuanto a la limpieza, sanitización y mantenimiento del filtro.

Figura 53. Comportamiento de % Pol en cachaza y el brix en el jugo filtrado respecto a la variación del agua total/lodo del clarificador.



Estrategias de operación



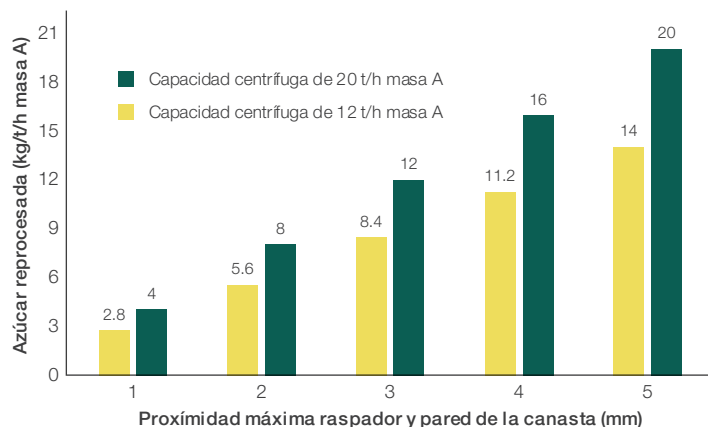
y mantenimiento en centrífugas

En el proceso de cristalización, la masa cocida (mezcla de miel y cristales) es sometida a fuerza centrífuga para la separación de los cristales. En dicho proceso el desempeño de las centrífugas es determinante en el reprocesamiento de sacarosa, la calidad del producto terminado (azúcar), los incrementos del consumo de vapor y los costos de mantenimiento del equipo.

Cenicaña identificó oportunidades para disminuir el reproceso de azúcar en centrífugas por efectos del remanente dejado en la etapa del raspado. Una de ellas está relacionada con las diferentes distancias entre el raspador y la malla:

En un ingenio piloto se encontró que, por cada milímetro de distancia entre el raspador y la malla, se reprocesan entre 2.8 a 4.0 kg de azúcar por cada tonelada de masa procesada por hora (**Figura 54**).

Figura 54. Relación entre la distancia del raspador y canasta, con el aumento de azúcar reprocesado.



Beneficios de la automatización en calderas



La estabilidad en la generación y consumo de vapor es importante para que la agroindustria de la caña de azúcar haga un uso eficiente del bagazo utilizado como combustible.

Con ese objetivo Cenicaña diseñó e implementó en un ingenio piloto una estrategia de control de nivel de domo por tres elementos (nivel, flujo de agua y flujo de vapor), una de control de presión de vapor que busca mantener la relación aire/combustible durante la mayoría de las condiciones de operación.

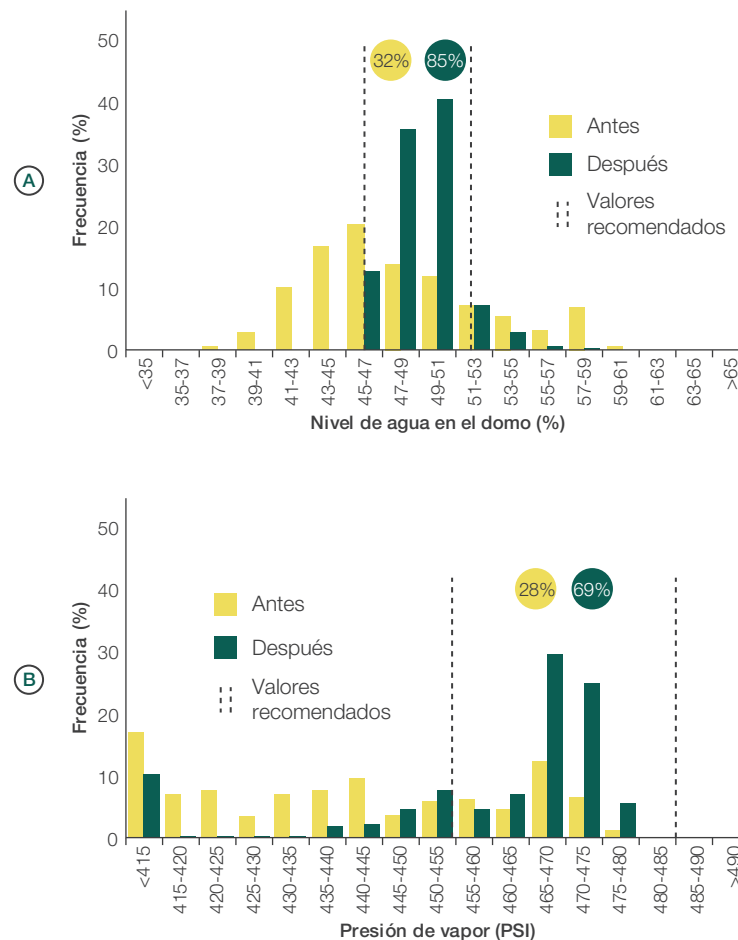
Junto con estas dos estrategias se desarrollaron herramientas de simulación rápida que son adaptables a cualquier tipo de caldera buscando mantener una operación más estable y eficiente.

La evaluación de los beneficios de las estrategias de control implementadas se evaluó en dos escenarios con demandas de vapor similares, los resultados fueron los siguientes:

- El nivel del domo pasó de 32% con una estrategia de control simple a 85% con la estrategia de control por tres elementos (**Figura 55A**).
- La presión de vapor cambió de 28% bajo una estrategia de control simple a 69% con la estrategia de control propuesta por Cenicaña. (**Figura 55B**).



Figura 55. Resultados de implementación de estrategias de control. **A.** Nivel de agua en el domo. **B.** Presión de vapor en el domo.



Evaluación a alternativas tecnológicas en evaporación



En el transcurso del año Cenicaña trabajó en la actualización de herramientas para el diagnóstico energético de los procesos fabriles y los consumos de energía en cada área y apoyar así, a la gestión de cada unidad de administración energética en los ingenios.

Con el aplicativo para el cálculo de la distribución energética en ingenios se obtuvo un desglose energético a partir de los combustibles, con el que se puede identificar la intensidad energética (kWh/ton caña) empleada en cada unidad de proceso (**Figura 56**).

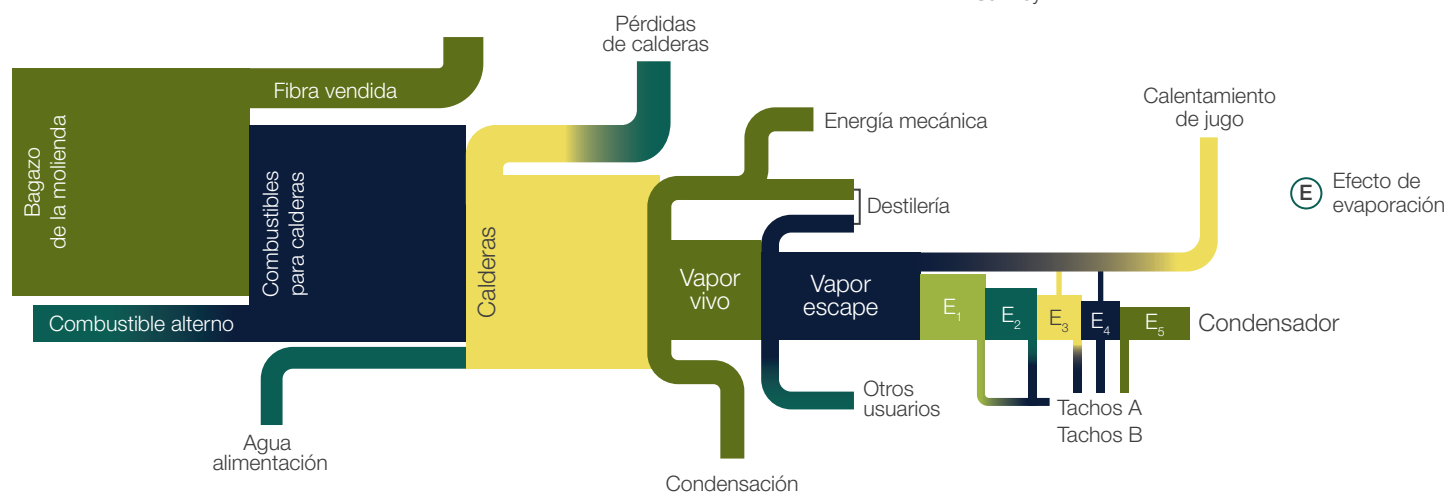
El uso de esta herramienta se enfocará en el análisis comparativo de las diferencias técnicas y tecnológicas de los diferentes esquemas productivos de la agroindustria a fin de establecer indicadores energéticos objetivos y medibles.



El aplicativo utilizado para el diagnóstico energético de los ingenios permite conocer los requerimientos energéticos (energía térmica y eléctrica) en términos de extracción de vapores vegetales, consumo de vapor de baja presión, total de energía suministrada en molinos, calentamiento, evaporación, cocimientos, refinería y destilería, así como la eficiencia global de las calderas.



Figura 56. Distribución energética de un ingenio por medio del diagrama Sankey.



Tribómetro para evaluar desempeño

de recubrimientos en molinos



Con el fin de evaluar el desempeño de los recubrimientos utilizados en los molinos para contrarrestar el desgaste abrasivo de las mazas, Cenicaña diseñó y construyó un tribómetro con base en el estándar ASTM G65.

Las mazas en condiciones pronunciadas de desgaste generan inconvenientes en la operación de los molinos (reducción en la velocidad de molienda y también una disminución en el desempeño de extracción). Una alternativa para hacerle frente al desgaste son los recubrimientos duros en los flancos y crestas de los dientes.

Con el tribómetro, Cenicaña evaluó el desempeño de los recubrimientos más utilizados por la agroindustria y estos fueron los resultados (Figura 57).



El tribómetro diseñado y desarrollado está a disposición de los ingenios para realizar pruebas de desgaste, que apoyen las decisiones en torno a recubrimientos en las mazas de los molinos.

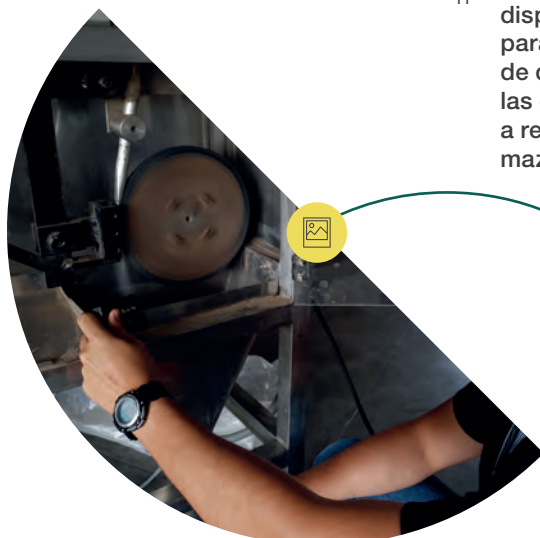
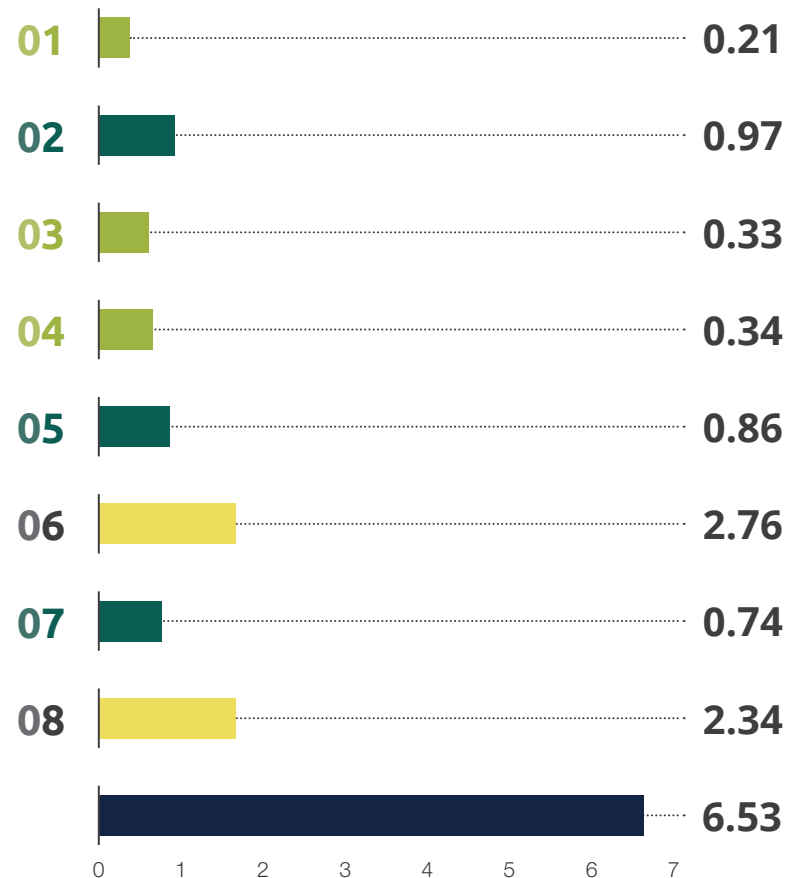


Figura 57. Resultados desgaste abrasivo prueba ASTM G65.

Recubrimiento



Mejor desempeño Desempeño intermedio
Menor desempeño Material base

Estimación de microorganismos y polisacáridos



Diferentes factores en las etapas de extracción y molienda en el proceso fabril favorecen la generación de metabolitos microbianos, que son producto del crecimiento microbiano y del consumo de azúcares como la sacarosa, glucosa y fructosa.

Cenicaña avanzó en el desarrollo y fortalecimiento de una herramienta para cuantificar la generación de manitol en el tándem de molienda y determinar los puntos críticos para la formación de metabolitos microbianos e implementar estrategias de mejora.

La herramienta se utilizó en dos ingenios piloto (con diferentes prácticas operativas, de limpieza y sanitización) para estimar las pérdidas de sacarosa asociadas a la generación de manitol:

- Para el ingenio piloto 1 se reportaron pérdidas entre 0.01 - 0.12 Kg de azúcar/t de caña, mientras que el ingenio piloto 2 mostró valores desde 0.16 hasta 2.2.
- La evaluación ratifica la importancia de cuantificar las pérdidas asociadas a la generación de metabolitos microbianos y por ende correlacionar los valores obtenidos con las prácticas de limpieza y sanitización.

Por otro lado, para mitigar el impacto de los polisacáridos en la cristalización, Cenicaña realizó un acercamiento a estrategias operativas que contribuyan a ese propósito, más aún cuando en 2020 el contenido de dextranas en la línea base de impurezas mostró alta variabilidad entre ingenios:

- Los polisacáridos con un peso molecular alto (entre 1,500 a 2,800 KDa) en concentraciones superiores a 12,000 ppm/brix representan un efecto negativo en la viscosidad de materiales como la miel A, lo que incrementa la viscosidad hasta en 64%. Las dextranas con bajo peso molecular (50 a 650 KDa) no representan un efecto negativo en la viscosidad.
- El incremento de la temperatura hasta 68°C puede ser una alternativa operacional inicial para mitigar el efecto de las dextranas de alto peso molecular.



Cenicaña complementará la evaluación de impacto sobre los indicadores asociados al desempeño en la etapa de cristalización junto con la evaluación de alternativas de mitigación.



En el 2021 se produjo el volumen 5 del Manual de Laboratorio: Procedimientos analíticos en microbiología del Sistema de Estandarización de los Sistemas de Medición en los Ingenios Azucareros de Colombia.

06



ESTRATEGIAS PARA IMPULSAR

la innovación en la agroindustria
de la caña de azúcar

Avances del Programa Integra



En el 2020, tras asumir el liderazgo del Programa Fénix, de Procaña, Cenicaña anunció la estructuración de un proyecto de sostenibilidad, que en el 2021 se denominó Programa Integra.

Este Programa tiene como objetivo fortalecer el proceso de acompañamiento y seguimiento en la adopción de prácticas sostenibles buscando que los productores dispongan de mayor capacidad, conocimiento y confianza para realizar validación e implementación de tecnologías sostenibles.

Integra se basa en un proceso ordenado de autogestión alrededor de tres pilares: agroambiental, económico y social, cada uno con sus respectivos indicadores de diagnóstico y verificación del progreso en materia de sostenibilidad.

- **Agroambiental:**

Incremento del 3.6% en la adopción de tecnologías y prácticas en las unidades productivas. Entre las adopciones más destacadas se cuenta el registro y socialización de indicadores ambientales, el fortalecimiento de corredores ecológicos o ambientales, el fortalecimiento de apoyo a iniciativas o asociaciones para apoyar el medio ambiente, así como estructuración e implementación del plan de gestión de residuos.

- **Económico:**

Incremento del 1.4% en la adopción de herramientas como el análisis de rentabilidad por suerte y por ciclo productivo, establecimiento del plan de inversiones y actividades a cinco años y la programación y documentación de compras e insumos.

- **Social:**

Incremento de 4.1% en adopción de medidas como infraestructura laboral (aplicación de agroquímicos), desarrollo o apoyo de iniciativas ambientales con la comunidad, inversión en capacitación y establecimiento de planes para prevenir o mitigar impactos en la comunidad.



25,700

ha (nov - dic 2021)

214

Haciendas

08

Ingenios



Se realizaron 14 eventos grupales que incluyeron días de campo, seminarios virtuales, talleres y capacitaciones en temas como control biológico, despaje al 0x0, fertilización, sensores de potencial mátrico y medición de la huella de carbono.





Oferta de valor del Programa Integra

- Diagnóstico sobre las prácticas sostenibles en cada hacienda y con potencial de mejora o adopción. Para el efecto se cuenta con una Guía de caña sostenible que es diligenciada por el agricultor a modo de autoevaluación.
- Acompañamiento personalizado y grupal durante la estructuración del plan de acción y su puesta en marcha.
- Facilita y fortalece el proceso de preparación para una certificación de manejo del cultivo sostenible (Alineación con estándares nacionales e internacionales).
- Oportunidad de participar como beneficiarios de proyectos de sostenibilidad que se establezcan entre Cenicaña y otras entidades.
- Participación en eventos informativos y de capacitación en torno al manejo del cultivo.



En agosto de 2021 el Programa Integra empezó a ejecutar el convenio 068-2021 entre CVC y Cenicaña, para la implementación de acciones de reconversión productiva en manejo y conservación de suelos en el polígono RAMSAR y su área de influencia.



ESCANEE EL QR

Experiencia al incorporar frijol
caupí en el cultivo de la caña
de azúcar. #HistoriasQueIntegran

PR●GRAMA
Integra

Círculos de Agricultores innovadores



Cenicaña empezó a desarrollar una nueva estrategia para impulsar la adopción tecnológica a partir de los modelos productivos innovadores implementados por algunos agricultores.

La estrategia consiste en abrir espacios de diálogo e intercambio de experiencias en las propias fincas de los cultivadores, con los siguientes objetivos:

- Reconocer las fincas modelos de adopción tecnológica y procesos de innovación en el manejo de las unidades productivas.
- Contribuir al mejoramiento continuo de las fincas con criterios de rentabilidad, integrando los componentes social, económico y ambiental.
- Compartir información e identificar necesidades de investigación y desarrollo tecnológico.
- Identificar nuevas alternativas de transferencia tecnológica.



En el 2021 en el marco de esta estrategia se organizaron tres Círculos de Agricultores Innovadores (Norte [desde Pereira hasta Tuluá], Centro [desde Buga hasta Candelaria] y Sur [desde Candelaria hasta Santander de Quilichao]), que sostuvieron diez encuentros con diferentes temáticas.



Anexo 5

Reuniones de Círculos de
Agricultores Innovadores
en 2021.



Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT) y GTT



En el marco del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT) que busca mejorar las competencias del personal de las fincas productoras de caña de azúcar, en el 2021 se dio continuidad a capacitaciones alrededor de las necesidades identificadas con la colaboración de asistentes técnicos.

Asimismo, en el transcurso del año se reactivaron los eventos presenciales con grupos pequeños en los que se abordaron temas específicos (GTT focalizados) con charlas, demostraciones de tecnología y prácticas de campo, y se continuó la transmisión en directo de eventos virtuales dirigidos a cultivadores de caña de azúcar de los distintos ingenios.

Compromiso Rural

En el marco de la estrategia Sembrando Oportunidades, que la agroindustria lanzó a mediados del 2021 para articular proyectos de gran impacto social de corto, mediano y largo plazo que beneficien a los habitantes de las áreas de influencia, Cenicaña inició la capacitación a instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) que se encargarán de la formación técnica para el trabajo agroindustrial de los beneficiarios del programa de generación de empleo Compromiso rural.

La capacitación estuvo enfocada en la zonificación agroecológica y su importancia para implementar el enfoque de Agricultura específica por sitio (18 asistentes), semilleros, siembra y dinámica de crecimiento (16) y sistemas de riego y programación (13). Las primeras tres jornadas de capacitación se realizaron entre noviembre y diciembre de 2021 y continuarán en el primer semestre del 2022.



Anexo 6

Capacitaciones del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT).



Anexo 9

Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT).



COM
PROMISO
Rural



Comunicación para la transferencia de tecnología



Las acciones de transferencia y capacitación se soportan cada vez más en la gestión de herramientas y medios digitales, como bases de datos, sistemas de información, servicios de información y contenidos disponibles para los usuarios de la agroindustria, incluidas publicaciones técnicas y la emisión de eventos.



Las redes sociales se usan como medio de mercadeo de tecnologías y también se producen publicaciones técnicas de apoyo. En el 2021 se produjo el volumen 5 del Manual de Laboratorio: Procedimientos analíticos en microbiología del Sistema de Estandarización de los Sistemas de Medición en los Ingenios Azucareros de Colombia.



En el 2021 se incursionó en la realización de eventos híbridos, con producción de contenidos y transmisión simultánea para públicos virtuales y presenciales. Adicional a los eventos organizados por el Centro de Investigación para la transferencia tecnológica, Cenicaña apoyó técnicamente eventos como la Socialización del Plan de Reconversión para Trapiches de Economía Campesina y la Mesa Técnica Agroclimática del Valle del Cauca (tres reuniones) y el desarrollo del sitio web del *58th Council Session of the International Sugar Organization (ISO)*, entre otros.





**NOS PROPUSIMOS
CUIDAR EL ENTORNO,
reduciendo los costos,
SIN AFECTAR LA PRODUCCIÓN**



Jair Piedrahita
Administrador
hacienda Chambery





En el año 2020,

cuando la pandemia le exigía a la humanidad reinventarse para seguir adelante, Jair Piedrahita decidió tomarse muy en serio la idea de implementar en la hacienda Chamberry, en Guacarí, prácticas agronómicas de menor impacto ambiental.

La idea empezó a tomar forma cuando un experimentado regador le recordó al administrador de esta finca, que en épocas pasadas las ‘malezas’ se eliminaban con la ayuda de la cultivadora de discos. Desde entonces, hace dos pases del implemento, dos o tres niveles de fertilización y una limpieza manual en los bordes de las suertes. “Ya los vendedores de herbicidas no volvieron por acá”, aseguró.

Pero este resultado no era suficiente. Por eso, con el respaldo de los propietarios del predio y la ayuda de Juan Muñoz y Omar Hernández, operarios de la finca, Jair se propuso implementar una encalladora recomendada para ensayar el despeje solo de la cepa posterior a la cosecha (encalle 0 x 0) y así conservar la humedad del suelo. Hoy se ahorra por lo menos tres ‘mojes’ en el levante del cultivo.

Para Jair todavía hay mucho más por hacer en el predio y por eso reconoce la importancia de programas como Integra, que acompañan y guían a los cultivadores en sus planes por ser más sostenibles. “Innovar no es fácil, por eso es clave tener paciencia escuchar a los empleados y su experiencia en el campo, contar con el apoyo de los jefes y tener quien nos acompañe en el proceso”, señaló.



ESCANEE EL QR

Conoce el testimonio
completo de Jair
Piedrahita.

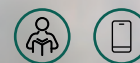
Hoy fomentamos más empleo porque le metemos más azadón al cultivo, hemos subido producciones de 135 a 167.5 TCH con seis-siete cortes, mejoramos las condiciones laborales de los operarios y las relaciones con los vecinos.



En la hacienda, propiedad del grupo Procoa, se han implementado otras labores para mejorar el manejo sanitario del cultivo, como reforzar las medidas preventivas frente al salivazo y usar el botón de oro como refugio de hospederos.



07



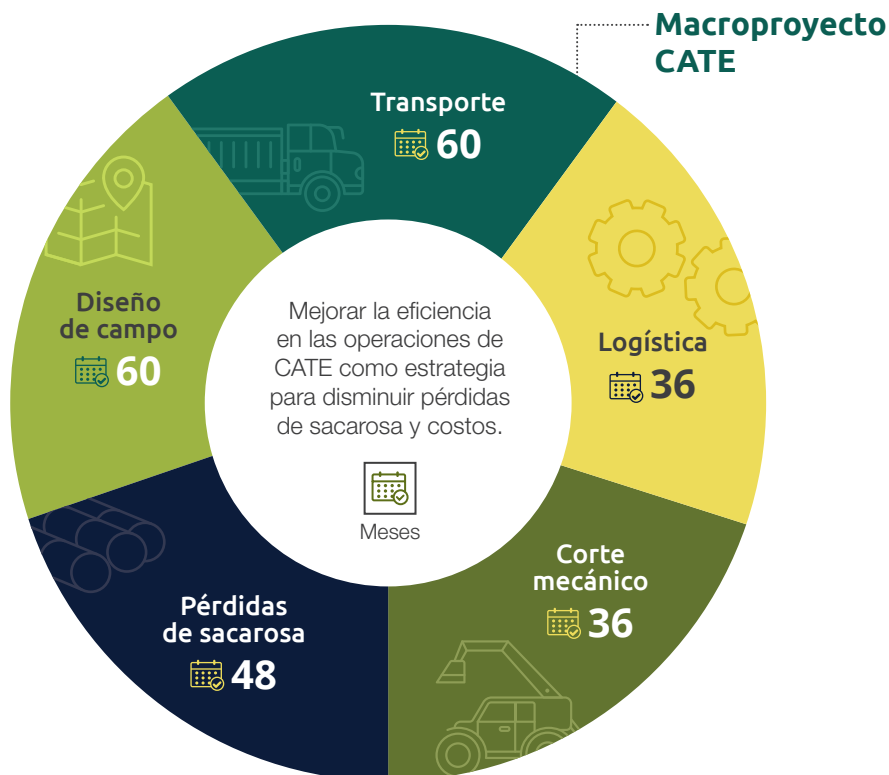
GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN, del capital humano y la comunicación

Gestión de proyectos de investigación



Durante el 2021 Cenicaña continuó consolidando su proceso de fortalecimiento de capacidades para la formulación y gestión de proyectos.

Profesionales de ingenios, cultivadores de caña e investigadores analizaron la situación de los procesos de corte, alce, transporte y entrega (CATE) y de producción de sacarosa en la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. A través de encuestas, foros y grupos de discusión se formularon dos macroproyectos:



Macroproyecto sacarosa

36



Manejo agronómico ante condiciones de clima incontrolables.

84



Mejoramiento genético // Nuevas Variedades.

48



Manejo Agronómico para altos contenidos de sacarosa.

96



Fisiología para determinar concentración de sacarosa.

60



Maduradores.



Pérdidas de sacarosa en CATE.



Disminución de pérdidas de sacarosa en el proceso fabril.



Objetivo

Aumentar los rendimientos comerciales en la agroindustria de la caña.



Meses de ejecución



ESCANEE EL QR

Consulte los boletines Incane, ejercicio de revisión de conocimiento técnico - científico. En el 2021 se emitieron tres boletines que incluyeron temas sobre energía, diversificación, sanidad vegetal, procesos de fábrica y mejoramiento genético.

Sistema de Proyectos

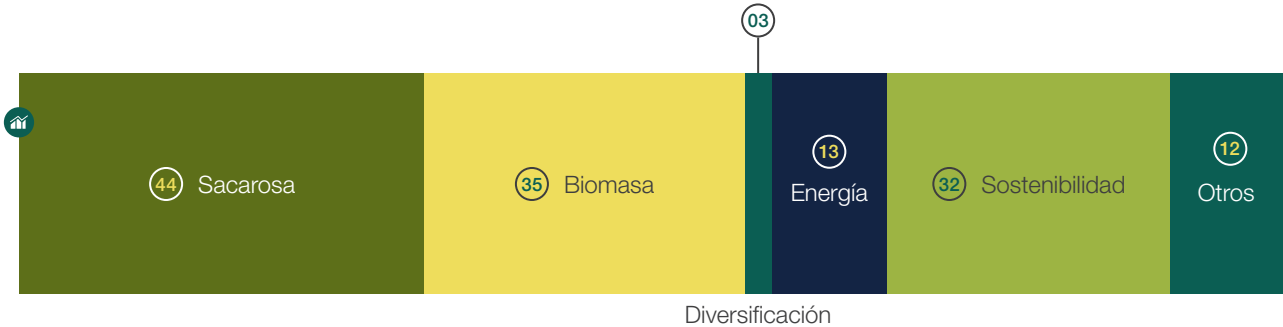
Durante el año finalizaron seis proyectos:

- 01 Caracterización fenotípica de la interacción roya café (*Puccinia melanocephala*) - caña de azúcar (*Saccharum* spp.)
- 02 Modelamiento del flujo de agua en el sistema suelo - planta - atmósfera en suelos cultivados con caña de azúcar en el valle del río Cauca.

- 03 Requerimientos de agua y nitrógeno de nuevas variedades comerciales de caña de azúcar.
- 04 Estado hídrico del suelo y su relación con la producción de caña de azúcar en tres zonas agroecológicas del valle del río Cauca.

- 05 Uso de sensores de humedad y tensión para la programación de los riegos y el seguimiento de la distribución de la humedad en el suelo.
- 06 Desarrollo de una estrategia complementaria para la gestión del mantenimiento.

Figura 58. Portafolio de proyectos.



Número de proyectos alineados a los ODS



Difusión y participación en convocatorias



Cuadro 1. Participación de Cenicaña a convocatorias de financiación de proyectos.

Proyecto	Convocatoria	Alianza
Cerrando Brechas (etapa práctica)	BID	Alcaldía de Palmira-BID Cooperantes: Asocaña, el Ingenio Manuelita, Tecnicaña, Cenicaña y Procaña; el Sena, la Universidad Nacional, la Universidad del Valle y la Universidad Pontificia Bolivariana, Invest Pacific, Propacífico, las fundaciones Luker, Corona y Manuelita, la Comisión Vallecaucana por la Educación.
Fortalecimiento de capacidades	Pactos por la Innovación	Cámara de Comercio, Minciencias, clúster de energía sostenible
Presentación de tres grupos de investigación: Macroproyecto Alta scarosa estable. // Agricultura Específica por Sitio // Grupo de Investigación en Procesos Azucareros"	Reconocimiento de investigadores y grupos de Investigación 2021	N/A
Sistema IoT para la medición y control del recurso hídrico para riego en caña de azúcar.	SENA-INNOVA 2021	SENA-CENICAÑA
Caracterización, optimización y validación de propiedades funcionales y físicas de la crema dental (Base fluocardent) con el reemplazo total o parcial de sorbitol por un edulcorante de poliol no calórico alternativo (ej. Eritritol o Xilitol extraído del residuo de la caña de azúcar"	Convocatoria 903 Bioeconomía	Universidad Javeriana, JGB y CENICAÑA
"Alternativas de medición de variables críticas en el Proceso de Producción de Azúcar"	Minciencias – Fortalecimiento Institucional	N/A
Proyecto INTEGRA	SGR CT&I-Innovación. Mecanismo 2	N/A
Corredores de conocimiento en la cuenca del valle del río Cauca. Intercambios para la sostenibilidad en territorios de valle y montaña	SGR CT&I-Innovación-Apropiación social del conocimiento. Mecanismo 2	Universidad Autónoma de Occidente, Funecorobles, Asofrayle y Cenicaña
Alianza Estratégica para la Restauración de Humedales y Fomento de su Conservación en Agroecosistemas del Valle del Cauca	SGR CT&I-Investigación -Mecanismo 1	Universidad del Valle, National Audubon Society INC, Asociación Calidris y Cenicaña



Cenicaña participó en la conformación de alianzas para la participación en convocatorias del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación y el Sistema Nacional de Regalías, la Cámara de Comercio de Cali y la estrategia Sena Innova.

Servicios de Información y documentación



Analítica de datos: clave para tomar mejores decisiones

Con base a la información recopilada por ingenios y cultivadores para hacer seguimiento a sus procesos y con los datos recopilados por Cenicaña a través de la experimentación, la investigación y las redes de la agroindustria (RMA, RTK, IoT), el Centro de Investigación construye diferentes bases de datos que soportan soluciones, tecnologías y metodologías.

Para que los datos recopilados aporten a la solución de problemas globales de la agroindustria es importante que los análisis se extiendan a todo el sector, para lo cual es necesario unificar la información.

Para avanzar en ese propósito que permitirá generar proyecciones de productividad o de diferentes parámetros para facilitar la toma de decisiones para la renovación, el manejo agronómico y la cosecha, en el 2021 el Servicio de Análisis Económico y Estadístico, SAEE, de Cenicaña se transformó al Servicio de Analítica.

El Servicio de Analítica integra diferentes disciplinas y áreas de conocimiento como estadística, simulación y optimización matemática, aprendizaje profundo y aprendizaje de máquina, economía y programación para avanzar en la preparación de datos, desarrollo de modelos enfocados a la solución de problemáticas del sector y la implementación del modelo para la toma de decisiones.

Estación experimental de Cenicaña

Cenicaña continuó fortaleciendo su infraestructura e instalaciones para apoyar los proyectos de investigación, la prestación de servicios para la agroindustria y las actividades de transferencia de tecnología.

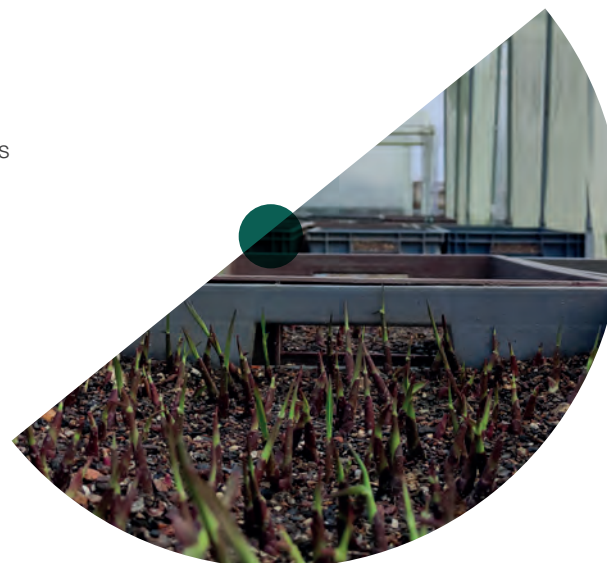
Obras en 2021:

- 01** Ampliación de la reserva de agua para abastecer los equipos de riego de alta frecuencia (pivote central, rampa de desplazamiento, goteo y caudal reducido). Capacidad de almacenamiento pasó de 746 m³ a 1512 m³.
- 02** Refuerzo del pavimento de las vías internas de Cenicaña y demarcación vial.
- 03** Refuerzo del dique del río Párraga. En la intervención se construyó un gavión y se reforzó la compuerta de drenaje natural.
- 04** Acondicionamiento de las terrazas de plántulas para mejorar las condiciones laborales del personal.

Acreditación a laboratorios de calidad del aire

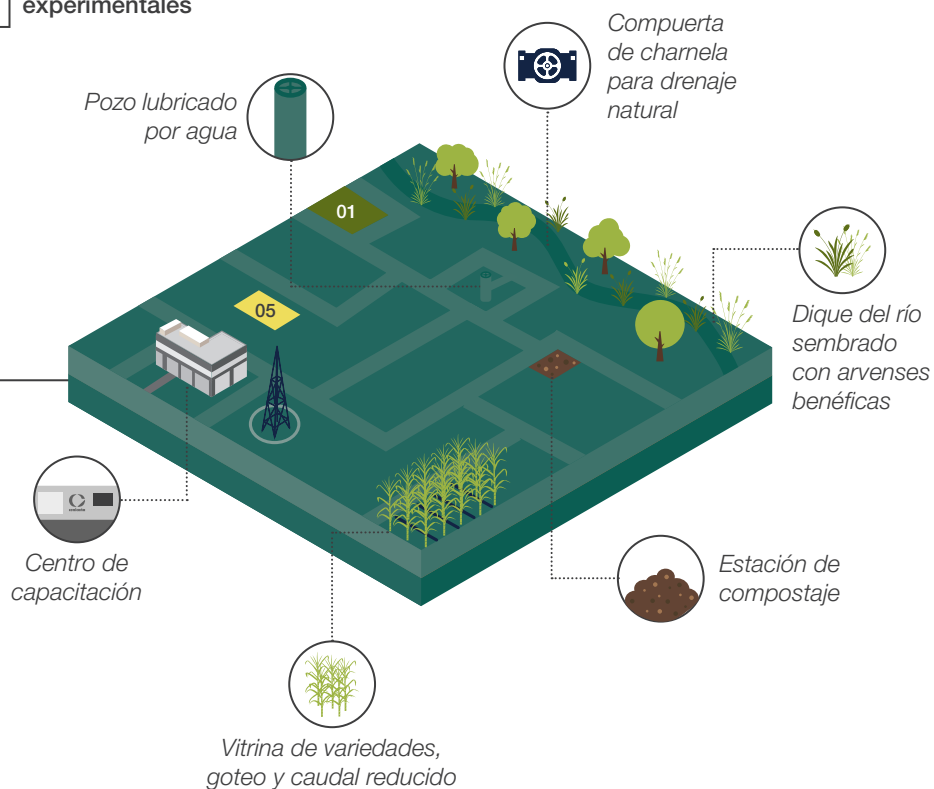
Con el objetivo de cumplir con las exigencias de las corporaciones ambientales en el proceso de medición de la calidad del aire, la agroindustria designó a Cenicaña como ente independiente para medir la matriz de aire en los procesos de campo del cultivo de la caña de azúcar, para lo cual se requiere la acreditación de los laboratorios involucrados en el proceso.

Finalizando el año, Cenicaña recibió la acreditación por parte del Ideam del servicio de monitoreo de Material Particulado PM10 y PM2.5, bajo la norma NTC IEC/17025:2017. De esta manera, se obtienen datos que garantizarán que las corporaciones ambientales reciban información confiable y verídica y se tomen acciones de acuerdo a los datos allí obtenidos.



Acondicionamiento de lotes experimentales en la Estación Experimental

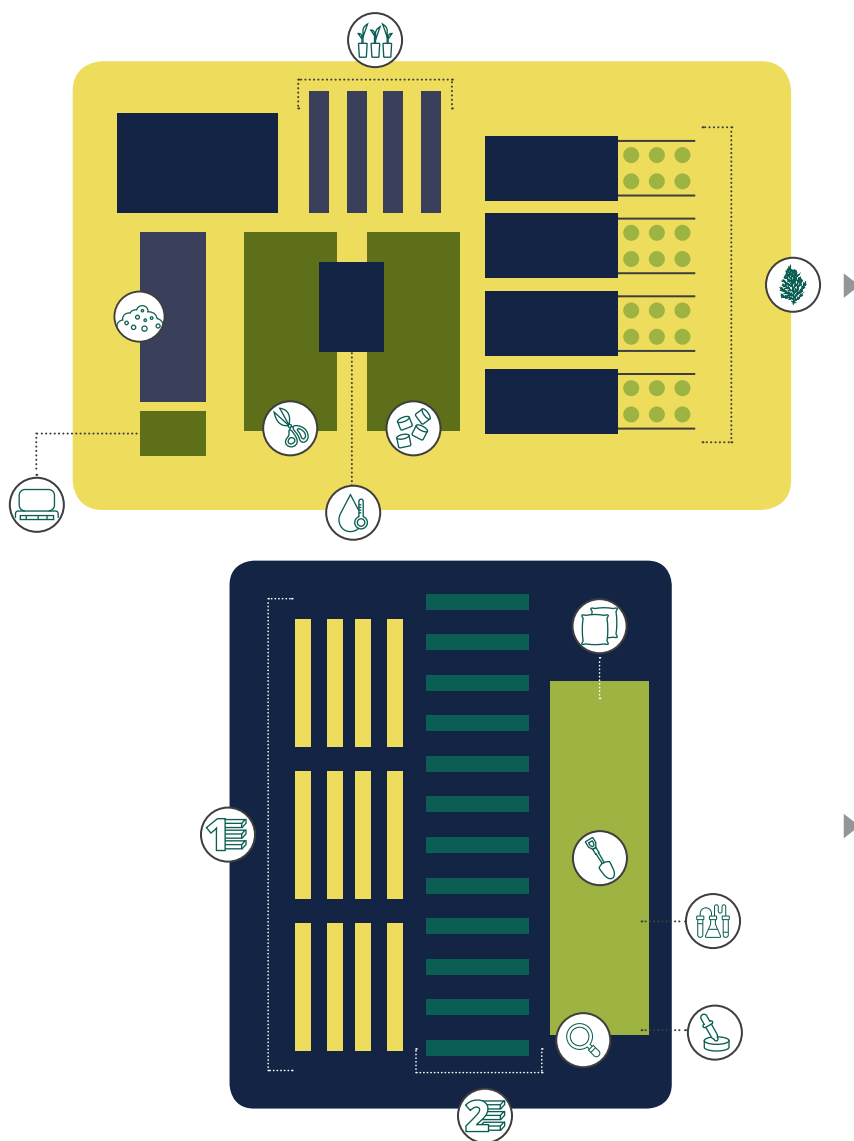
24 Lotes experimentales



Tecnologías en cada lote experimental

- 01 Riego con pivote central
- 02 Banco de germoplasma
- 03 Riego con rampa de desplazamiento.
- 04 Goteo y caudal reducido.
- 05 Estación de potencial mátrico.
- 06 Aforador con sensor ultrasonido.
- 07 Goteo enterrado a 10 y 15 cm.
- 08 Sensores HR, cámaras índice de crecimiento, trampas auro-esporas de roya café y naranja.

Infraestructura del servicio de multiplicación de variedades



-  Área de almacenamiento de suelo no tratado y sustrato de germinación.
-  Caldera para esterilización de suelo.
-  Área de siembra, poda y trasplante.
-  Área de tratamiento Hidrotermico.
-  Área de extracción de yemas.
-  Casas de floración (Área de Mejoramiento).
-  Estructuras de germinación.
-  Primer bloque de terrazas para el almacenamiento y desarrollo de plantas.
-  Laboratorio de semilla sexual (Área de mejoramiento).
-  Cámara de inoculación (Área de fitopatología).
-  Laboratorio de invernadero.
-  Almacenamiento de suelo tratado.
-  Almacenamiento de insumos.
-  Segundo bloque de terrazas para el almacenamiento y desarrollo de plantas.

Divulgación y posicionamiento



Cenicaña avanzó en la implementación de un plan de comunicaciones alrededor de tres conceptos: sostenibilidad, diversificación y agroindustria 4.0, en el marco del cual se impulsaron diferentes acciones:

- Producción de post, videos y miniclipps para divulgar contenidos informativos por canales propios de comunicación (redes sociales, correo electrónico y sitio web). Producción del informe anual 2020.
- Gestión para la divulgación a través de medios de comunicación especializados y del sector tales como Al Campo en la radio (Caracol Radio), la Finca de Hoy (Caracol Tv), Tv Agro, El Campo en la Radio (Radio Nacional de Colombia.), El País, El Tiempo y las revistas Procaña y Tecnicaña.
- Continuó la campaña digital Píldoras de Ciencia dulce como herramienta de divulgación de ciencias en redes sociales y se impulsaron otras iniciativas como Charlas dulces para mostrar la influencia de la agroindustria de la caña de azúcar en la región a través de conversaciones y entrevistas informales (podcast y charlas web).
- Participación en eventos regionales y nacionales de ciencia, tecnología e innovación: Segunda Semana Internacional de la Ciencia, Feria ValleINN y Feria de Innovación Agropecuaria El Campo Innova 2021.



ESCANEE EL QR

Vea aquí el video *El Valor de nuestra gente*.

- Se implementaron acciones de comunicación que, desde una narrativa emocional y regional, contribuyeran a fortalecer las relaciones con los diferentes grupos de interés. En ese sentido se desarrolló la campaña Cenicaña 44 años, que comprendió piezas en redes sociales y actividades internas y la producción del video institucional *El Valor de nuestra gente*.



Desde sus canales de comunicación internos y externos, Cenicaña contribuyó a dar difusión a la campaña del sector Azúcar con Balance.



Jornadas de vacunación



A través de la iniciativa Empresas por la Vacunación, Cenicaña adquirió el esquema completo de vacunación para 225 personas del Centro (215 empleados directos y 10 indirectos). Las jornadas de vacunación se cumplieron entre julio y agosto de 2021.

A septiembre
del 2021

98%

del personal de
Cenicaña tenía el
esquema completo
de vacunación.

Las vacunas se
aplicaron en Cenicaña
en coordinación con
la IPS El Morichal
de Comfandi y grupo
médico especializado.



Referencias

- Garsmeur, O., Droc, G., Antonise, R., Grimwood, J., Potier, B., Aitken, K., Jenkins, J., Martin, G., Charron, C., Hervouet, C., Costet, L., Yahiaoui, N., Healey, A., Sims, D., Cherukuri, Y., Sreedasyam, A., Kilian, A., Chan, A., Van Sluys, M.-A., ... D'Hont, A. (2018). *A mosaic monoploid reference sequence for the highly complex genome of sugarcane*. *Nature Communications*, 9(1), 2638. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-05051-5>
- Paterson, A. H., Bowers, J. E., Bruggmann, R., Dubchak, I., Grimwood, J., Gundlach, H., Haberer, G., Hellsten, U., Mitros, T., Poliakov, A., Schmutz, J., Spannagl, M., Tang, H., Wang, X., Wicker, T., Bharti, A. K., Chapman, J., Feltus, F. A., Gowik, U., ... Rokhsar, D. S. (2009). *The Sorghum bicolor genome and the diversification of grasses*. *Nature*, 457(7229), 551–556. <https://doi.org/10.1038/nature07723>
- Zhang, J., Zhang, X., Tang, H., Zhang, Q., Hua, X., Ma, X., Zhu, F., Jones, T., Zhu, X., Bowers, J., Wai, C. M., Zheng, C., Shi, Y., Chen, S., Xu, X., Yue, J., Nelson, D. R., Huang, L., Li, Z., ... Ming, R. (2018). Publisher Correction: *Allele-defined genome of the autopolyploid sugarcane Saccharum spontaneum L.* *Nature Genetics*, 50(12), 1754.





Anexo

Contenido

Productividad de variedades
Cenicaña Colombia (CC).

Pág. 114

Servicios de sanidad
vegetal.

Pág. 117

Servicios de laboratorio.

Pág. 119

Variedades registradas
ante el ICA.

Pág. 120

Círculos de Agricultores
Innovadores.

Pág. 121

Programa de Aprendizaje
y Asistencia Técnica (PAT).

Pág. 123

Seminarios en línea.

Pág. 123

Capacitaciones virtuales.

Pág. 124

Red de Grupos de
Transferencia de Tecnología
(GTT)

Pág. 124

Comités de Investigación.

Pág. 126

Participación del personal
en actividades de intercambio
o actualización profesional
en 2021.

Pág. 130

Convenios y acuerdos
de cooperación.

Pág. 133

Capital humano.

Pág. 133

Artículos publicados
en revistas indexadas.

Pág. 137

Anexo 1. Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC).

Zona agroecológica	Variedad	Suertes	Área cosechada (h)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Rendimiento comercial %	Edad (m)	Corte
10H3	CC 01-1940	224	2,167	133	14.7	10.1	1.12	11.1	13.4	4.3
	CC 85-92	155	1,045	129	14.1	9.5	1.04	11.0	13.9	10.1
	CC 11-600	31	209	138	15.0	10.0	1.09	10.8	14.1	1.4
	CC 93-4418	27	190	127	14.3	9.8	1.10	11.2	13.2	7.9
	CC 11-595	20	138	125	12.9	9.9	1.03	10.4	12.7	1.3
	CC 05-430	18	118	158	16.1	11.5	1.16	10.2	14.2	1.2
11H0	CC 01-1940	473	4,864	138	14.8	10.4	1.11	10.7	13.4	3.9
	CC 85-92	308	2,867	127	13.6	9.3	1.00	10.8	13.8	10.9
	CC 93-4418	97	1,077	128	13.4	9.8	1.03	10.5	13.1	7.5
	CC 05-430	126	1,052	170	17.0	12.2	1.22	10.0	14.1	1.5
	CC 97-7170	37	395	130	13.5	10.5	1.09	10.4	12.5	4.8
	CC 01-746	26	322	126	13.1	10.3	1.07	10.3	12.3	5.5
	CC 01-1228	25	317	142	15.3	10.9	1.17	10.7	13.1	8.5
	CC 01-678	34	270	144	15.4	10.9	1.17	10.7	13.3	3.4
11H1	CC 01-1940	667	5,999	135	14.3	10.2	1.07	10.6	13.5	4.2
	CC 85-92	320	2,518	123	13.2	9.4	1.00	10.7	13.3	11.0
	CC 05-430	194	1,943	166	16.8	12.2	1.23	10.1	13.8	1.5
	CC 93-4418	147	1,399	129	13.6	10.0	1.05	10.6	13.0	7.4
	CC 01-746	37	405	127	13.1	9.8	1.01	10.3	13.2	6.1
	CC 01-678	60	310	129	13.3	9.9	1.01	10.3	13.2	2.5
	CC 11-600	26	221	136	13.4	10.0	0.98	9.9	13.9	1.5
	CC 97-7170	30	197	131	13.3	9.9	1.01	10.2	13.3	5.4
	CC 09-066	32	184	169	16.6	12.6	1.24	9.8	13.5	1.5



Zona agroecológica	Variedad	Suertes	Área cosechada (h)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Rendimiento comercial %	Edad (m)	Corte
11H2	CC 01-1940	300	2,287	124	13.2	9.3	0.99	10.6	13.5	4.4
	CC 85-92	166	998	124	13.3	9.2	0.99	10.8	13.6	11.6
	CC 93-4418	89	592	117	12.6	9.2	0.98	10.7	12.9	6.8
	CC 05-430	53	465	162	16.7	11.6	1.19	10.3	14.3	1.2
	CC 11-600	40	319	130	13.2	9.9	1.00	10.2	13.4	2.5
	CC 11-595	30	220	142	14.0	11.3	1.11	9.9	12.8	2.2
	CC 01-678	26	197	123	13.6	9.4	1.03	11.1	13.2	3.2
	CC 00-3257	18	136	101	10.3	7.8	0.80	10.2	13.0	4.3
11H3	CC 01-1940	682	3,412	108	11.2	8.7	0.90	10.3	12.6	5.0
	CC 85-92	303	1,248	113	11.5	8.9	0.91	10.2	12.9	13.6
	CC 93-4418	174	963	114	11.5	8.9	0.90	10.1	12.9	7.1
	CC 05-430	122	733	149	14.1	11.1	1.05	9.4	13.7	1.5
	CC 11-595	98	475	125	12.4	10.1	1.00	9.9	12.5	2.2
	CC 11-600	74	408	127	12.0	10.1	0.95	9.5	12.7	2.1
	CC 00-3257	29	181	108	11.3	8.7	0.90	10.4	12.7	5.3
15H1	CC 01-1940	128	1,486	142	15.1	11.0	1.17	10.7	13.0	4.7
	CC 85-92	55	621	125	13.4	9.5	1.02	10.7	13.3	11.7
	CC 05-430	29	236	167	17.0	12.3	1.25	10.1	13.7	1.4
	CC 93-4418	25	235	116	13.2	9.3	1.06	11.4	12.5	6.9
1H1	CC 01-1940	96	905	114	13.0	9.0	1.03	11.4	12.8	2.9
	CC 85-92	69	351	120	14.5	8.7	1.04	12.0	14.0	7.2
	CC 93-4418	38	214	106	12.2	7.9	0.91	11.5	13.4	4.4

Zona agroecológica	Variedad	Suertes	Área cosechada (h)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Rendimiento comercial %	Edad (m)	Corte
5H3	CC 01-1940	263	2,211	128	14.1	9.8	1.08	11.1	13.2	4.5
	CC 85-92	117	826	118	13.1	8.9	1.00	11.1	13.5	9.0
	CC 11-600	26	221	136	14.7	9.7	1.05	10.8	14.3	1.2
	CC 93-4418	17	108	130	14.9	9.5	1.09	11.4	14.0	6.8

6H1	CC 01-1940	1036	10,222	144	15.5	10.6	1.15	10.8	13.7	4.1
	CC 85-92	464	4,686	127	13.9	9.3	1.02	11.0	13.8	10.3
	CC 05-430	225	1,754	167	17.3	11.8	1.22	10.4	14.3	1.4
	CC 93-4418	116	1,022	128	14.0	9.7	1.06	10.9	13.3	7.3
	CC 11-600	79	580	140	14.7	10.0	1.05	10.5	14.2	1.7
	CC 01-1228	34	367	143	15.2	10.8	1.14	10.6	13.4	8.1
	CC 01-678	40	332	140	15.1	10.8	1.16	10.7	13.1	3.4
	CC 97-7170	29	301	120	12.2	9.6	0.97	10.1	12.7	5.8
	CC 84-75	26	234	121	12.9	9.2	0.98	10.6	13.3	12.4
	CC 09-066	28	209	158	16.5	11.3	1.18	10.5	14.1	1.5
	CC 01-746	19	184	127	13.6	9.9	1.06	10.7	12.9	5.0

6H2	CC 01-1940	208	1,863	121	12.9	9.1	0.97	10.6	13.4	4.0
	CC 85-92	72	551	118	12.7	8.7	0.94	10.8	13.7	9.9
	CC 93-4418	47	327	119	12.9	9.1	0.99	10.9	13.2	6.0
	CC 05-430	36	312	146	15.4	11.1	1.16	10.5	13.4	1.4
	CC 11-595	31	271	129	12.4	9.5	0.91	9.6	14.0	1.6
	CC 11-600	25	205	135	14.1	9.4	0.98	10.5	14.5	1.5





Anexo 2. Servicios de de sanidad vegetal.



Inspección fitopatológica en campo y laboratorio



Cuadro 2. Resultados del servicio de inspección fitopatológica en campo y laboratorio durante el año 2021.

Solicitante	Variedad	Enfermedad/síntomas	Incidencia /Índice de daño (ID)
Castilla industrial	CC 01-1940	Amarillamiento	NA
	CC 05-430	Cogollo retorcido	Menor 2%
	CC 11-595	Carbón	1%
Cabaña	CC 11-595	Carbón	3%
María Luisa	CC 11-595	Carbón	5%
	CC 11-600	Roya café	502
Mayagüez	CC 09-066	Escaldadura	menor 1%
	CC 01-1940	Roya naranja	720
	CC 85-92	Roya café	715
Manuelita	CC 01-1940	Roya naranja	620
Risaralda	CC 11-600	Roya café	512
Riopaila Industrial	CC 05-430	Roya naranja	501
	CC 11-595	Carbón	2%
Riopaila Agrícola	CC 04-195	Carbón	3%
	CC 11-595	Carbón	1%

- 18 inspecciones fitopatológicas en (32 haciendas: 480 hectáreas): ingenios Castilla y Riopaila Industrial, La Cabaña, Mayagüez, Manuelita, María Luisa, Risaralda, Riopaila Agrícola, Sancarlos y proveedores.
- **Roya naranja:**
CC 01-1940 (ID por encima de 620).
- Las variedades CC 05-430 y CC 09-066 mostraron bajo ID a roya naranja.
- **Roya café:**
CC 85-92 (ID:715) - CC 11-600 (ID:512).
- Ingenios reportaron carbón en las variedades CC 11-595 y CC 04-195 y escaldadura de la hoja en CC 09-066. Evaluaciones en campo mostraron baja incidencia de las enfermedades (menor al 5%).



Servicio de multiplicación y propagación de variedades

Se produjeron

407,515 ▶
plantas

- 53.6% para ingenios y proveedores.
- 40.2% para semilleros en convenio con ingenios.
- 5.2% solicitudes internas.
- 1% solicitudes en convenio (sector panelero).

- **Variedades más solicitadas:** CC 09-066, CC 05-430 y CC 11-595 (plantas) y CC 11-595 y CC 10-476 (sistema de multiplicación convencional).
- **Establecimiento de semilleros (pruebas regionales):** (CC 12-2120, CC 12-2121, CC 13-2014, CC 13-2035, CC 13-2166, CC 13-2196, CC 13-2250, CC 14-3296 y CC 14-3358).



Servicio de Diagnóstico de Enfermedades

7,618
análisis

representativos de **4,576 ha** de lotes semilleros y comerciales. ▶

- 4,415 corresponden a solicitudes externas (ingenios, proveedores y entidades en convenio).
- 3,203 a solicitudes internas de Cenicaña.

- **Variedades más analizadas:** CC 05-430 (478 muestras), CC 01-1940 (181), CC 09-066 (165), CC 11-595 (158) y CC 11-600 (132).
- **Niveles de incidencia en 997.06 ha evaluadas de lotes comerciales:** 0.2% para raquitismo de la soca (RSD), 0.1% para escaldadura de la hoja (LSD), 10.9% para virus de la hoja amarilla.
- **Niveles de incidencia en 3,578.8 ha evaluadas de lotes semilleros:** 10.4% para SCYLV, 0.12% para RSD y 0.27% para LSD.
- Los niveles consolidados de incidencia permanecen estables respecto a los años anteriores y fueron de 10.8% para SCYLV, 0.2% para RSD y 0.1% para LSD.





ANEXO 3. Servicios de laboratorio.

Consolidado de los análisis realizados en los laboratorios de suelos y tejido foliar, laboratorio de análisis de caña y laboratorio de cromatografía en el 2021.



Análisis de suelos y tejido foliar

5,999

Muestras
procesadas

- **2770 muestras de suelos** 57.7% solicitudes externas y 42.3 % análisis internos para la investigación.
- **3229 de tejido foliar** 24.4 % solicitudes externas y 75.6% análisis internos para la investigación.



Análisis de calidad de caña

24,853

Muestras
procesadas

- **15159** fueron Ceni-AD.
- **9694** corresponden a análisis directo (tallos) y análisis de azúcares reductores.

*Datos al 31 de diciembre de 2021.



Análisis de cromatografía

8,083

Muestras
procesadas

- **4203:** cuantificación de azúcares como sacarosa, glucosa y fructuosa.
- **880:** cuantificación de ácidos orgánicos como indicadores de deterioro y contaminación en procesos de fermentación y en pérdidas de sacarosa.

ANEXO 4. Variedades registradas ante el ICA.

Durante el año no se presentaron registros de variedades de caña de azúcar Cenicaña Colombia (CC). A la fecha, Cenicaña cuenta con 32 variedades registradas ante el ICA con Derechos de Obtentor, cada una de ellas con una protección de 20 años consecutivos.

Se solicitó protección de la variedad CC 01-1940 en diferentes países. A la fecha tiene registro en México y Nicaragua; continúa en proceso en Costa Rica, Panamá y Ecuador.

A continuación, se detallan las variedades CC registradas ante el ICA con Derecho de Obtentor.

No.	Variedad	Años protección	2021*
1	CC 92-2198	20 años	13 años
2	CC 93-3826	20 años	
3	CC 93-3895	20 años	
4	CC 93-4418	20 años	
5	CC 93-7510	20 años	
6	CC 92-2804	20 años	9 años
7	CC 93-4181	20 años	
8	CC 01-1228	20 años	
9	CC 01-678	20 años	
10	CC 97-7170	20 años	8 años
11	CC 00-3079	20 años	
12	CC 05-940	20 años	
13	CC 93-3803	20 años	
14	CC 01-1940	20 años	
15	CC 92-2188	20 años	
16	CC06-791	20 años	

No.	Variedad	Años protección	2021*
17	CC 93-744	20 años	4 años
18	CC 00-3771	20 años	
19	CC 03-154	20 años	
20	CC 93-7711	20 años	
21	CC 98-72	20 años	
22	CC 93-4183	20 años	1 año
23	CC 00-3257	20 años	
24	CC 01-746	20 años	
25	CC 05-231	20 años	
26	CC 05-430	20 años	
27	CC 09-066	20 años	
28	CC 09-535	20 años	
29	CC 09-874	20 años	
30	CC 10-450	20 años	
31	CC 11-600	20 años	
32	CC 91-1606	20 años	

* Años de protección a la fecha.



Anexo 5. Círculos de Agricultores Innovadores.

Hacienda El Corozo

- Manejo de los suelos.
- Fertilización para suelos con relación Ca/Mg muy estrecha.
- Almacenamiento del agua para riego.
- Labores de cultivo en suelos arcillosos.
- Adopción de nuevas opciones varietales con enfoque de AEPS.

Hacienda La Belleza

- Administración de la hacienda.
- Proceso de estructuración de la hacienda como una empresa.
- Importancia del trabajo social - empleados y comunidad.
- Manejo del agua - Riego por goteo.
- Beneficios de los paneles solares.

Hacienda El Madroño – Agroindustriales Rojas Ocampo -Goldterra y Cía. S.A

- Composición varietal – siembra de variedades con enfoque AEPS.
- Manejo integrado de arvenses.
- Renovación y diseño de campo.
- Mapas de productividad para la fertilización.
- Mejoras en el sistema de riego.
- Oportunidad de la labor.
- Responsabilidad social.

Hacienda Malimbú

- Variables que influyen en la producción de caña de azúcar.
- ¿Por qué buscar tecnología?.
- Riego mixto gravedad y manguera.
- Mejora en los pozos.
- Manejo del balance hídrico.
- Control técnico para el mejoramiento continuo de la calidad y oportunidad de los procesos.

Hacienda El Trejo

- Sistema de riego por aspersión (pivote).
- Organización información en un software Agromonitor.
- Equipos propios tecnificados para todas las labores en la hacienda.
- Creación del área de Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST).
- Certificación Bonsucro.

Hacienda El Brasil

- Mejoras en la infraestructura de riegos.
- Uso de tensiómetros.
- Planta fotovoltaica para la generación de energía para el uso del pozo.
- Manejo de variedades.
- Manejo de los residuos.

- Zona sur
- Zona centro
- Zona norte

Hacienda Santa Ana – Época- Silca

- Certificación Bonsucro.
- Conocimiento de las haciendas para manejo AEPS.
- Mapas de productividad.
- Control administrativo del riego CAR.
- Administración - responsabilidad social.
- Manejo ambiental: restaurar la conectividad entre las dos cordilleras Central y Occidental, con corredores biológicos que permiten el flujo genético de la flora y de la fauna.
- Proyecto sostenibilidad: energía sostenible con paneles solares.

Haciendas Oriente (Proterra):

- Brechas productivas y factores limitantes de productividad.
- Manejo de variedades y productividad.
- Riego por goteo.
- Evaluación aérea de despoblación de caña con uso de dron.

Hacienda La Rafaela- CAVI

- Variables que influyen en la producción de caña de azúcar.
- Riego mixto gravedad y manguera.
- Mejora en los pozos.
- Manejo del Balance hídrico.
- Control técnico para el mejoramiento continuo de la calidad y oportunidad de los procesos.

Hacienda Cipango y Catay - Agroindustrias La Berraquera S.A.S

- Renovación varietal.
- Manejo oportuno de las arvenses (pre-emergencia).
- Fertilización fraccionada - aplicación de micorrizas.
- Aplicación microorganismos para mejorar la fijación del nitrógeno y la solubilidad del fósforo.
- Biofertilizante vacuno.
- Aplicación de microorganismos descomponedores de residuos de cosecha.

- Zona sur
- Zona centro
- Zona norte





ANEXO 6. Capacitaciones del Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT).

Ingenio La Cabaña

Tipos de suelo, zonificación agroecológica, AEPS, preparación de suelos, nutrición y fertilización, manejo integrado de plagas con énfasis en el control biológico y manejo de enfermedades.

Ingenio Mayagüez

Principios básicos de producción de azúcar, alcohol y balances de materia, procesos de elaboración de azúcar, balance de sacarosa, reconocimiento de enfermedades del cultivo y análisis de suelos y su interpretación.

Ingenio Risaralda

Meteoportal, identificación de variables climáticas para el manejo de predios, análisis económico para la renovación, costos de adecuación, preparación y siembra, rentabilidad del cultivo y análisis del punto de equilibrio entre ingresos y costos.

Ingenio Carmelita

AEPS.

Providencia

Reconocimiento de las características del suelo para AEPS y herramientas web de Cenicaña.

ANEXO 7. Seminarios en línea.

Seminario en línea	No. participantes
Reconocimiento y manejo de los barrenadores y mecanismo de acción e importancia de los benéficos en el cultivo de caña de azúcar	57
Interpretación de los análisis de suelos y foliares	123
El punto de equilibrio de mi negocio y criterios económicos para renovar la plantación	81
Identificación de variables climáticas para el predio (selección de estaciones).	37
Criterios de campo y económicos para la renovación.	77
Uso y aplicaciones de redes de la agroindustria de la caña	104
Fuentes de fertilizantes: bases para definir el fertilizante a aplicar.	67
Corredores biológicos como alternativa para la conservación de insectos benéficos en el cultivo de caña de azúcar.	49

Seminario en línea	No. participantes
Evite que el salivazo le cause pérdidas económicas en su cultivo.	72
Herramientas web para apoyar la selección de la variedad a sembrar.	57
Uso de imágenes satelitales y de imágenes tomadas con drones.	75
El punto de equilibrio de mi negocio y criterios económicos para renovar la plantación (Aeco).	54
Curvas de absorción de nutrientes para las variedades.	121
Huella de carbono como indicador de desempeño ambiental en el cultivo de caña.	74
Opción varietal para la renovación.	49
Conceptos de fisiología para un mejor manejo del cultivo.	49
Identificación del potencial productivo de la hacienda y de variables climáticas para el predio.	26

1,259
Total de
participantes

ANEXO 8. Capacitaciones virtuales en diferentes tecnologías.

Capacitación virtual	Número de participantes
Conozca sobre las enfermedades causadas por virus y bacterias que pueden afectar la productividad del cultivo.	60
Zonificación agroecológica para el manejo agronómico del cultivo con enfoque AEPS.	44
Indicadores de la gestión del riego	36
Alternativas de diversificación en la industria azucarera - Módulo 1	21
Alternativas de diversificación en la industria azucarera - Módulo 2	17
Ceniprof - Módulo 1	35
Ceniprof - Módulo 2	34
Ceniprof - Módulo 3	16
Ceniprof - Módulo 4	26
Ceniprof - Módulo 5	15
Taller Huella de carbono	20
Lanzamiento de Cenicristal	40

ANEXO 9. Red de Grupos de Transferencia de Tecnología (GTT).

Ingenio	Tema / tecnología	Número de participantes
Riopaila-Castilla (planta Castilla)	Agricultura de precisión: • Uso de drones para un manejo oportuno de la caña de azúcar. • Impacto de la cosecha en diversos factores del cultivo. • Experiencias de Riopaila-Castilla en cosecha mecanizada.	58
Incauca	Uso y Manejo del portal de proveedores: • Situación actual de los pozos en la agroindustria de la caña de azúcar. • Uso y manejo del portal de proveedores.	96
Riopaila-Castilla (planta Castilla)	La maduración, una práctica para mejorar la productividad del azúcar en el sector: • Prácticas para mejorar la productividad de azúcar en el sector.	35
Risaralda	Criterio económico para apoyar la decisión de renovación de la plantación: • Toma de decisiones con base en el modelo de renovación. • Exposición Tasas de financiamiento con Ingenio Risaralda para renovar.	38
Incauca	Monitoreo y mantenimiento de drenajes y obras de protección: • Manejo del drenaje en campos cultivados con caña de azúcar. • *Obras de protección para prevención de inundaciones.	76



Ingenio	Tema / tecnología	Número de participantes
Risaralda	Efecto del clima en la producción del cultivo.	38
Incauca	Las tecnologías disponibles para realizar un manejo eficiente del riego en el cultivo de caña de azúcar.	99
Incauca	Análisis y perspectivas del paro nacional y rol del sector: - Acciones llevadas a cabo por Incauca en el marco del paro nacional. - Programa Integra, liderado por Cenicaña.	105
Providencia	Tecnologías y prácticas sostenibles en el cultivo de caña de azúcar : - Pivote: Costos y beneficios en Providencia. - Programación y operación del riego con pivote, mediante el uso de tensiómetros automatizados.	12
Providencia	Situación actual del mercado del azúcar y nuestro compromiso social con la región: - Comportamiento del mercado del azúcar a nivel nacional e internacional. - Conozca la participación de nuestra empresa en el desarrollo social de la región. - Participe del programa Compromiso Rural con Asocaña.	25
Riopaila-Castilla (planta Castilla)	Salivazo en caña de azúcar: - Detección de salivazo para evitar daños en el cultivo de caña de azúcar. - Manejo de salivazo. - Socialización marco normativo ambiental.	28

Ingenio	Tema / tecnología	Número de participantes
Manuelita	Maduración: Fisiología de la caña y momentos clave del cultivo	80
Risaralda	Herramientas web: - Identificación de variables climáticas para el predio. - Conozca la información disponible en el Meteoportal.	37
Pichichí	Prepárese para una cosecha eficiente y rentable	59
Pichichí	Manejo integrado de salivazo	25
La Cabaña	Los maduradores y su manejo en el incremento de la sacarosa	28
Pichichí	- Proyecto CLIP. - Programa Compromiso Rural. - Programa Integra.	65
Risaralda	Variedades para ambiente semiseco (focalizado).	26
Risaralda	Alternativas económicas para la fertilización del cultivo.	49
Risaralda	Balance general año 2021 Ingenio Risaralda.	97
Manuelita	Balance general año 2021 Ingenio Manuelita.	170
Mayagüez	Encuentro anual aliado del negocio.	120
Pichichí	Balance general año 2021 Ingenio Pichichí.	90

ANEXO 10. Comités de investigación.

01 Comité de Investigación de Campo

Marzo 17

- Proyección de tiempo y clima para el valle del río Cauca.
- Productividad de la agroindustria y modelos de pronóstico.
- Censo varietal 2020 e indicadores de sanidad.
- Refinamiento de los grupos homogéneos de suelos.

Septiembre 22

- Actualización sobre el desempeño de mezclas varietales.
- Efecto del barrenador del tallo sobre la acumulación de sacarosa en las variedades.
- Producción de tiempo, clima y productividad.
- Eficacia y criterios para la ejecución de resiembras en caña de azúcar.
- Avances en la caracterización fisicoquímica de la biomasa.

Diciembre 7

- Actualización sobre el desempeño de mezclas varietales.
- Efecto del barrenador del tallo sobre la acumulación de sacarosa en las variedades.
- Perspectivas climáticas para el trimestre diciembre - enero - febrero en el valle del río Cauca.
- Productividad de la agroindustria y modelos de pronóstico.
- Efecto del retiro de los residuos de cosecha sobre la productividad de la caña de azúcar.
- Avances en la caracterización fisicoquímica de la biomasa.

02 Comité de Variedades

Diciembre 14

- Nomenclatura Mezclas Varietales.
- Avances en el ambiente de Piedemonte (Estado I, II y III).
- Pruebas regionales de ambiente Piedemonte (Serie 2014).

Marzo 24 de 2021

- Indicadores Industria: CC 05-430, CC 01-1940 y CC 85-92.
- Curva de maduración de las variedades CC 05-430, CC 01-1940, CC 85-92 y CC 93-4418 en Pruebas Regionales.
- Respuesta al Nitrógeno de las variedades CC 05-430 y CC 01-1940.
- Productividad CC 05-430 (Ingenio Providencia).

Octubre 28

- Comparación de tres sistemas agrícolas hipotéticos: mono variedad, policultivo y mezcla varietal.
- Resultados de mezclas varietales en evaluación.
- Propuestas nomenclatura mezclas varietales.

03 Comité de Sanidad Vegetal

Abril 7

- Avances en el manejo técnico de la caña de azúcar en la altillanura - historia y perspectivas.
- El barrenador gigante Telchin licus: bioecología y manejo.
- Servicio Diagnóstico de Enfermedades.
- Experimentación roya naranja.





Septiembre 8

- Las royas como patógenos de plantas.
- Detección de variantes genómicas del virus de la hoja amarilla.
- Diferentes cebadores en prueba molecular RT-PCR.
- Variación temporal de la lluvia como modulador de la dinámica poblacional del salivazo *Aeneolamia* varia en caña de azúcar.

Diciembre 15

- Corredores ribereños: hacia la sostenibilidad ambiental del cultivo.
- Nuevos hallazgos en el parasitismo de los huevos de *Diatraea* spp.
- Muermo rojo un patógeno oculto para el manejo de semilla de caña de azúcar.

04 Comité Agricultura de precisión

Septiembre 28

- Estado de plataforma ArCROP.
- Desarrollo plataforma Google Earth Engine (GEE).
- Cédula Cañera.
- Uso de imágenes radar para monitoreo espacio-temporal de humedad del suelos (tesis).
- Pruebas cosecha con autoguiado.
- Fertilización en tasa variada.

Diciembre 14

- Análisis comparativo de costos de software comerciales para generación de mosaicos con imágenes de dron.
- Caracterización de las propiedades superficiales del suelo a partir de espectroscopía proximal y técnicas de *machine learning*.

- Desarrollo para Fertilización en Tasa Variada (FTV).
- Modelamiento para predicción de sacarosa con datos climáticos y sensores remotos.
- Estudio de Caso Ingenio Riopaila.
- Pruebas cosecha con autoguiado.

05 Comité de Cosecha

Abril 15

- Perspectivas climáticas para el valle del río Cauca.
- Productividad y producción de la agroindustria de la caña de azúcar.
- Impacto del comportamiento de los extractores de la cosechadora en la calidad de la caña.
- Propuesta Macroproyecto CATE (fase 2).
- Muestra de vagón de autovolteo para cosecha mecánica de experimentos.

Diciembre 2

- Perspectivas climáticas para el valle del río Cauca.
- Productividad y producción de la agroindustria de la caña de azúcar.
- Formulación proyecto CATE (fase 2).
- Seguimiento pruebas regionales de Variedades: Serie 11- soca 1.
- Seguimiento: Energía específica de impacto para corte de caña.

06 Comité de Maduración

Marzo 4

- Resultados de maduración por los ingenios en el año 2020.
- Efecto de diferentes dosis de Trinexapac sobre la maduración de las variedades 01-1940, CC 11-600 y CC 85-92.
- Evaluación de Trinexapac, Boro y NaCl sobre la maduración de las variedades CC 05-430 Y CC 11-595. (Experimentos de Incauca con Boro).

Septiembre 9

- Cifras de maduración del sector azucarero (primer semestre de 2021).
- Efecto de esquemas de aplicación dobles con Boro y Trinexapac-Etil sobre la maduración de CC 01-1940.
- Efecto de esquemas de aplicación dobles con Boro y Trinexapac-Etil sobre la maduración de CC 05-430 y CC 09-535.
- Red de Experimentos de Maduración (REMA).

Diciembre 3

- Proyecciones del clima para el valle del río Cauca.
- Proyecciones de productividad y sacarosa.
- Efecto de algunos parámetros ambientales sobre la acumulación de sacarosa.
- Efecto de aplicaciones dobles sobre la maduración de CC 05-430.
- Efecto del Nitrógeno y Trinexapac-etil sobre la maduración de CC 05-430 y CC 09-066.
- Avances de la Red de Experimentos de Maduración (REMA).

07 Comité de Fábrica

Febrero 10

- Clima y productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Principales resultados del proyecto: Identificación de factores de estrés de la levadura y evaluación de estrategias para su mitigación.
- Avances del 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 (PNUD).
- Avances en la estrategia de operación y mantenimiento en el área de centrifugación.
- Evaluación de estrategias de control en calentamiento.
- Avances en el desarrollo de las herramientas de software Ceniprof 3.0 y Cenicristal.
- **Proyecto nuevo:** Desarrollo de herramientas para el diagnóstico rápido y control de fuentes de pérdidas indeterminadas de sacarosa.
- **Proyecto nuevo:** Estrategias de mitigación de impurezas para incrementar la conversión de azúcares fermentables hacia etanol.

junio 23

- Avances tanto en la estandarización de la metodología para cuantificación de materia extraña, como en la caracterización fisicoquímica de los componentes de la materia extraña.
- Beneficios de la estrategia de control de alimentación al primer molino.
- Avances en el desarrollo de las herramientas de software Ceniprof 3.0 y Cenicristal.
- Estimación de la huella de carbono 2016 - 2020.





Agosto 11

- Productividad de la agroindustria de la caña de Colombia.
- Perspectivas climáticas para el trimestre agosto - septiembre - octubre en el valle del río Cauca.
- Avances tanto en la estandarización de la metodología para cuantificación de materia extraña, como en la caracterización fisicoquímica de los componentes de la materia extraña.
- Beneficios de la estrategia de control de alimentación al primer molino.
- Mejoras en el sistema de clarificación de jugo en Ingenio María Luisa.
- Manual de Microbiología.
- Avances en el desarrollo de las herramientas de software Ceniprof 3.0 y Cenicristal.
- Estimación de la huella de carbono 2016 - 2020.

Noviembre 10 y 17

- Perspectivas climáticas para el trimestre noviembre - diciembre - enero en el valle del río Cauca.
- Productividad y proyecciones.
- Resultado del desgaste abrasivo en recubrimientos utilizados en molinos.
- Influencia de dextranas de alto y bajo peso molecular en cristalización.
- Cenicristal.
- **Proyectos nuevos:** Estrategias para disminuir la concentración de impurezas críticas en las estaciones de clarificación en planta de azúcar.
- Desarrollo de estrategias de automatización y control en plantas de producción de azúcar.
- Agenda capacitaciones 2022.
- Lanzamiento Ceniprof 3.0.

08 Comité de Transferencia de Tecnología

Agosto 31

- Situación actual de la asistencia técnica.
- Necesidades de capacitación para grupos focalizados.

Diciembre 16

- Análisis de las causas que ocasionan insuficiente adopción de tecnología en el sector agroindustrial de la caña.



Para consultar las
memorias de los Comités
de Investigación.



El 13 de mayo se realizó un foro de cosecha con expertos internacionales, con el propósito de identificar problemáticas alrededor de la cosecha y establecer las bases para la formulación del macroproyecto CATE fase 2.

ANEXO 11. Participación del personal en actividades de intercambio o actualización profesional en 2021.

Evento / entidad organizadora / lugar	Fecha	Participante
5 Grande Encontro Sobre Variedades de Cana / IDEA / Virtual	Octubre 20	C. Viveros
Actualidad y Perspectivas del Movimiento Internacional de Semillas / ICA - Acosemillas / virtual	Mayo 21	C. Viveros, S. Zapata., F. Salazar.
Diplomado Aplicación de la Tecnología VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados) en la agricultura / Convenio Asocaña - Universidad del Valle / Florida, Valle del Cauca.	Febrero	M. Cagüañas.
Socialización sobre los procesos de importación y exportación de productos agrícolas y pecuarios, el cumplimiento de los requisitos y el manejo de la herramienta SISPA / ICA / Virtual	Agosto 17	S. Zapata
Curso Certificación manejo de Drones / Centro de educación aeronáutica del Valle / Florida, Valle del Cauca.	Julio	M. Cagüañas., D. Angrino., S. Anderson., M. Arredondo.
Capacitación telemetría cosechadoras de caña / Imecol / Cali, Valle del Cauca	Diciembre	J. Ome. S. Anderson., C. Muñoz
Vamos al Campo / Procaña / Palmira, Valle del Cauca	Octubre 13	M. Arredondo., O. Munar, A. Estrada., J. Sandoval.
Seminario liderazgo en los procesos para la administración efectiva / Técnicaña / Virtual	Septiembre	C. Viveros., O. Munar., A. Estrada., F. Hoyos., L. López., F. Salazar., L. Rivera., J. Angel., F. Silva.
Análisis de retos y desafíos de la transferencia para adopción tecnológica / Sena - Asocaña / Virtual	Septiembre diciembre	E. Quintero
Cursos de actualización SAS / SAS / Virtual	Mayo	F. Salazar
Curso de estadística básica en R / Universidad Javeriana Bogotá / Bogotá.	Septiembre Octubre	A. Cepeda., A. Enriquez.
2nd International Weed Science Webinar Series - Frontiers in Weed Science / USP-UNAL / Virtual	Septiembre	Y. Quevedo





Evento / entidad organizadora / lugar	Fecha	Participante
PGRs and Biostimulants: What Are They, How Do They Affect Plants, and What Are Their Possibilities and Limitations? / American Society of Agronomy / virtual	Agosto 31	Y. Quevedo
Manejo de Plantas Daninhas em Cana-de-Açúcar no Período de Estiagem / Núcleo de Estudos em Cana-de-açúcar / Virtual	Julio 13	Y. Quevedo
Nuevas Aplicaciones de Datos Satelitales Diarios para Agricultura / Planet / Virtual	Mayo 16	Y. Quevedo
Taller: Uso y Manejo de Mapas de Secuestro de Carbono / FAO y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural / Virtual	Mayo 19	Y. Quevedo
Metabolomics for Biomarker Discovery Research: from discovery profiling to candidate validation / BGI Genomics / Virtual	Abril 27	Y. Quevedo
Photosynthesis Training / LI-COR / Virtual	Enero 12 - 13	Y. Quevedo
Técnica de ddPCR / Virtual	Enero 19	E. Rincón., L. Donneys
Actualización ISO/IEC 17025:2017 / FV Colombia / Virtual	Febrero 15 - 18	E. Rincón., L. Donneys.
Aseguramiento de la validez de los resultados en laboratorio ISO/IEC 17:025:2017 / Fv Colombia / Virtual	Febrero 22 - 25	E. Rincón., L. Donneys.
Manejo y cuidados en riesgo biológico / Virtual	Marzo 4	E. Rincón., L. Donneys.
Diagnóstico de fitopatógenos mediante PCR en tiempo real / Ascoli / Virtual	Abril 8	A. Gil., L. Donneys.
Fundação de Canavial Visando Elevadas Produtividades de 1º Corte / IAC / Virtual	Abril 27	L. Bohorquez.
Control biológico con bacterias / Bioinsumos / Virtual	Julio 15	L. Bohorquez

Evento / entidad organizadora / lugar	Fecha	Participante
Nematodos Fitoparásitos: Nuevas tendencias en el Siglo XXI / Ascolfi / Virtual	Septiembre 16 - 17	J. Angel., E. Rincón.
Manejo integrado de arvenses / Tecnicaña / Virtual	Septiembre 21 - 23	J. Angel., L. Donneys
Congreso 48° de la Sociedad Colombiana de Entomología / Socolen / Virtual	Septiembre 1 - 3	L. Rivera., C. Echeverri., J. Carmona., V. Aya., A. Pabón., G. Ramírez
Extension agrícola y transferencia tecnologica como modelo para adopción de tecnología de control biológico en Chile / IOBC - NTRS / Virtual	Diciembre 2	A. Pabón
Bioprospección de parasitoides de huevos y larvas para el manejo de plagas lepidópteras en cultivos Bt / IOBC NTRS / Virtual	Julio 8	A. Pabón
Programas de control biológico en el Brasil / IOBC NTRS / Virtual	Febrero 11	A. Pabón
Congreso Nacional de Bioquímica y Bioingeniería de México / BIORAD, AM LTDA / Virtual	Agosto 31 septiembre 30	J. López.
Curso Excel / Finanzas VLR	Octubre	Programa de Procesos de Fábrica
Taller de formulación de proyectos con Marco lógico / ASESACNA	Septiembre - noviembre	N. Gil, M. Lopez, J. Riascos, F. Villegas, G. Vargas, J. López, L. López, F. Silva, F. Salazar, C. Echeverri, L. Rivera, C. Viveros, J. Angel, E. Rincón, F. Hoyos, L. Collazos, A. Cepeda, M. Quevedo, J.F. Sandoval, A. Estrada, C. Muñoz, F. Muñoz, O. Munar, H. Silva, C. Rojas, S. Gszmán, S. Alarcón, A. Criales, L. Jimenez, A. García, J. Celades, J. Antía, J.L. Rivas, L.E. González, M. Fernandez, C. Posada, H. Chica, D.M. Posada, J. Caicedo, M. Peña, A. Trochez, J.A. Tierradentro, B. Múnera, T. Pantoja, J.S. Luna, D. Yepes, J. Aristizábal, E. Benavides, J. Calpa, J.S. Girón, A. Agudelo, J. Sierra, L. Arévalo, A. Ospina, J.G. Rodríguez, M. Gómez, S. Mercado, J.D. Montes, J. Echeverry, S. Posso, P. Cuadrado.
Curso Análisis de retos y desafíos de la transferencia para adopción tecnológica	Septiembre 21 - diciembre 14	V. Carrillo, A. Arias, F. Silva, L. Jiménez, A. Criales, M.C. Pizarro, S. Alarcón, N. González, M. Quintero, A. García, F. Villegas.





ANEXO 12. Convenios y acuerdos de cooperación.

- **Asocaña.**

Enero de 2021.

Convenio para implementación, administración, operación y mantenimiento a la Red Automatizada de Monitoreo de Material Particulado PM10 y PM 2.5 de la agroindustria colombiana de la caña.

- **Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (pnud) y minambiente.**

Julio 2020 - Octubre 2021.

Acuerdo para el desarrollo del proyecto reducción de las liberaciones de los COP no intencionales y mercurio provenientes de la gestión de residuos hospitalarios, RAEE, procesamiento de chatarra metálica y quemas de biomasa.

- **Pontificia Universidad Javeriana.**

Noviembre de 2021.

Convenio de cooperación para el desarrollo integrado de un programa de prácticas universitarias.

ANEXO 13. Capital humano.

Cenicaña contó durante el año 2021 con 254 colaboradores para el desarrollo de los proyectos de investigación, así:

96 personas de nivel profesional, de los cuales 1 de ellos con postdoctorado, 11 con doctorado, 23 con maestría, 61 con pregrado; 59 personas de apoyo en investigación y servicios, 73 trabajadores de campo, y 10 aprendices del Sena. En trabajo de grado y pasantía estuvieron 16 estudiantes de distintas disciplinas.

Durante el año 2021 se presentaron dos retiros de personal por motivo de pensión; uno de ellos, el doctor Carlos Arturo Moreno Gil, biometrista del Servicio de Análítica. En su lugar ingresó el doctor José Fernando Giraldo Jiménez, ingeniero agrónomo, Magister en Investigación Operativa y Estadística. La otra persona en retiro pertenecía al personal de apoyo operativo, señor Norley Charrupi.

Personal profesional (al 31 de diciembre de 2021)

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.

Edis Milena Quintero Valencia.
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. Bacterióloga.

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

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

Hugo Arley Jaimes Quiñónez.
Biotechnólogo. Biólogo.

Claudia Ximena Ocampo Restrepo.
Asistente de Investigación. Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

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.

Melissa Montoya Arbeláez.
Investigador temporal. Ingeniera Agrónoma.

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

Miguel Angel Cagüenías Parra.
Ingeniero Agrónomo. Ingeniero Agronómico.

Viviana Marcela Aya Vargas.
Investigador temporal. Bióloga.

Programa de Agronomía

Miguel Angel López Murcia.
Director Programa de Agronomía. 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.

Aura Mercedes Cepeda Quevedo.
Investigador temporal. Ingeniera Agrónoma.





Oscar Javier Munar Vivas.
Investigador Agricultura de Precisión.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Michael Andrés Arredondo Mendoza.
Ingeniero Topógrafo. Ingeniero Topográfico

Juan Manuel Valencia Correa.
Analista Sistemas Información Geográfica.
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.

Sylvana Posso Hernández.
Química. Química.

José Sebastián Soto Girón.
Químico. Químico.

Esteban Omar Benavides Hidalgo.
Químico. Químico.

Sebastian 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 Sebastian 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.

Paula Daniela Cuadrado Osorio.
Microbióloga.
Microbióloga Industrial, M.Sc.

Juanita Sierra Becerra.
Microbióloga. Microbióloga Industrial.

Andrés Felipe Ospina Patiño.
Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Thomas Pantoja Erira.
Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Julian David Montes Posso.
Ingeniero Mecánico. Ingeniero Mecánico.

Juan Camilo Aristizabal Carvajal.
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 Munera Castañeda.
Ingeniero Ambiental.
Ingeniero Sanitario y Ambiental.

Servicio de Analítica

Héctor Alberto Chica Ramírez.
Coordinador Servicio de Analítica.
Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

José Fernando Giraldo Jiménez.
Biometrista. Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

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

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

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.

María Claudia Pizarro Esguerra.
Ingeniera Agrónoma. Ingeniera Agrónoma.

Liliana Jimenez 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 Ciales Romero.
Agrónoma de Transferencia. Ingeniera Agrícola.

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 Berrio Martínez.
Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas.

Julian Eduardo Antia Castaño.
Ingeniero de Electrónica y Telecomunicaciones. Ingeniero Electrónico y en Telecomunicaciones.

Mauricio Peña Parra.
Ingeniero de Redes y Telecomunicaciones. Ingeniero Electrónico, M.Sc.

Jorge Alexander Celades Martínez.
Ingeniero de Redes y Telecomunicaciones. Ingeniero Electrónico.

Weymar Yesid Narvaez Sabogal.
Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas.

Christian Alexander Valencia Torres.
Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas.

Christian Iván Rojas Valencia.
Ingeniero de Sistemas. Ingeniero de Sistemas.

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

Servicio de AgroClimatología

Mery Esperanza Fernández Porras.
Coordinadora del Servicio AgroClimatología. Meteoróloga, M.Sc.

Servicio Gestión del Conocimiento

Adriana Arenas Calderón.
Jefe del Servicio de 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.

**ANEXO 14. Artículos publicados en revistas indexadas.**

Título	Autores	Publicación
Reference evapotranspiration estimation by different methods for the sugarcane sector of Colombia	Mendoza, C.J., & Peña Quiñones, A.J.	Rev. bras. eng. agríc. ambient. 25 (9) Sept 2021: 583-590 https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n9p583-590
Regional wind pattern, a basis for defining the appropriate lapse of time for sugarcane burning in the Cauca Valley (Colombia)	Preciado Vargas, M., Chica Ramírez, H.A., Solarte Rodríguez, E., Carbonell González, J.A., & Peña Quiñones, J.A.	Environ Dev Sustain 23, 9477–9492 (2021). https://doi.org/10.1007/s10668-020-00992-8
Population dynamics of sugarcane borers, <i>Diatraea</i> spp., under different climatic scenarios in Colombia	Valencia Arbeláez, J.A., Soto Giraldo, A., Castaño Villa, G., Vallejo Espinosa, L., Salazar Gutiérrez, M., & Vargas Orozco, G.A.	PLoS ONE 16(1)(2021): e0244694. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244694
Morphological and molecular characterization of Castniidae (Lepidoptera) associated to sugarcane in Colombia	Aya, V., Pabón, A., González, J., & Vargas Orozco, G.A.	Bulletin of Entomological Research, (Nov. 2021) :1-12. doi:10.1017/S0007485321000997
Influence of Weather on the Distribution of PM10 Coming from Controlled Sugarcane Burning Events in Colombia	Preciado Vargas, M., Galindez Jamioy, C.A., Peña Quiñones, A.J. & Solarte Rodríguez, E.	Sugar Tech 23, 661–672 (2021). https://doi.org/10.1007/s12355-021-00953-z
Comportamiento agroindustrial de seis variedades de Caña de azúcar (<i>Saccharum</i> spp.) para Panela en Barbosa (Colombia)	Barona Rodríguez, A. F., Antolinez Sandoval, E. Y., López Lopera, J.G., Viveros Valens, C.A., Jiménez Vargas, J., Ángel Sánchez, J.C., Ballesteros Araque, A.L., & Vargas Orozco, G.A.	Revista Ciencia y Agricultura., 18(3): 15-28. https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12856
Site-specific intra-annual rainfall patterns: a tool for agricultural planning in the Colombian sugarcane production zone	Chica Ramírez, H.A., Gómez Gil, L.F., Bravo Bastidas, J.J., Carbonell González, J.A. & Peña Quiñones, J.A.	Theor Applied Climatology 146, 543–554 (2021). https://doi.org/10.1007/s00704-021-03755-1



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
 Jaime Hernán Caicedo
 Mery Esperanza Fernández
 Héctor Alberto Chica
 Luis Eduardo González

Producción editorial

Oficina de Comunicaciones Estratégicas
Cenicaña

Coordinación editorial

Margarita Rodríguez

Diseño y diagramación

Taraan Espacio Creativo

Fotografías

Francisco López Machado
 Santiago Rivera
 Banco de imágenes

Prensa e impresión

Se terminó de imprimir el 28 de febrero de 2022
 en Velásquez Digital S.A. (Cali, Colombia).

INFORME ANUAL

Cenicaña, Colombia

20
21

Remite/Cenicaña. Calle 38 norte No. 3CN-75 Cali, Colombia



Tarifa Postal Reducida Servicios Postales Nacional S.A
No. 2021 - 130. 4-72, vence 31 de dic. 2022