



Informe Anual  
**2022**



Informe Anual  
**2022**

## Informe anual 2022

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

I 176 p.; 21 cm  
ISSN 0120-5854

.....

Informe Anual 2022 / Centro de Investigación  
de la Caña de Azúcar de Colombia.  
CENICAÑA. – Cali: Cenicaña, 2023.

## 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](http://www.cenicana.org)  
[buzon@cenicana.org](mailto:buzon@cenicana.org)

## Nota:

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

# contenido

Planeación estratégica  
2022 - 2026  
Pág. 4

Junta directiva  
2022 - 2023  
Pág. 6

Comités de investigación  
y personal directivo  
Pág. 7

Ciencia y tecnología, motores  
de la agroindustria de la caña  
Claudia Calero  
*Presidenta de Asocaña*  
Pág. 8

Nos transformamos para seguir  
inspirándonos con el dulce  
sabor de la caña de azúcar  
Freddy Fernando Garcés  
*Director General de Cenicaña*  
Pág. 10

El clima en el valle  
del río Cauca  
Pág. 14

Producción y productividad  
de la agroindustria  
de la caña de azúcar  
Pág. 30

Azúcares, biomasa  
y energía  
Pág. 44

Ambiente, variabilidad  
y cambio climático  
Pág. 82

Eficiencia  
operativa  
Pág. 92

Acompañamiento  
y adopción  
Pág. 112

Diversificación  
Pág. 124

Apropiación social  
del conocimiento  
Pág. 128

Anexo  
Pág. 139

Personal profesional  
Pág. 168

Referencias  
Pág. 174

# Planeación estratégica 2022 – 2026

## Misión:

Contribuir al desarrollo sostenible del país a través de la innovación en la agroindustria de la caña de azúcar.

## Visión:

Liderar la evolución sostenible de la agroindustria de la caña de azúcar.



## Nuestros comportamientos:

- 01 Integramos conocimiento y construimos confianza.
- 02 Reconocemos el valor de la gente.
- 03 Tenemos a los mejores y esperamos grandes logros.
- 04 Somos apasionados, creativos y hacemos todo con energía.
- 05 Hacemos práctico lo complejo.
- 06 Dinamizamos la innovación.
- 07 Amamos lo que hacemos, y se nos nota.



## Pilares estratégicos:

01

### Azúcares, biomasa y energía:

Contribuir a la sostenibilidad de la región y del país, con énfasis en el aumento de la rentabilidad y de la productividad, desarrollando, validando, recomendando y acompañando la adopción de tecnologías de cultivo, cosecha y fábrica, con productos, prácticas, protocolos y metodologías desarrollados por Cenicaña.

02

### Ambiente, variabilidad y cambio climático:

Contribuir a la sostenibilidad de la región y del país reduciendo el impacto negativo de la variabilidad y del cambio climáticos en la productividad y en el territorio, con el uso eficiente de los recursos y con la formulación de estrategias de información, seguimiento, adaptación y mitigación, apoyadas en diferentes tecnologías de precisión, productos, servicios y gestión del conocimiento.

03

### Eficiencia operativa:

Contribuir a la sostenibilidad del sector agroindustrial de la caña de azúcar, con énfasis en la maximización de su rentabilidad (ingresos y/o costos), optimizando los procesos de la cadena de valor (físicos y humanos): administrativos, acreditaciones, certificaciones, producción, logística, abastecimiento, etc., e implementando herramientas para la toma de decisiones basadas en información

todo ello facilitando la comunicación entre las partes y contribuyendo a la gestión del cambio con modelos y estrategias de decisiones informadas y el conocimiento de las necesidades transversales de la industria.

04

### Acompañamiento y adopción:

Contribuir a la sostenibilidad de cada ingenio y cultivador, con énfasis en su productividad, guiándolos en procesos de innovación y suministrándoles de manera oportuna y efectiva las tecnologías de manejo del cultivo, cosecha y fábrica.

05

### Apropiación social del conocimiento:

Contribuir a la sostenibilidad y al bienestar de la región y del país, con énfasis en el desarrollo social, económico y ambiental, y fortalecer las relaciones entre el sector agroindustrial de la caña de azúcar y las comunidades ampliando las dinámicas del uso del conocimiento y transformando los diálogos ciudadanos a través del intercambio de diferentes saberes con todos los actores.

06

### Diversificación:

Contribuir a la sostenibilidad del sector agroindustrial de la caña de azúcar reduciendo el tiempo de desarrollo de nuevos productos y servicios y la incertidumbre por la introducción a nuevos mercados y ampliando el portafolio de productos y servicios de alto valor agregado.

# Junta directiva 2022 - 2023

Vicente Borrero Calero  
*Presidente*

Einar Anderson Acuña  
*Secretario*

## Principales

Vicente Borrero Calero  
*Gerente General*  
*Ingenio Providencia*

-----

Roberto Klinger Yanovich  
*Presidente*  
*Incauca S.A.*

-----

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

-----

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

-----

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

-----

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

-----

Tania Marcela Guapacha Lozano  
*Gerente General*  
*Ingenio Pichichí S.A.*

-----

Claudia Ximena Calero Cifuentes  
*Presidenta*  
*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.*

-----

Hernando Ulloa Tenorio  
*Gerente de Campo / Gerente Agrícola*  
*Ingenio del Occidente*

-----

Alejandro Amaya Cutiva  
*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 María Cabal Barona  
*Presidenta Junta Directiva*  
*Procaña*

-----

Carlos Hernando Molina Durán  
*Representante Junta Directiva*  
*Procaña*

-----

Santiago Fernández Vallejo  
*Azucari*

## Suplentes

Jorge Alberto Vallejo Bernal  
*Representante de los cultivadores*  
*afiliados a Asocaña*

-----

Martha Isabel Lince Cabal  
*Vicepresidenta Junta Directiva*  
*Procaña*

-----

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

-----

Humberto Ramírez Arango  
*Azucari*

## Invitados

Carlos Alberto Ledesma  
*Gerente*  
*Trapiche Lucerna*

-----

## Comité de la junta

*Presidente:*  
Pedro Enrique Cardona López  
*Presidente Riopaila Castilla*

-----



# Comités de Investigación



## Comité de Variedades

*Coordinadores:*  
Freddy Antonio Salazar V.  
*Fitomejorador, Cenicaña*  
Miguel Angel Cagueñas Parra  
*Ing. Agrónomo, Cenicaña*



## Comité de Cosecha

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



## Comité de Sanidad Vegetal

*Presidenta:*  
Isabel Cristina Molina Valencia  
*Jefe de Agronomía*  
*Ingenio Riopaila Castilla - Planta Castilla*



## Comité de Fábrica

*Presidente:*  
Fernando Marín Valencia  
*Gerente de Fábrica*  
*Ingenio San Carlos*



## Comité de Campo

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



## Comité Transferencia de Tecnología

*Presidenta:*  
Sandra Viviana Castillo  
*Jefe de Proveedores*  
*Ingenio Riopaila Castilla - Planta Castilla*



## Comité de Maduración

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

## Personal directivo 2022

**Freddy Fernando Garcés Obando**  
*Director General*

-----  
Einar Anderson Acuña  
*Director Administrativo*

John Jaime Riascos Argos  
*Director Programa de Variedades*

Edgar Hincapié Gómez  
*Director (e) Programa de Agronomía*

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

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

Héctor Alberto Chica Ramírez  
*Coordinador Servicio de Analítica*

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

Mery Esperanza Fernández Porras  
*Coordinadora Servicio de Agroclimatología*

Adriana Arenas Calderón  
*Jefa Servicio de Gestión del Conocimiento*

Luis Eduardo González Buritica  
*Superintendente Superintendencia de la Estación Experimental*



## Ciencia y tecnología, motores de la agroindustria de la caña

*Durante 45 años, Cenicaña ha sido una pieza fundamental para el desarrollo del sector. Su plan estratégico para el 2026 seguirá contribuyendo a la evolución sostenible de esta actividad.*



El desarrollo que ha tenido la agroindustria de la caña en Colombia está muy ligado a la inversión que ingenios azucareros y cultivadores hacen en ciencia, investigación y tecnología, un esfuerzo que nos ha llevado a estar en la frontera de la productividad de azúcar por hectárea cultivada de caña, casi duplicando el promedio mundial, y a ser un ejemplo de economía circular y sostenibilidad no solo en nuestro país, sino también en el mundo azucarero.

Este liderazgo no habría sido posible sin el trabajo de Cenicaña, donde en los últimos 45 años se han reunido los desarrollos científicos y tecnológicos, así como la generación de conocimiento e investigaciones que contribuyen a la evolución de la agroindustria de la caña colombiana.

Terminamos un 2022 en el que el fenómeno de La Niña fue protagonista, lo que significó un reto para la agroindustria, al punto que desde Cenicaña se llevó a cabo una planeación estratégica para que, por medio de la investigación, diversificación e intercambio de conocimiento, podamos continuar la evolución positiva de este sector pese a la variabilidad climática a la que nos enfrentamos.

Para el 2023 Cenicaña se proyecta con la ejecución de proyectos claves que responden a temas ligados a la sostenibilidad, automatización de procesos, al igual que el uso de inteligencia artificial y análisis de datos para la toma de decisiones en los diferentes procesos productivos.

Hay que mencionar, además, que se continuará con programas e iniciativas como la tecnificación de sistemas de cosecha; la implementación de prácticas sostenibles en el manejo del cultivo de caña, tales como control biológico, fertilizantes orgánicos, abonos verdes; tecnologías para mejorar la eficiencia del riego, entre otros. Por otra parte, continúa el interés en la identificación y evaluación de prácticas para la maduración de las diferentes variedades de caña de azúcar, que han ayudado a la transformación y sostenibilidad de una agroindustria que genera 286.000 empleos directos e indirectos y que representa el 2,8 % del PIB agrícola del país.

Igualmente, es necesario resaltar los avances en estudios sobre nuestra agroindustria, como la herramienta desarrollada por Cenicaña para medir la huella de carbono de los ingenios, que nos permitirá en 2023 lograr un consolidado sectorial sobre este importante indicador. De esta manera, podremos tomar decisiones estratégicas para contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero y a la protección del medio ambiente.

Desde Asocaña seguiremos impulsando la inversión que hace la agroindustria de la caña en ciencia, investigación y tecnología a través de Cenicaña, pues estamos seguros de que esto no solo se traduce en un sector más productivo, sostenible y diversificado, sino que también es el mejor camino para avanzar en el cumplimiento de los compromisos de Colombia frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

**Claudia Calero**  
*Presidenta de Asocaña*



**Nos transformamos**  
para seguir inspirándonos  
con el dulce sabor  
**de la caña de azúcar**



Desafortunadamente los indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar no acompañaron a los precios del azúcar durante el 2022, modulados por las condiciones que generó el fenómeno La Niña desde el 2021 y que se proyecta hasta el primer trimestre del 2023.

Son evidentes los retos que enfrenta el mundo por la variabilidad y el cambio climático, y en este respecto nuestro sector ha sido particularmente afectado por dos años consecutivos por el fenómeno La Niña. La frecuencia e intensidad de la precipitación ha influido en la oportunidad y en la calidad de las labores de mantenimiento y en la renovación de las suertes, además de obligarnos a cosechar en condiciones difíciles.

El fenómeno La Niña presentado en 2021 y 2022 y con perspectivas de continuar en el presente año, trastornó el comportamiento de las variables meteorológicas de esos años con respecto al histórico (2010 y 2022), tanto por el incremento de la precipitación y del número de días con lluvia, como por la reducción de la temperatura y del tiempo térmico o los grados-días acumulados.

La inusual duración del fenómeno tuvo un efecto negativo sobre la productividad, que afectó de manera simultánea el TCH, la sacarosa (% caña), la calidad de la materia prima y finalmente el TAHM. Esto trajo reducciones en la caña molida y en el azúcar producido durante 2022.

Cada año, los análisis de las variaciones de productividad por eventos climáticos en la región nos reafirman que su impacto no es inmediato. Por lo tanto, es fundamental prepararnos no sólo para sus efectos en el corto plazo, sino a más largo aliento. El reto está en mitigar el impacto de estos fenómenos con base en tecnologías que le

permitan al sector ser más resiliente ante la alta variabilidad climática. En otras palabras, prepararnos en años secos para afrontar los años húmedos, y en los años húmedos estar listos para afrontar los años secos.

Debemos reconocer que tanto ingenios como cultivadores de caña de azúcar siempre han sorteado tales eventualidades meteorológicas con su experiencia, conocimientos y capacidad humana y tecnológica. Pero eso no basta. Es necesario realizar esfuerzos adicionales soportados en la ciencia, la tecnología y la innovación para que sus previsiones sean más exitosas.

En tal sentido, la creación de la Red Meteorológica Automatizada (RMA) es fruto de esa visión y unión de esfuerzos que se concretó hace cuarenta y cinco años, cuando representantes de ingenios y cultivadores constituyeron un fondo para financiar a Cenicaña. Hoy nadie puede negar la valiosa contribución de esta Red al conocimiento preciso del clima en el valle del río Cauca, que nos ha permitido pronosticarlo y proyectarlo, aportando al sector en la toma de decisiones y los territorios con las mesas técnicas agroclimáticas.

Sin embargo, en escenarios de variabilidad climática como los que se prevén y ante los complejos retos sociales, ambientales y económicos que habrá de hacer frente el sector, se debe ampliar y fortalecer el soporte en CTel de la agroindustria de la caña de azúcar.

Con tal propósito, Cenicaña inició en 2022 un proceso de transformación para liderar la evolución sostenible de la agroindustria de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. Esto incluyó redefinir su razón de ser, con estricta fidelidad al espíritu de sus fundadores y a los intereses del sector; y una nueva perspectiva sobre la evolución de los cultivos, la industria, su conocimiento y el de los territorios.

Estos cambios trajeron consigo una nueva identidad, que se proyecta, pasando de un ciclo cerrado a una planta de caña de azúcar creciente. La evolución de la vida, los cultivos, la industria, el conocimiento y su gente. Entendiendo que hoy el conocimiento es el activo más valioso que puede tener cualquier industria, le queremos dar una nueva cara a nuestras historias, logros y conocimiento para ser una marca que siempre está presente y sea inspiración en la vida de todos sus actores.

Para aportar a la planeación estratégica que el Centro inició en 2021, este año formulamos dos nuevos macroproyectos: 'Adopción de tecnologías para la innovación y la sostenibilidad' y 'Agricultura 4.0', que se suman a los dos macroproyectos 'CATE fase II' y 'Sacarosa'. Precisamente, en 2022 comenzó la construcción del laboratorio de CATE en el lote 1 de la Estación Experimental, que contará con equipos y tecnologías para realizar investigación, validación y capacitación.

En la misma línea, en 2022 el área de Geomática de Cenicaña se transformó en GeoInformática, con el objetivo de avanzar en la unificación y estandarización de la cartografía del sector, facilitar la adopción de tecnologías y ofrecer soluciones a los requerimientos de la agroindustria.

Consolidar y buscar alianzas es también parte de esos esfuerzos en CTel que le permitirán a la agroindustria asumir los desafíos del futuro. Por eso, en 2022 Cenicaña incursionó como entidad ejecutora de proyectos con recursos del Sistema General de Regalías, a través del Programa Integra, y se sumó a una alianza liderada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural para reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola del país ante las amenazas del cambio climático.

Sea esta la oportunidad para reiterar el compromiso cada vez mayor de Cenicaña con la sostenibilidad del sector. En ese cometido, a partir de este año cuatro ingenios no duales empezaron a calcular la huella de carbono de su proceso productivo, lo que nos permitirá seguir construyendo esa línea base de confianza para los procesos de la agroindustria.

En las páginas de este documento se detallan algunos de los resultados de la investigación y de las gestiones realizadas por Cenicaña en 2022 para contribuir al logro de los objetivos del país en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y se resumen las actividades y logros del Centro en el periodo.

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





## La evolución de una imagen

A partir de 2023, Cenicaña se viste con una nueva imagen, una nueva identidad que honra a su predecesor, toma una parte de él, lo dinamiza y lo convierte en un elemento para enfrentar el futuro que se proyecta para toda la agroindustria y la reta a ir más allá.

Se suman a esta identidad la energía del violeta y de un verde vibrante, que no sólo hacen referencia a la naturaleza sino a la tecnología y crean una mezcla que rompe estándares y se presenta de una manera diferente y potente a sus públicos.

Hoy Cenicaña tiene una personalidad creativa y humana para destacar el valor que el conocimiento aporta a las vidas, los negocios, el país y el mundo.

MAXIMA Brands





# 01 el clima en el valle del río Cauca



## Condiciones atmosféricas

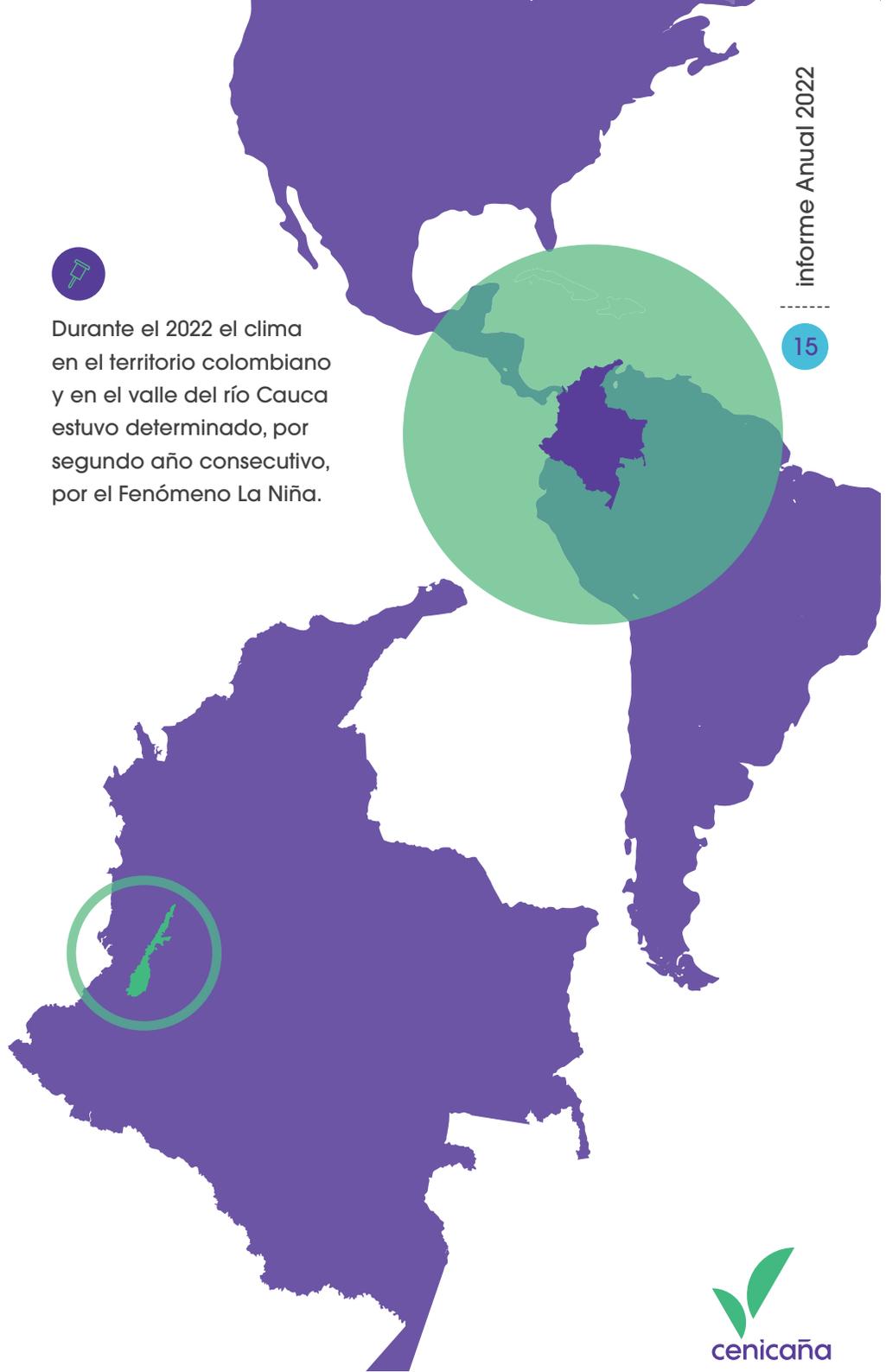
Las condiciones océano-atmosféricas confluyeron en un fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS) en su fase La Niña sobre las regiones Caribe, Pacífica y Andina, lo que implicó un incremento de los volúmenes de precipitación en el Valle del Cauca, especialmente en los tres primeros trimestres de 2022.

Durante el año en el océano Pacífico se presentó un perfecto acople manteniendo activo el fenómeno de La Niña. Los indicadores océano-atmosféricos caracterizaron muy bien este evento: bajas temperaturas de las aguas superficiales en la cuenca occidente y central del océano Pacífico (anomalías entre  $-0.3^{\circ}$  y  $-1.1^{\circ}\text{C}$ ) y anomalías negativas de las temperaturas de la subsuperficie, reflejando un área extensa bajo el promedio desde la superficie hasta  $\sim 100$  m de profundidad sobre el centro y oriente del océano Pacífico, según National Centers for Environmental Prediction / National Weather Service (NCEP/NWS).

En la atmósfera fue predominante la escasa nubosidad hacia el occidente del océano Pacífico y el Índice de Oscilación del Sur (IOS) presentó a lo largo del año valores positivos, registrándose los más altos en abril y julio de 2022. En el Pacífico occidental los vientos en altura (10 km) fueron persistentes del oeste y los vientos del este en superficie predominaron con intensidades fuertes especialmente en los meses de marzo y noviembre, indicador propio de un fenómeno La Niña (**Figura 1**).



Durante el 2022 el clima en el territorio colombiano y en el valle del río Cauca estuvo determinado, por segundo año consecutivo, por el Fenómeno La Niña.

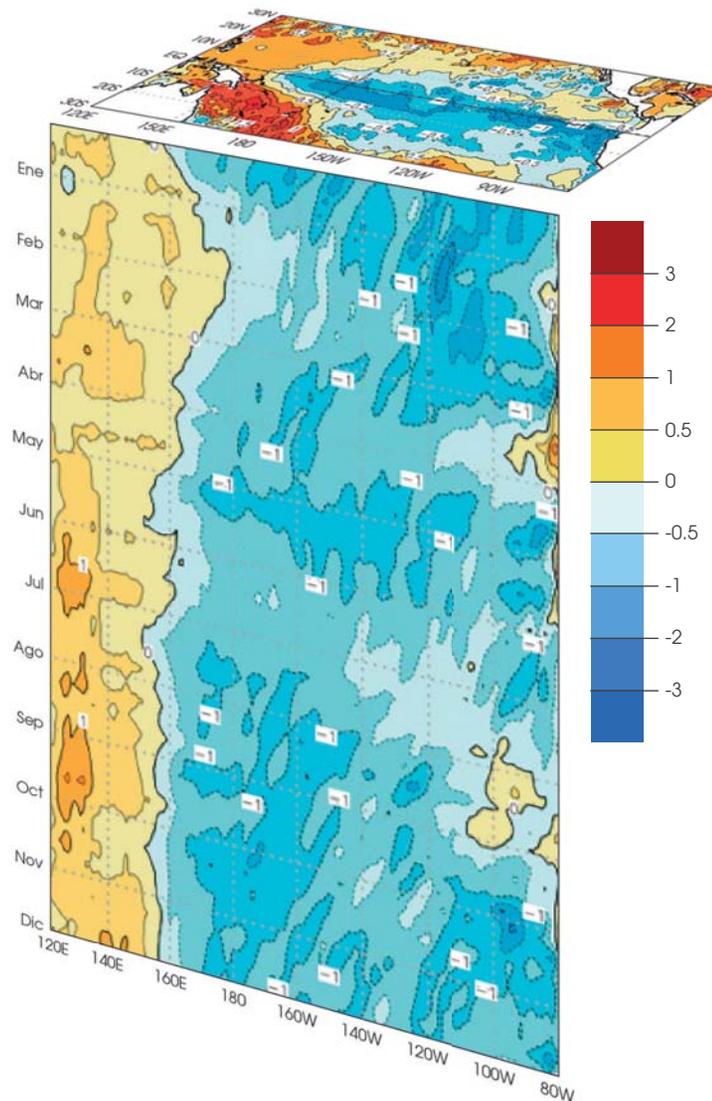


De acuerdo con las proyecciones internacionales se prevé que el actual fenómeno La Niña presente condiciones neutrales entre abril y mayo, se estima además que en estos meses finalice este evento frío. Para el segundo semestre de 2023 podría incrementarse la temperatura del océano Pacífico aumentando así la probabilidad de un evento cálido de variabilidad climática (El Niño).



En colores azules se indican anomalías negativas asociadas al enfriamiento de la superficie del mar entre los 180 E y los 100 W.

Figura 1. Comportamiento de la anomalía de la temperatura superficial del océano Pacífico durante 2022.



## Variables meteorológicas

En el 2022 las precipitaciones registradas en la Red Meteorológica Automatizada (RMA) de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar fueron en promedio superiores con respecto a los rangos históricos, especialmente en febrero, marzo y junio. En la **figura 2** se evidencia un exceso de las precipitaciones en relación con las anomalías negativas del índice oceánico (ONI) propias del fenómeno La Niña.

En la **Figura 3** se contrasta el índice oceánico ONI con la anomalía de la precipitación de todas las estaciones del valle del río Cauca junto con la anomalía de la temperatura máxima media y la radiación solar media.

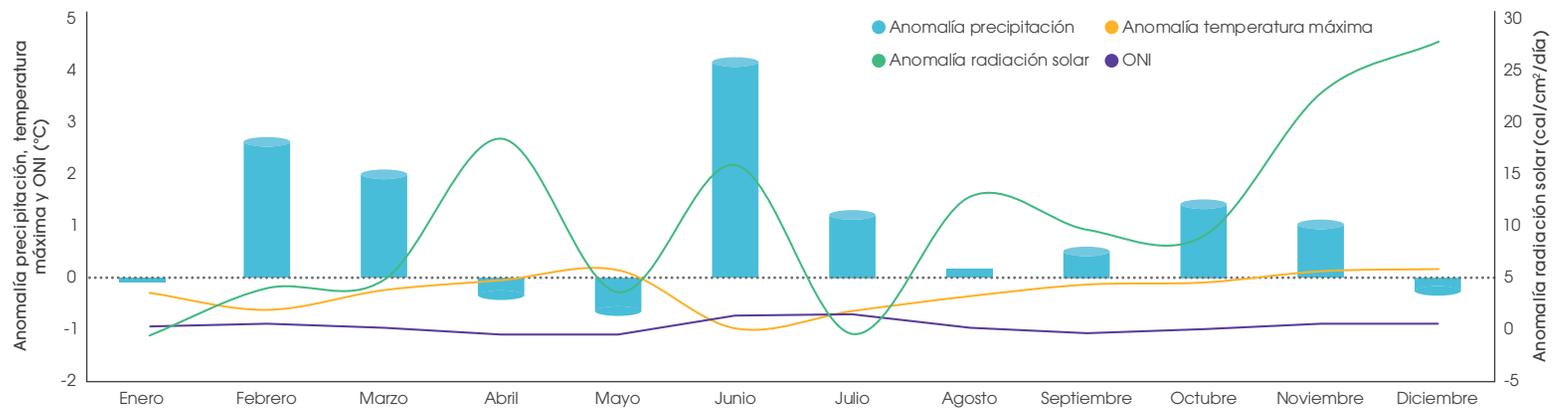
Como se mencionó en el párrafo anterior, las precipitaciones presentaron un incremento significativo durante los meses de febrero, marzo y junio por lo que las anomalías fueron positivas, mientras que las anomalías de la temperatura fueron negativas, es decir, la temperatura máxima estuvo ligeramente por debajo de los promedios históricos. Nótese que la radiación solar presentó un leve aumento en algunos meses (abril, junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) a pesar de las precipitaciones y el índice ONI reflejaban el evento La Niña.



**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 red RMA durante 2020 y 2022.



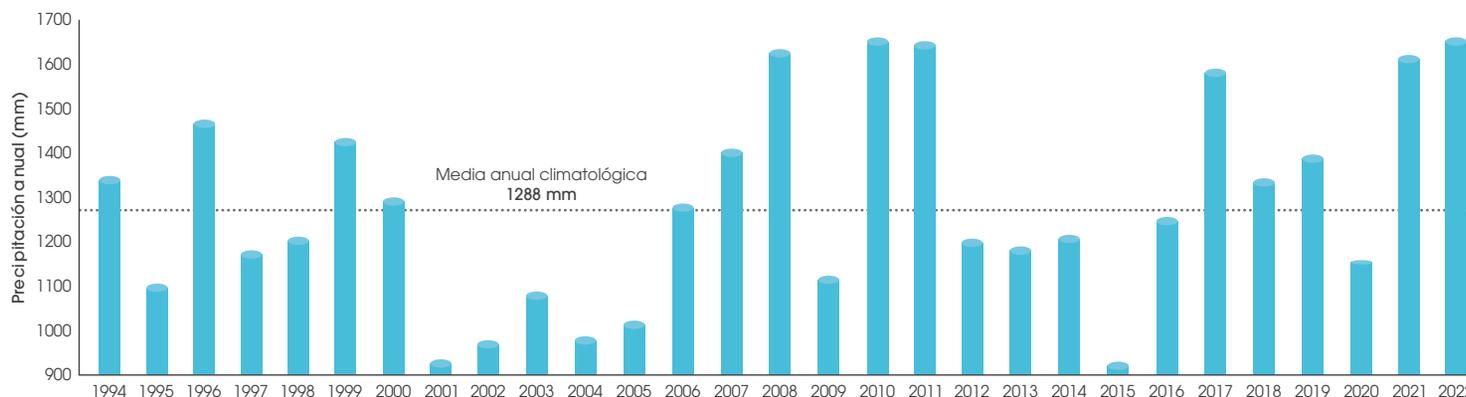
**Figura 3.** Anomalía de la temperatura superficial del mar en la zona Niño 3.4. (Índice oceánico ONI de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), anomalía de la precipitación, de la radiación solar y de la temperatura mínima promedio obtenida de los datos de la red RMA durante 2022.



## Precipitación anual

De toda la historia de datos de la RMA, el 2022 fue el año más lluvioso con un promedio anual de 1661 milímetros, asociados al evento de La Niña. En la historia de datos de la red RMA el segundo año más lluvioso fue el 2010 con 1657 milímetros; y el 2011, el tercero con 1649 mm, años asociados con la ocurrencia de un episodio frío en el Pacífico. (Figura 4).

 **Figura 4.** Promedio de la precipitación mensual multianual entre 1994 y 2022 en las estaciones de la RMA.

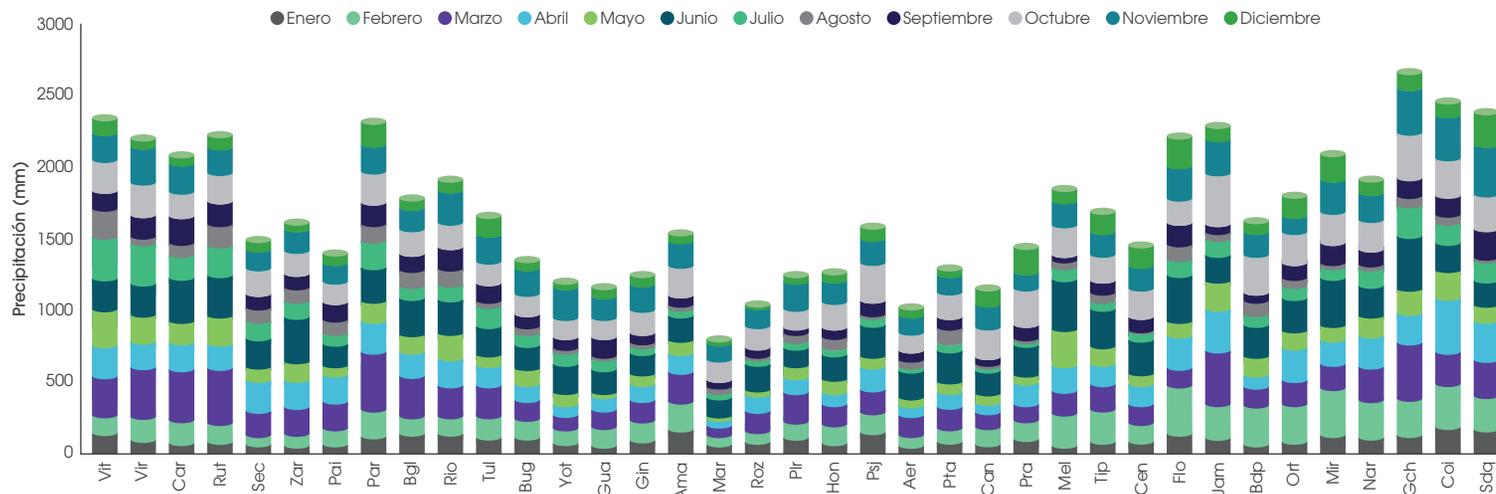


Según el comportamiento de la precipitación por estaciones a lo largo del 2022, en el norte y el sur del valle del río Cauca ocurrieron los más altos volúmenes acumulados. Las estaciones de Florida, Jamundí, Miranda, Guachinte, Corinto, Santander de Quilichao, La Virginia y Viterbo presentaron registros por encima de 1800 mm (Figura 5).

### Estaciones de la RMA

Viterbo: VIT	Guacarí: GUA	Cenicaña: CEN
La Virginia: VIR	Ginebra: GIN	Melendez: MEL
Cartago: CAR	Amalme: AMA	El Tiple: TIP
Seca: SEC	Rozo: ROZ	Jamundí: JAM
Zarzal: ZAR	San Marcos: MAR	Ortiga: ORT
La Paila: PAI	Palmira la Rita: PLR	Bocas del Palo: BDP
Paila arriba: PAR	Arroyohondo: HON	Miranda: MIR
Bugalagrande: BLG	Palmira San Jose: PSJ	El Naranjo: NAR
Riófrío: RIO	Aeropuerto: AER	Guachinte: GCH
Tuluá: TUL	PTAR Cali: PTA	Corinto: COR
Buga: BUG	Candelaria: CAN	Santander de Quilichao: SDQ
Yofoco: YOT	Pradera: PRA	

 **Figura 5.** Precipitación mensual acumulada durante el 2022 en las estaciones de la RMA en el valle del río Cauca.



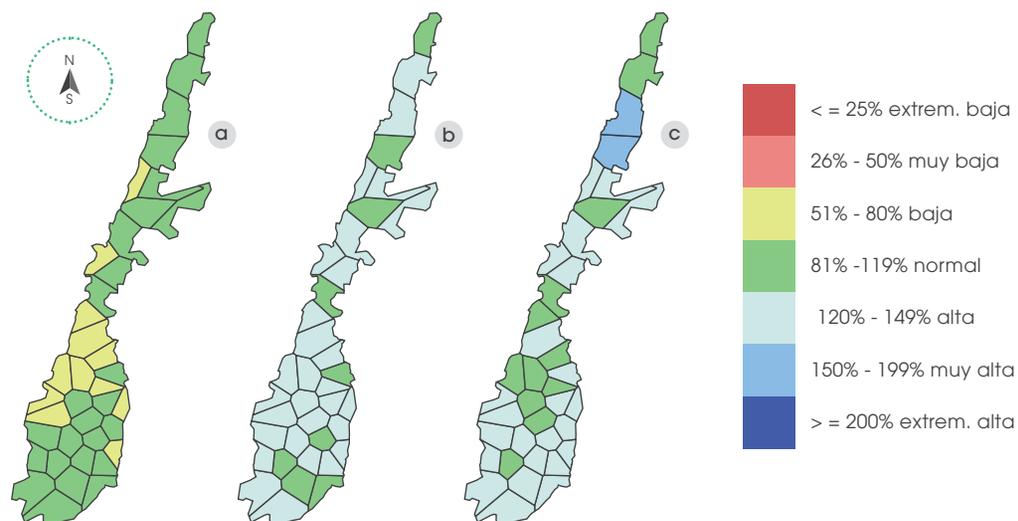
## Distribución espacial de la precipitación

En los últimos 3 años el comportamiento de las precipitaciones se alteró por la influencia del fenómeno La Niña, con excesos entre 120% - 150% de lluvias (Figura 6).

 **Figura 6.** Comparación de la anomalía de la precipitación anual del 2020 (a), 2021 (b) y 2022 (c) con datos de las estaciones de la RMA.



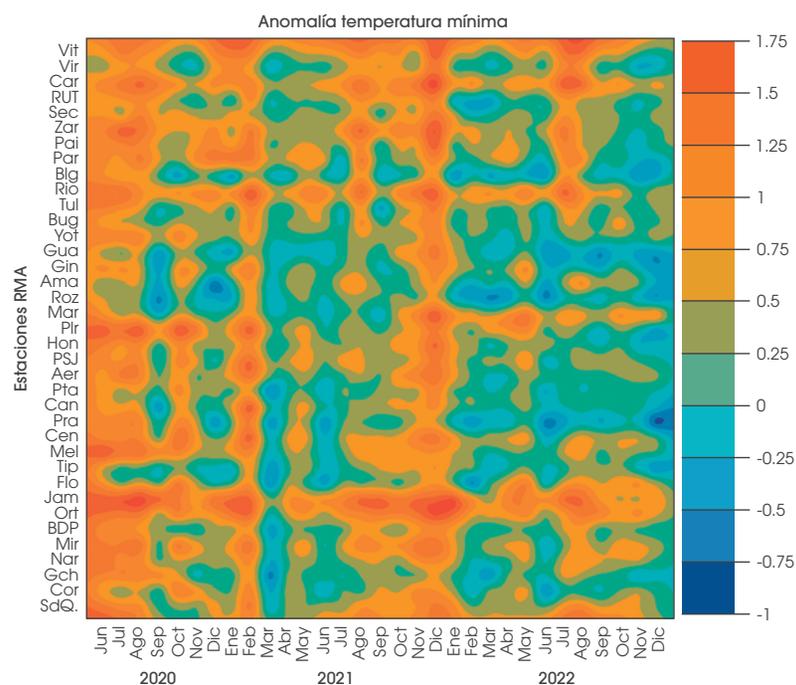
A pesar de que el 2022 fue el año más lluvioso en la historia de la climatología de la RMA, el 2021 presentó índices de precipitación muy altos en amplias zonas de influencia de las estaciones del valle del río Cauca.



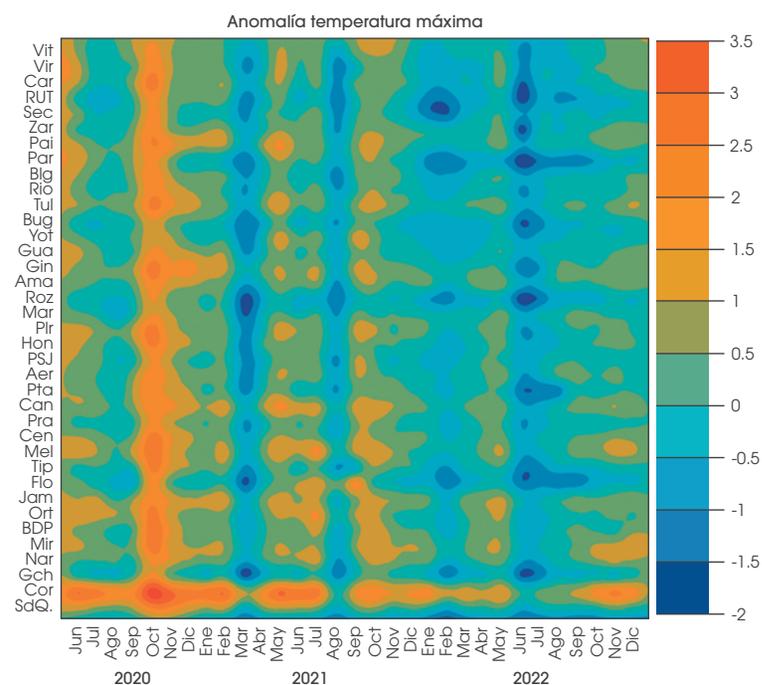
## Anomalías de las variables meteorológicas

Las anomalías de las variables térmicas de temperatura máxima y mínima prevalecieron negativas (en tonos azules) indicando registros por debajo de la climatología en gran parte de las estaciones en los meses de febrero, marzo y agosto de 2021 y enero, junio, julio y noviembre de 2022.

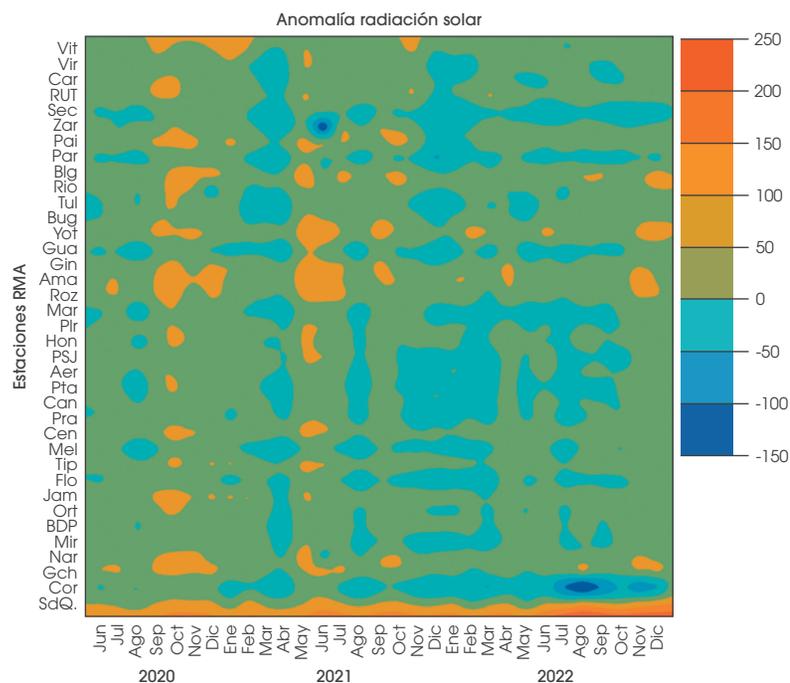
Particularmente, en el caso de la temperatura mínima los registros se presentaron por debajo de lo normal en el segundo semestre en agosto y en noviembre. (Figura 7a).



 **Figura 7a.** Anomalía de la temperatura mínima y máxima mensual, entre 2020 y 2022.

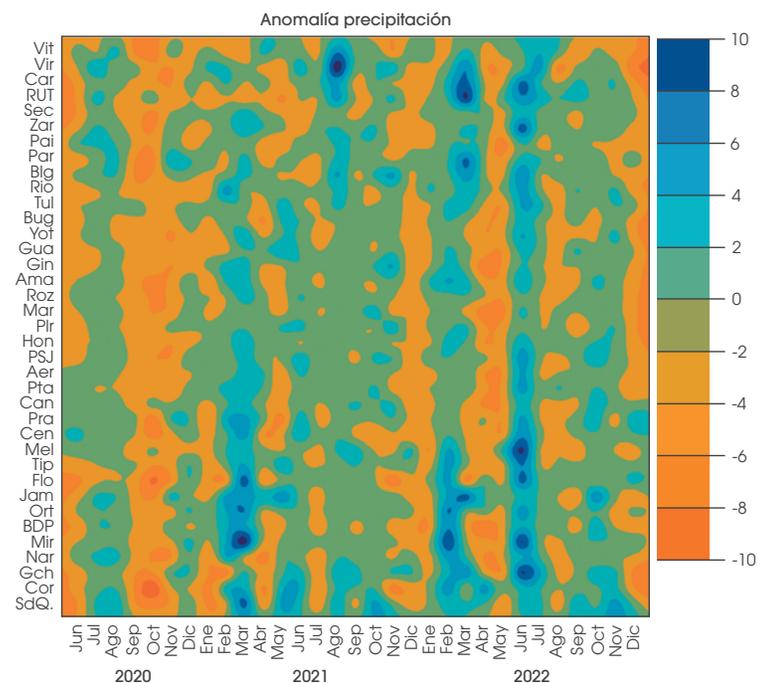


En cuanto a la precipitación media diaria, las anomalías positivas (en tonos azules) indicaron excesos asociados a la presencia del fenómeno La Niña. En marzo de 2021 las precipitaciones ocurrieron por encima de lo normal en las estaciones de Centro Sur y Sur, mientras que en agosto los excesos de lluvia se concentraron en el valle del río Risaralda. En febrero de 2022 los excesos fueron evidentes en el valle del río Risaralda, en la zona Norte 2a y zona Sur, mientras que en junio, julio y noviembre los excedentes de precipitación se concentraron en gran parte del valle del río Cauca (Figura 7b - derecha).



A pesar de que el 2022 fue un año húmedo, por lo cual se deduce mayor nubosidad, las anomalías de la radiación solar presentaron anomalías positivas, indicando que se registraron valores de radiación ligeramente por encima de lo normal de acuerdo con la climatología.

 **Figura 7b.** Anomalía de la radiación solar y de la precipitación durante el 2020 y el 2022.





## Clima por zonas homólogas

En la **Tabla 1** se muestra el comportamiento de las variables meteorológicas de manera trimestral por cada una de las zonas homólogas. Las zonas con mayores aportes de precipitación para el valle del río Cauca fueron el valle del río Risaralda, Sur y Guachinte, con volúmenes entre 2200 mm y 2600 mm y las de menor aportes corresponden a la zona 3 (Centro Occidente) y 4 (Centro Oriente).

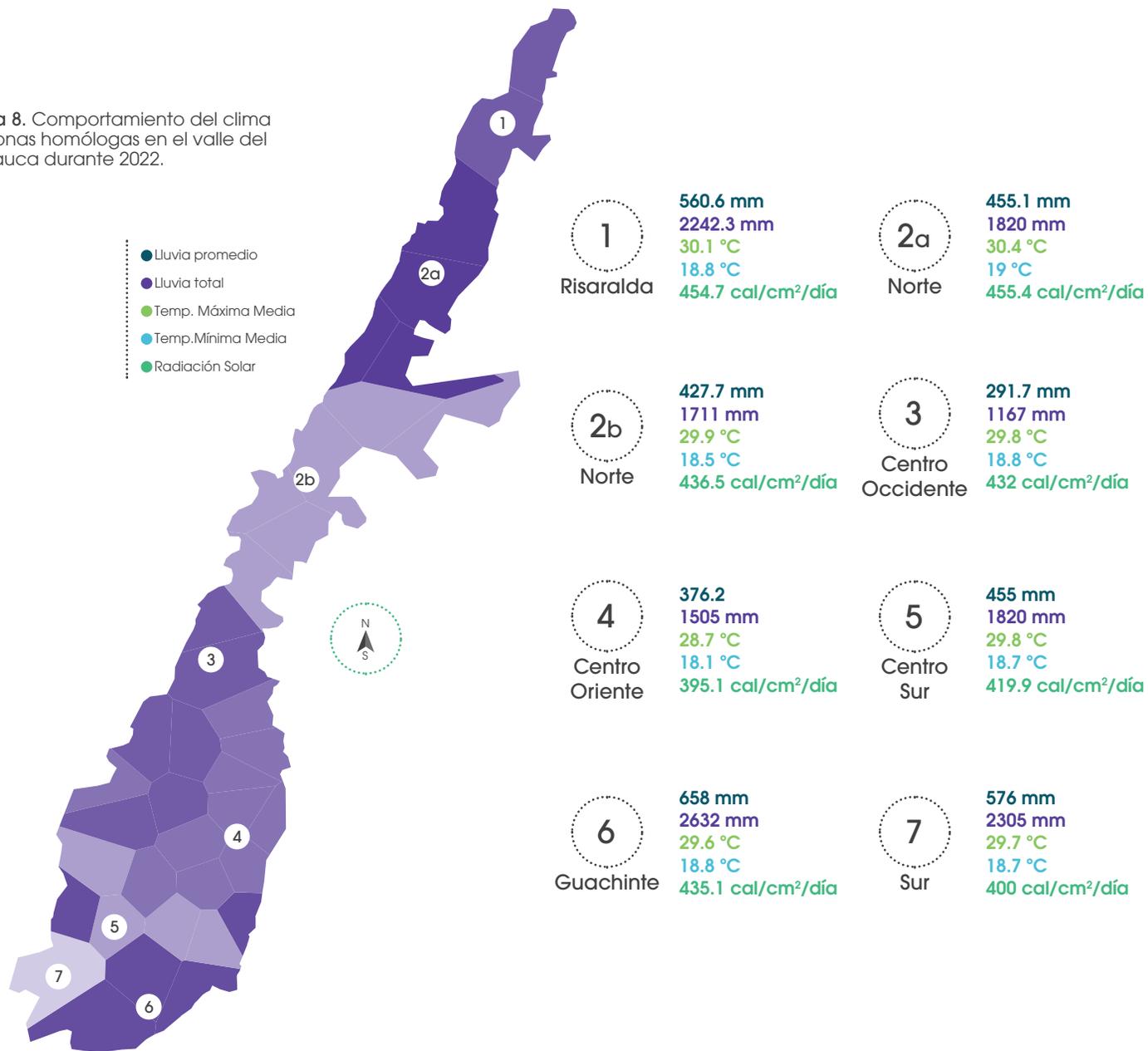
La radiación solar más alta se vio registrada en el valle del río Risaralda y Norte 2A y coinciden con las temperaturas máximas y mínimas promedio más altas. En la **Figura 8** se aprecia el comportamiento de las principales variables meteorológicas por las zonas homólogas de la región.



**Tabla 1.** Valores medios de las variables temperatura (mínima, media, máxima) humedad relativa, radiación global y precipitación por zonas homólogas por trimestre en 2022.

Variable	Trimestre	Zona climática homóloga 2022								Total
		1	2a	2b	3	4	5	6	7	
Temperatura mínima media (°C)	1	18.7	19.0	18.6	19.0	18.3	18.9	18.8	19.0	18.8
	2	19.1	19.3	18.8	19.1	18.4	18.9	18.9	19.0	18.9
	3	18.8	18.8	18.3	18.5	17.9	18.4	18.4	18.3	18.4
	4	18.6	18.8	18.4	18.8	18.0	18.8	18.7	18.9	18.6
	Promedio	18.8	19.0	18.5	18.8	18.1	18.7	18.7	18.8	18.7
Temperatura máxima media (°C)	1	30.4	30.6	30.2	29.9	28.8	29.9	29.9	29.8	29.9
	2	29.6	30.0	29.5	29.5	28.5	29.5	29.4	29.2	29.4
	3	30.4	31.0	30.3	30.3	29.2	30.1	30.1	30.1	30.2
	4	30.0	30.2	29.7	29.5	28.5	29.6	29.5	29.3	29.5
	Promedio	30.1	30.4	29.9	29.8	28.7	29.8	29.7	29.6	29.8
Radiación global (cal/cm <sup>2</sup> /día)	1	462.0	456.1	437.8	434.8	398.9	421.1	410.4	434.8	432.0
	2	440.1	442.4	417.1	417.9	385.5	414.4	397.1	419.6	416.7
	3	464.6	484.6	455.4	443.0	397.6	418.1	391.9	444.2	437.4
	4	452.1	438.4	435.7	432.2	398.2	426.1	400.6	441.8	428.1
	Promedio	454.7	455.4	436.5	432.0	395.1	419.9	400.0	435.1	428.6
Precipitación (mm)	1	544.1	429.4	466.2	276.6	420.6	530.4	646.5	748.7	507.8
	2	635.3	599.5	487.2	378.0	412.3	537.8	650.7	744.9	555.7
	3	542.3	388.7	324.5	166.2	166.5	241.9	318.5	396.6	318.1
	4	520.7	402.7	432.9	346.1	505.6	510.0	689.5	742.1	518.7
	Total	2242.3	1820.3	1710.7	1166.9	1505.0	1820.0	2305.1	2632.3	

**Figura 8.** Comportamiento del clima por zonas homólogas en el valle del río Cauca durante 2022.



## Distribución espacial de la precipitación trimestral

La representación espacial de las anomalías de la precipitación mostró un primer trimestre con índices altos y extremadamente altos (> 200%) particularmente en la zona Norte 2a y 2b, del valle del río Risaralda y algunas zonas del Centro Oriente.

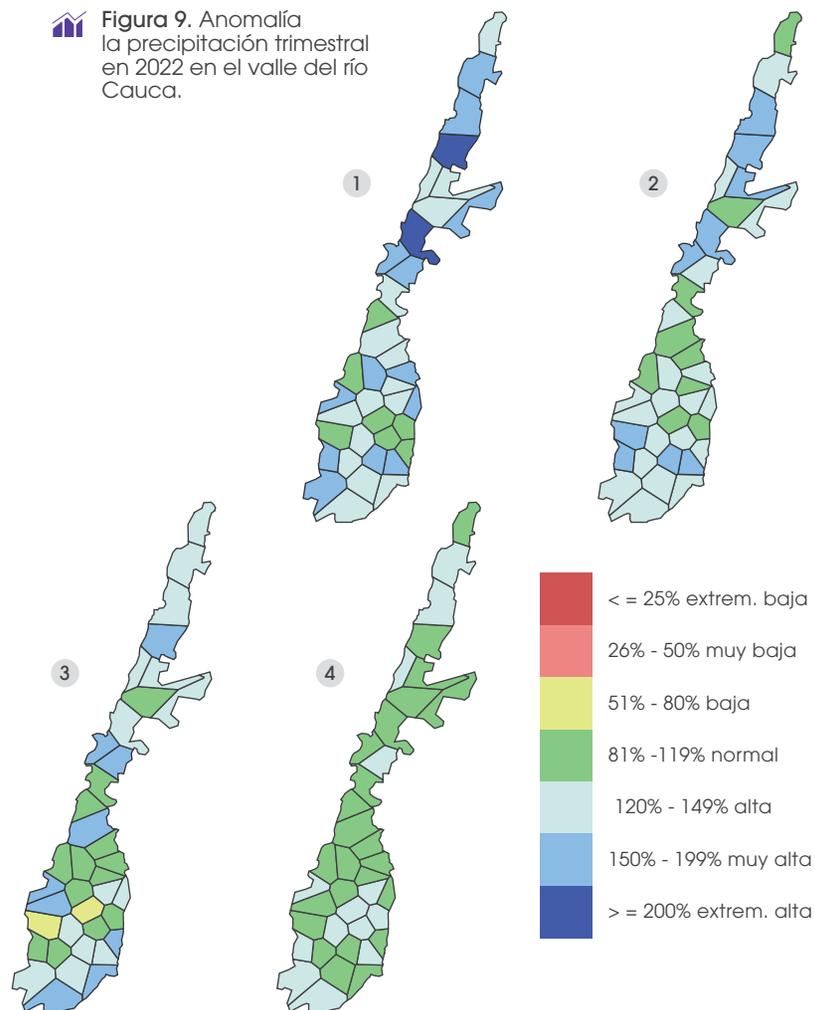
En el segundo semestre, junio presentó la tasa de lluvias más alta en la historia de la RMA con incrementos entre 100% y 200%, asociados al fenómeno La Niña, junto con la influencia de ondas tropicales como MJO en amplias zonas del valle del río Cauca. En julio fueron notorias las precipitaciones altas en las zonas Norte, Centro Occidente y Sur, con anomalías entre 120% a 150%. **(Figura 9).**



Con el ingenio Providencia se avanzó en la ampliación de cobertura de la estación Ortigal, que también favorecerá los servicios de posicionamiento y de conectividad, a través de las redes RTK e IoT de la agroindustria. El cambio consistió en la construcción de una nueva torre de 60 metros y la adaptación de equipos y tecnología.



**Figura 9.** Anomalía la precipitación trimestral en 2022 en el valle del río Cauca.



## Distribución espacial de la temperatura media trimestral

Debido a la persistencia de las precipitaciones, la temperatura del aire presentó una disminución en los trimestres 1, 2 y 3 en las zonas Norte, Centro Oriente y Guachinte en especial en las estaciones de Distrito RUT y Rozo. (Figura 10).

La anomalía de la radiación solar alcanzó índices altos en los 3 últimos trimestres en las zonas Norte 2b, Centro Occidente, Centro Oriente, Centro Sur y Guachinte con valores por encima de la climatología, entre un 105% y un 109%. (Figura 11).

Figura 10. Anomalía de la temperatura media trimestral en 2022 en el valle del río Cauca.

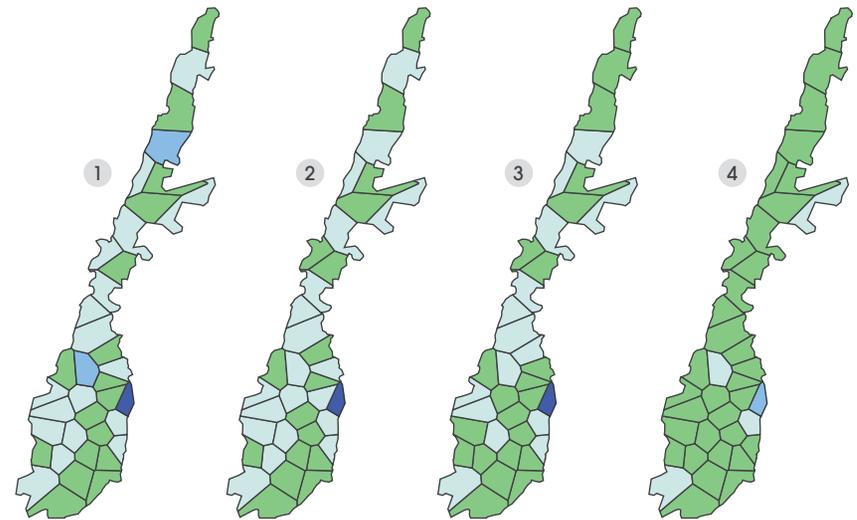
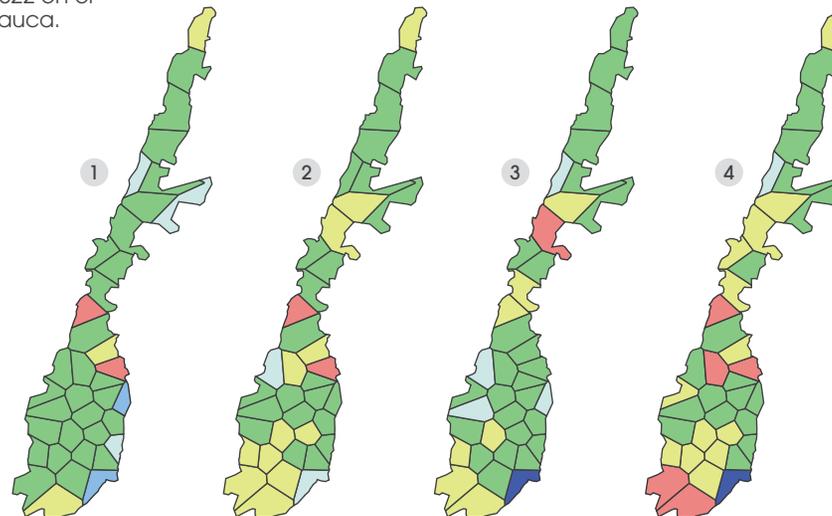
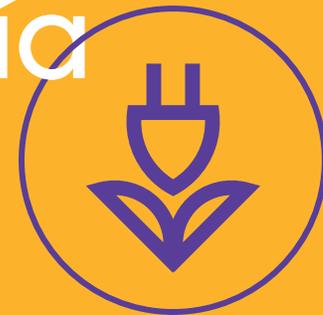


Figura 11. Anomalía la radiación solar media trimestral en 2022 en el valle del río Cauca.





creemos  
en las plantas  
que dan vida  
y energía





## 02 producción y productividad



## Producción y productividad de la agroindustria de la caña 2022

La influencia del fenómeno La Niña entre el 2021 y el 2022 se reflejó en el comportamiento de las variables meteorológicas de esos años, respecto al histórico entre 2010 y 2022: incremento de la precipitación y del número de días con lluvia, así como también reducción de la temperatura y de los grados días acumulados.

La prolongada duración del fenómeno tuvo un efecto negativo sobre la productividad, afectando de manera simultánea el TCH, la sacarosa (% caña) y el rendimiento. Esto trajo reducciones en la caña molida y el azúcar producido durante 2022. (Ver Tabla 2).



**Tabla 2.** Indicadores de productividad de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar entre 2021 y 2022.

	Indicador	Trimestres 2022				Enero - Diciembre		Diferencia
		Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	2021	2022	
Campo (12 ingenios)	Suertes cosechadas	6504	5400	7896	7076	25,404	26,876	5.79%
	Área cosechada (ha)	46,188	34,295	55,794	48,454	172,398	184,731	7.15%
	Toneladas de caña por hectárea (TCH)	125.3	121.4	117.0	108.9	127.3	117.8	-7.44%
	Toneladas de azúcar por hectárea (TAH)	13.2	12.2	12.3	11.6	13.5	12.3	-8.98%
	Toneladas de caña por hectárea por mes (TCHM)	9.0	9.0	8.6	8.4	9.6	8.7	-9.03%
	Toneladas de azúcar por hectárea por mes (TAHM)	0.9	0.9	0.9	0.9	1.02	0.91	-10.48%
	Rendimiento comercial	10.5	10.0	10.5	10.7	10.6	10.5	-1.66%
	Edad de cosecha (mes)	14.2	13.8	14.2	13.3	13.5	13.9	3.07%
	Número de corte	5.2	5.7	5.1	5.2	5.2	5.3	1.44%
Fábrica	Toneladas totales de caña molida <sup>1</sup>	6 171 525	4 304 937	6 761 321	5 324 253	22 872 450	22 562 036	-1.36%
	Toneladas totales de azúcar producida <sup>2</sup>	567,997	378,694	632,657	515,965	2 099 625	2 095 314	-0.21%
	Rendimiento real con base en 99.7% pol <sup>3</sup>	10.68	10.10	10.69	10.79	10.80	10.62	-1.66%
	Fibra % caña	15.39	16.64	15.70	16.58	15.42	16.00	3.79%
	Sacarosa aparente en % caña	12.20	11.71	12.15	12.33	12.32	12.12	-1.59%
	Pérdidas de sacarosa en miel final (% sacarosa caña)	6.52	6.59	6.84	6.63	6.65	6.72	0.98%
	Pérdidas en en cachaza (% sacarosa caña)	0.82	1.05	0.83	0.95	0.87	0.90	2.91%
	Pérdidas en indeterminadas (% sacarosa caña)	1.33	2.23	1.19	1.57	1.64	1.52	-7.76%
	Pérdidas en bagazo (% sacarosa caña)	3.82	4.25	3.73	3.69	3.64	3.84	5.49%
	Litros de etanol (miles) <sup>4</sup>					397,004	366,031	-7.80%
	Energía eléctrica generada (MWh)					1 685 398	1 671 053	-0.85%
Energía eléctrica vendida (MWh)					696,243	712,838	2.38%	
Clima	Precipitación (mm mensuales)	443	482	256	458	1618	1661	2.64%
	Oscilación media diaria de temperatura	11.1	10.5	11.8	11.0	11.2	11.1	-0.40%
	Temperatura mínima media (°C)	18.8	19.0	18.4	18.6	18.9	18.7	-0.94%
	Radiación solar media diaria (cal/(cm <sup>2</sup> xdía))	428	413	433	426	432	425	-1.68%
	Condición climática externa	La Niña	La Niña	La Niña	La Niña	La Niña	La 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.

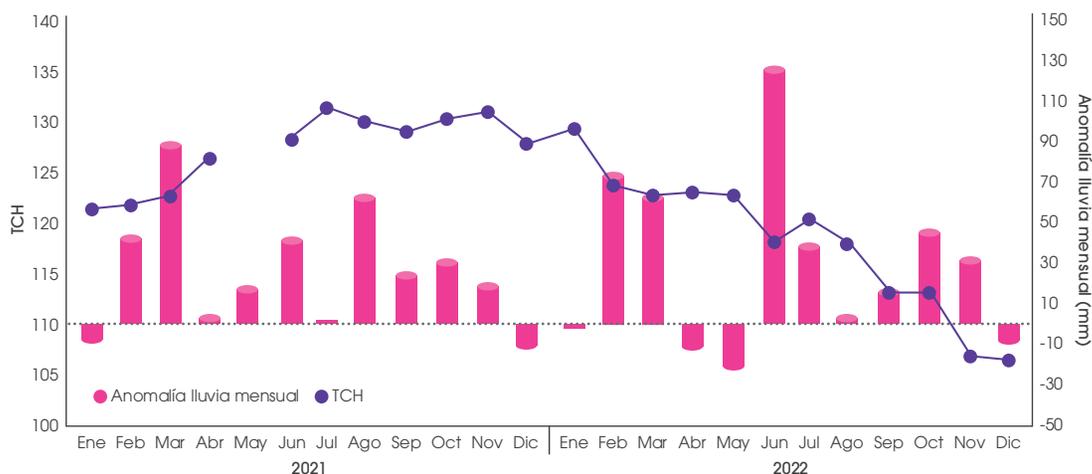
Valores multianuales 1994 - 2022	Precipitación	Radiación solar media diaria (cal/(cm <sup>2</sup> xdía))	Oscilación media diaria de temperatura	Temperatura mínima media (°C)
Trimestre 1	305	425	11.3	19.0
Trimestre 2	391	401	10.6	19.1
Trimestre 3	194	425	12.1	18.5
Trimestre 4	389	406	10.7	18.8



## Observaciones en campo

El TCH en 2022 comenzó con una media mensual de 129 toneladas por hectárea (t/ha) y terminó con 106 t/ha (23 toneladas menos) (Figura 12). Este descenso gradual fue resultado del exceso de precipitación en todas las fases fenológicas del cultivo, afectando especialmente la calidad y oportunidad de las labores de establecimiento, dado el exceso de lluvias en los primeros tres meses del cultivo. Las anomalías positivas (exceso) del 2021 impactaron negativamente el TCH del 2022 y por la misma razón, las anomalías positivas del 2022 tendrán un efecto adverso en el TCH del 2023.

 **Figura 12.** TCH y anomalía de la lluvia mensuales entre 2021 y 2022.

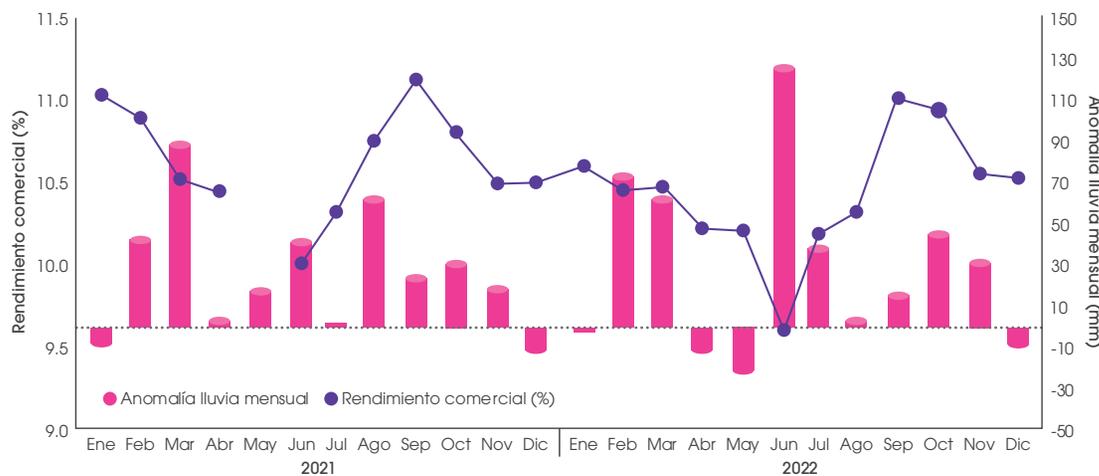


 **Figura 13. Sacarosa (% caña) y anomalía de lluvia 2021 y 2022.**



El exceso de lluvias también afectó la sacarosa y el rendimiento de 2022. En este caso, se observa la relación negativa entre estos indicadores y la anomalía de lluvia (Figuras 13 y 14).

 **Figura 14. Rendimiento comercial y anomalía de lluvia 2021 y 2022.**

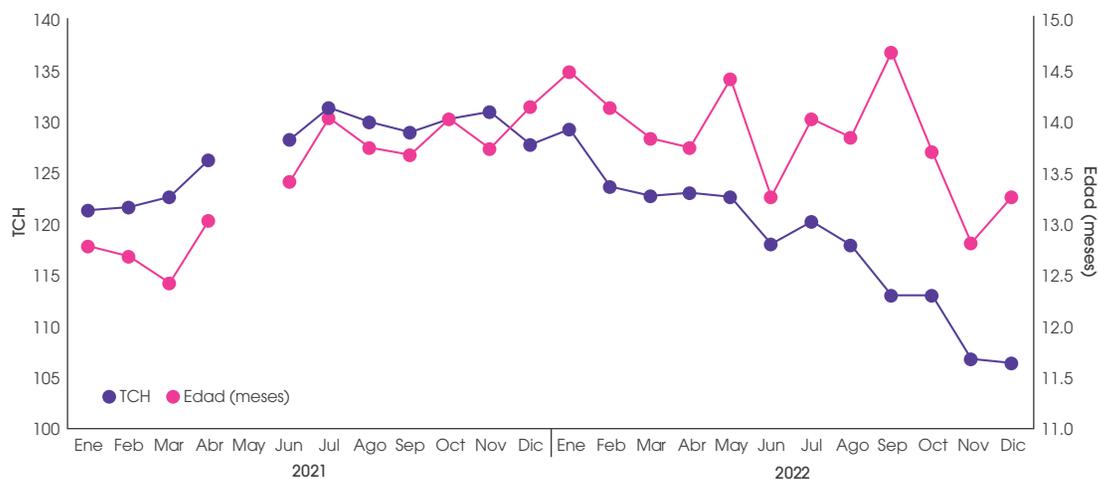


Junio de 2022 fue excesivamente lluvioso con respecto al histórico y en este mes se presentó menor sacarosa y rendimiento. Este exceso de lluvias también causó un impacto negativo en el área cosechada, por lo que la caña de las suertes que no se pudieron cosechar tuvieron un incremento de su edad. Este incremento no favoreció el TCH porque el tiempo térmico estuvo por debajo de los 2500 grados días, valores que están asociados a bajos TCH y bajos rendimientos.

Por esta razón, aun cuando la edad de cosecha se mantuvo por encima de 13 meses, los indicadores de productividad no mejoraron. (Figura 15). También se presentó el caso de suertes cosechadas con más de 16 meses que afectaron negativamente el TCHM y el TAHM.

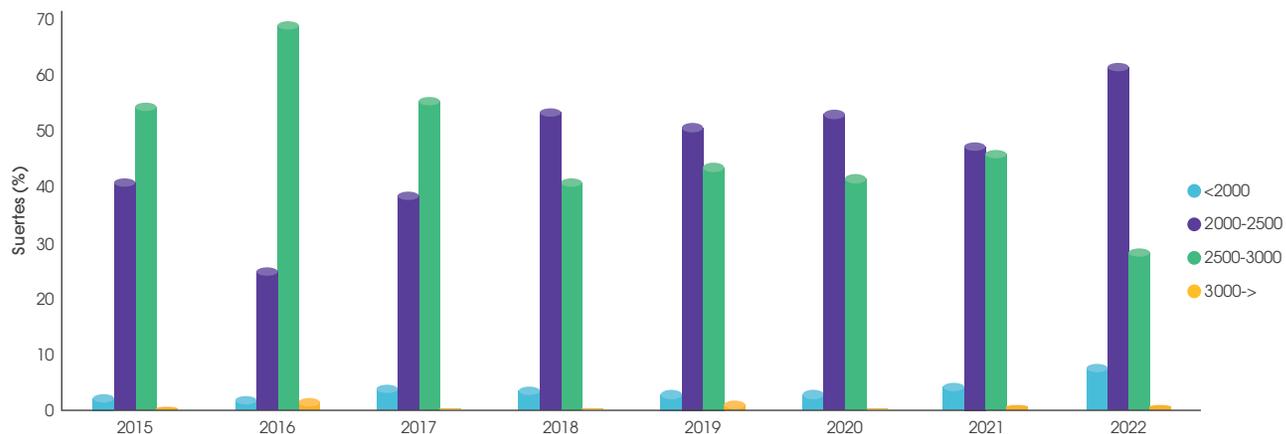
En las Figuras 16 a 19 se muestra el porcentaje de suertes con condiciones adversas de clima y cuyas productividades fueron menores, impactando el promedio regional.

 **Figura 15.** TCH y edad de cosecha promedio mensual entre 2021 y 2022.



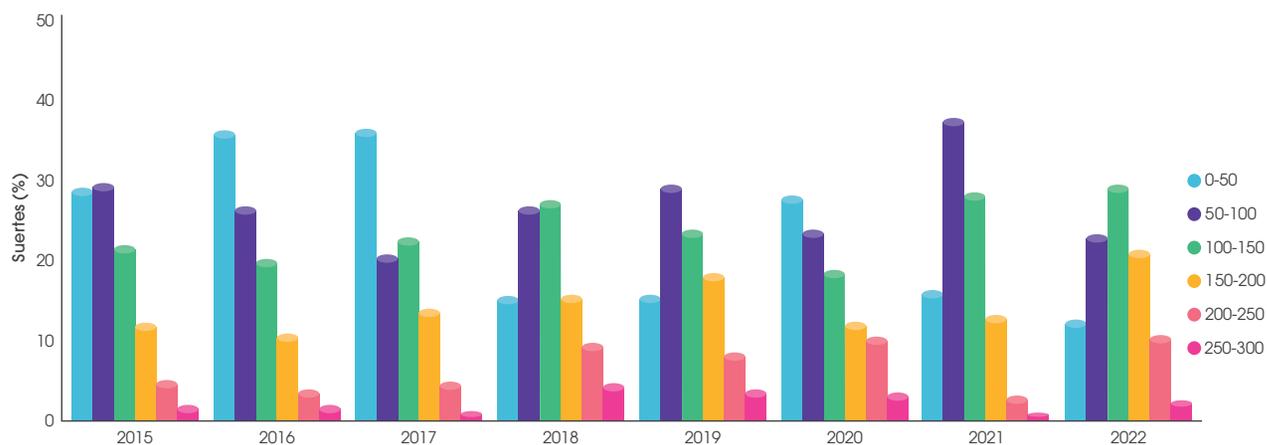
**Tiempo térmico:** Unidad de medida para cuantificar o evaluar la fase fenológica de un cultivo con base en la temperatura, no en el tiempo cronológico.

 **Figura 16.** Porcentaje de suertes de acuerdo con diferentes rangos de tiempo térmico acumulado.



En la Figura 16 se observa que un 70% de las suertes tuvieron menos de 2500 grados día. (Para TCH el óptimo es 3000 y para sacarosa entre 2500 y 3000).

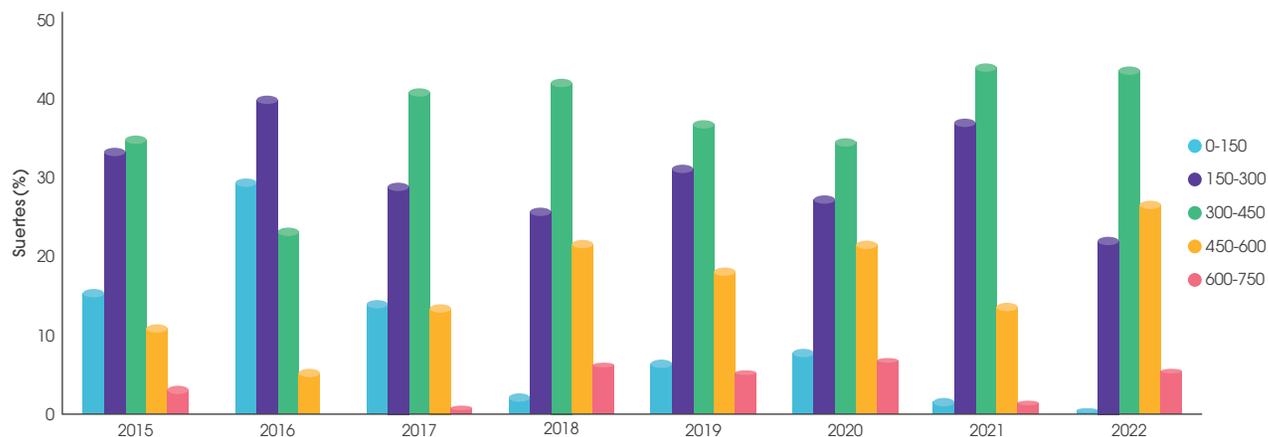
 **Figura 17.** Porcentaje de suertes de acuerdo con diferentes rangos de lluvia acumulada en la cosecha del ciclo anterior.



De acuerdo con la Figura 17, el 62% de las suertes cosechadas en 2022 fueron cosechadas en su ciclo anterior (2021) en épocas de más de 100 mm acumulados al mes, impactando negativamente la producción.

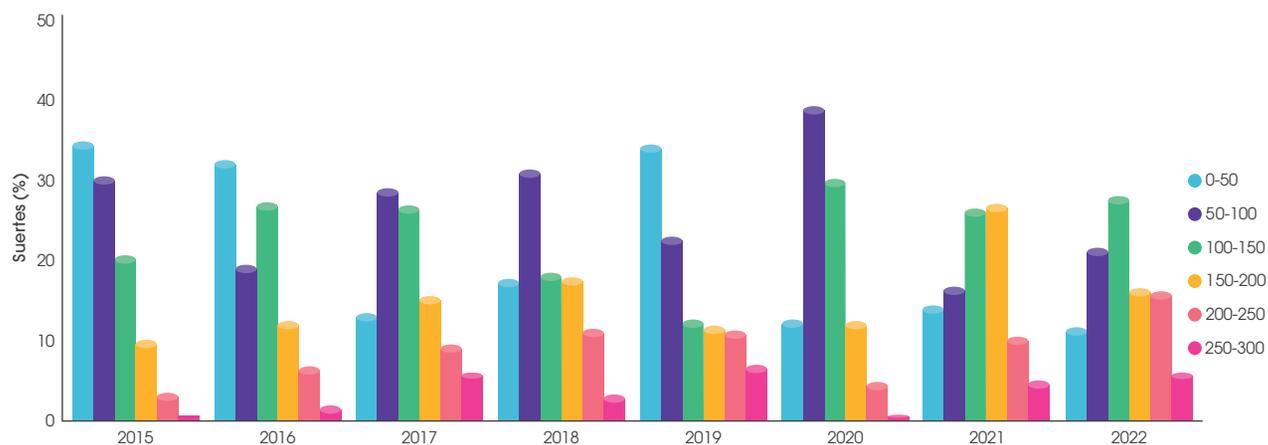


 **Figura 18.** Porcentaje de suertes de acuerdo con diferentes rangos de lluvia acumulada en sus primeros 90 días de cultivo.



En la Figura 18 se observa que el 77% de las suertes cosechadas en 2022 recibieron más de 300 mm de lluvia en sus primeros meses del ciclo. Este exceso dificulta las labores de levante teniendo un impacto negativo tanto en TCH como en sacarosa.

 **Figura 19.** Porcentaje de suertes de acuerdo con diferentes rangos de lluvia acumulada en el mes de cosecha actual.



En la Figura 19 se observa que el 66% de las suertes cosechadas en 2022 recibieron más de 100 mm de lluvia en el mes de su cosecha, lo cual es un factor reductor de la sacarosa de 2022 y podrá tener efectos negativos en el TCH de 2023.



De acuerdo con lo anterior, y dado que se espera que La Niña predomine hasta marzo de 2023, neutral hasta julio y condiciones de calentamiento hasta septiembre, se proyecta que la productividad de 2023 será de 112 toneladas por hectárea y el rendimiento comercial de 10.9 promedio ponderado año.



## Censo varietal

Tabla 3. Variedades sembradas en el 2022.

Variedad	Área	Área (%)	Variedad	Área	Área (%)	Variedad	Área	Área (%)
CC 01-1940	83,575.94	35.3	CC 05-230	480.80	0.2	CC 11-595/CC 85-92*	134.92	0.1
CC 85-92	37,677.45	15.9	CC 05-430/CC 85-92*	477.37	0.2	CC 05-948	127.74	0.1
CC 05-430	37,425.57	15.8	CC 04-195	461.23	0.2	CC 03-154	124.82	0.1
CC 11-595	10,067.64	4.2	CC 99-2282	424.59	0.2	CC 01-1940/CC 11-600*	122.81	0.1
CC 11-600	9,570.01	4.0	CC 01-1940/CC 05-430*	413.56	0.2	MZC 74-275	107.60	0.0
CC 93-4418	8,263.28	3.5	CC 06-783	394.70	0.2	CC 05-430/CC 11-595*	104.6	0.0
CC 09-066	4,245.60	1.8	CC 93-4181	376.66	0.2	CC 01-1940/CC 01-678*	101.3	0.0
SP 71-6949	2,160.19	0.9	CC 93-3826	312.25	0.1	Renovación	1,0715.2	4.5
CC 01-678	2,150.73	0.9	CC 11-0132	278.06	0.1	Varias	7,839.0	3.3
CC 09-535	1,525.54	0.6	CC 00-3771	272.59	0.1	Pan coger	1,064.1	0.4
CC 10-450	1,371.21	0.6	CC 92-2198	270.13	0.1	Mezclas	2,773.1	1.2
CC 00-3257	1,369.03	0.6	CC 05-430/CC 09-066*	259.05	0.1	Otras	1,401.9	0.6
CC 01-1228	1,197.02	0.5	CC 09-066/CC 01-678*	228.05	0.1	Total	237,006.9	100.0
CC 97-7170	1,147.26	0.5	CC 01-1940/CC 11-595*	217.42	0.1			
CC 01-746	902.58	0.4	CC 85-92/CC 01-1940*	214.02	0.1			
CC 98-72	730.13	0.3	CC 91-1606	205.99	0.1			
CC 84-75	692.56	0.3	CC 14-3296	199.29	0.1			
RB 73-2223	623.04	0.3	CC 93-3895	197.79	0.1			
CC 12-2120	598.21	0.3	CC 05-430/CC 01-1940*	151.29	0.1			
V 71-51	493.27	0.2	CC 11-595	146.91	0.1			
PR 61-632	486.65	0.2	CC 05-231	135.14	0.1			

\*Mezclas varietales



**Ver anexo**  
Productividad  
de variedades  
Cenicaña  
Colombia (CC)



### Semiseco:

La variedad CC 05-430 incrementó su área sembrada en 3.6% con respecto al año anterior. El área sembrada con las variedades CC 01-678, CC 09-535, CC 04-195, CC 05-230 y CC 05-231 fue de 4380 hectáreas, lo que equivale al 1.8% del área total.

### Húmedo:

La variedad CC 11-600 ocupó un área de 9807 hectáreas. Entre las cinco variedades de húmedo (CC 11-600, CC 11-595, CC 10-450, CC 12-2120 y CC 14-3296), ocupan el 8.6% del área total.

### Piedemonte:

Las variedades CC 00-3257, CC 00-3771, y CC 91-1606 ocupan un total de 2102 hectáreas, lo cual representa el 0.9% del área total sembrada.



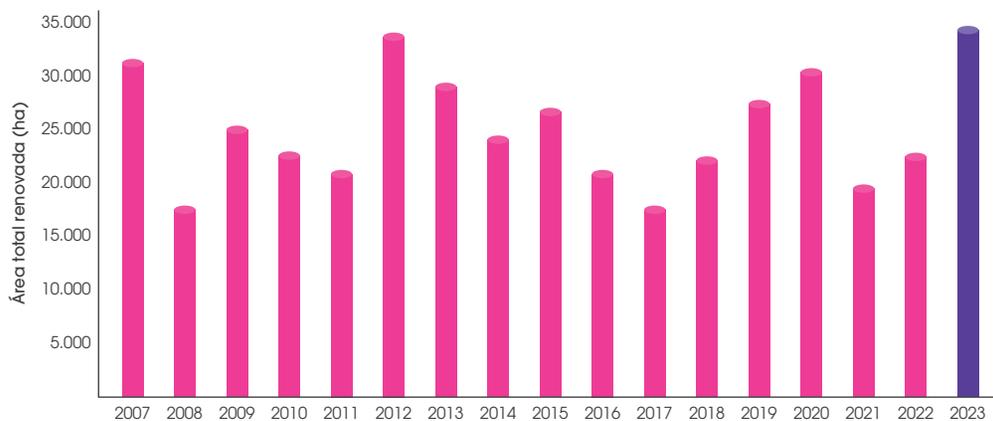
Las variedades CC 01-1940, CC 85-92 y CC 93-4418 han disminuido su área sembrada respecto al año pasado en 3.8%, 3.7% y 0.9%, respectivamente.



## Censo de renovación

El plan de renovación para 2022 se estimó en 29,746 ha, sin embargo, debido al exceso de precipitación, solamente se renovaron 22,827 ha. Las principales variedades utilizadas en las renovaciones fueron CC 05-430 y CC 09-066 para ambiente semiseco y CC 11-600 y CC 11-595 para ambiente húmedo. Para el año 2023, se estima que se renovará un área de 34,665 ha. (Figura 20).

 **Figura 20.** Histórico de área renovada en la agroindustria.



## Acompañamiento a la renovación

Cenicaña acompaña el proceso de renovación en áreas de agricultores en un trabajo conjunto con las áreas de proveeduría de los ingenios.

Este trabajo se ha reforzado en los dos últimos años con capacitaciones a los asistentes de proveeduría de los ingenios para que determinen con los agricultores el potencial productivo de los predios, hagan uso de las curvas de isoproductividad y verifiquen en campo la zona agroecológica, pasos necesarios para obtener información que apoye las renovaciones en haciendas de proveedores.

## Indicadores de cosecha

01

### Caña en verde

136,560 hectáreas (75%), valor superior al reportado en el 2021 (117,991 hectáreas - 70%).

02

### Cosechas en quemas no programadas

18,451 hectáreas (10%), valor inferior al reportado en el 2021 (22,473 hectáreas - 13%).

03

### Tiempo de permanencia

Se presentó una disminución de 37% frente al mismo período del año pasado, es decir, 23.2 horas con respecto a 37.0 horas del 2021.

04

### 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 2022 se reportaron 135,705. Este incremento representó 77% en el valor absoluto para este período.

En igual sentido, el valor absoluto de las áreas cosechadas mecánicamente en verde aumentó 94%, al pasar de 64,741 hectáreas en 2013 a 125,837 hectáreas en 2022. Durante el último año la agroindustria cosechó de manera mecánica 74% de su área, siendo el 93% de esta cifra cosecha mecánica en verde (sin quema).



## Observaciones de fábrica

Pese a la disponibilidad de caña, las mayores precipitaciones en 2022 afectaron los días hábiles programados de molienda y la caña molida por día hábil, que fueron menores respecto al 2021, lo que condujo a una disminución en la caña molida de 310,414 t **(Tabla 2)** frente al año anterior.

La sacarosa (% caña) que ingresó a las fábricas disminuyó en 0.2 unidades con respecto al 2021. Lo anterior, sumado a una disminución en la eficiencia global de recuperación de sacarosa en las fábricas (de 87.26% a 87.20%), ocasionaron una caída en el rendimiento de 1.66% con respecto al año anterior. **(Tabla 2)**.



La reducción en la eficiencia de recuperación de sacarosa en las fábricas del sector estuvo asociado principalmente al mayor contenido de impurezas tanto solubles como insolubles que entraron con la caña.

Por lo anterior, la producción de azúcar en 2022 disminuyó en 4311 t, la producción de etanol también se redujo en 7.8%, mientras que el porcentaje de energía de eléctrica vendida al sistema eléctrico nacional se incrementó en 2.4% con respecto al 2021. **(Tabla 2)**.

Un análisis por trimestres mostró un segundo trimestre con los menores indicadores en producción, asociado a que junio presentó la mayor precipitación histórica de ese mes, lo que contribuyó a los menores contenidos de sacarosa y sensiblemente menores moliendas. El segundo trimestre también fue el de las mayores pérdidas. Se resalta el incremento en las pérdidas indeterminadas en comparación con los otros trimestres. El mayor contenido de sacarosa se presentó en el cuarto trimestre, quizás asociado a que la alta precipitación en junio afectó el agostamiento natural de la caña.

La fibra industrial (% caña) siguió la tendencia al aumento como sucedió en 2021, con 0.58 unidades **(Tabla 2)**. En los 2 últimos años el incremento de fibra (% caña) ha estado cercano a 1.2 unidades, lo que aumenta la disponibilidad de bagazo como combustible para la cogeneración de energía térmica y eléctrica. Por otra parte, la eficiencia de recuperación de sacarosa en la fábrica disminuyó debido al incremento de todas las pérdidas principalmente de las pérdidas indeterminadas y las pérdidas en bagazo.



# 03 azúcares, biomasa y energía



# Selección de variedades cenicaña Colombia (CC)

## Ambiente semiseco

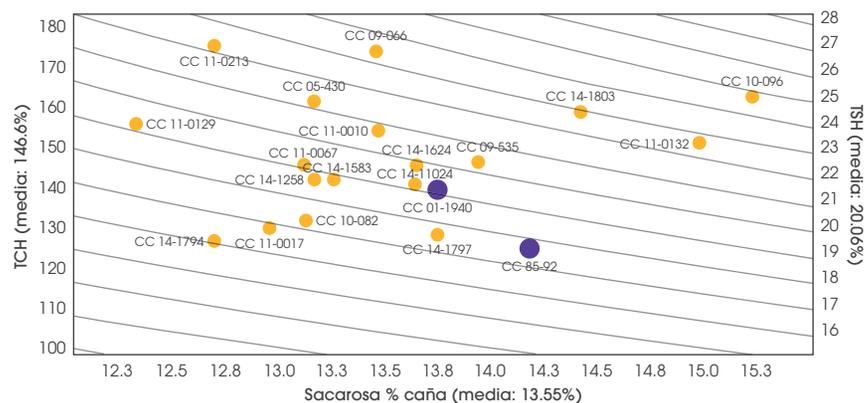
### Pruebas regionales series 2011-2014

En el transcurso del 2022 se cosecharon seis de las ocho pruebas regionales de las series 2011-2014 del ambiente semiseco, en las cuales se destacó la variedad CC 11-0132 por su estabilidad a través de los sitios. En productividad esta variedad igualó estadísticamente al testigo comercial (CC 01-1940) e incluso la superó en algunas localidades. (Figura 21).

En un análisis combinado a través de seis sitios (plantilla), la variedad CC 10-096 presentó mayor TSH, pero la evaluación corresponde a sólo dos localidades y es importante realizar la evaluación a otros sitios.

En productividad también se destacaron las variedades CC 14-1803 y CC 11-0213. Esta última se caracterizó por su tendencia a acumular mayor tonelaje y se inició el desarrollo del manejo agronómico (maduración, uso del agua, tolerancia a herbicidas). Las evaluaciones a las variedades de estas pruebas regionales seguirán por lo menos durante tres cortes más.

 **Figura 21.** Curva de isoproductividad con análisis combinado de seis sitios (plantilla), para pruebas regionales series 2011 - 2014, ambiente semiseco.



## Ambiente piedemonte

### Pruebas regionales de adaptación series 2003-2011

Variedades Cenicaña Colombia de las series 2003 - 2011, seleccionadas para ambientes semiseco y húmedo, mostraron una respuesta positiva en ambiente de piedemonte en la prueba regional de adaptación.

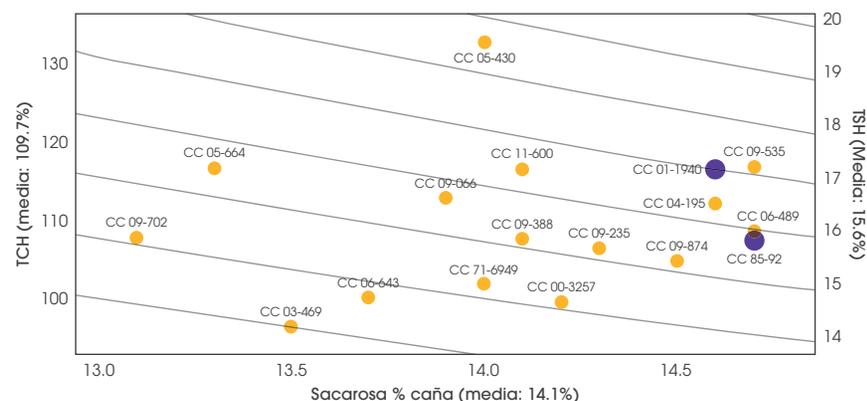
En un análisis combinado a través de tres sitios (plantilla y dos socas) se destacaron las variedades CC 05-430, por sus altas productividades, TCH y TSH; CC 09-535, por presentar TCH y sacarosa similar al testigo CC 01-1940; y las variedades CC 04-195 y CC 06-489, con sacarosa y TCH similar al testigo CC 85-92. (Figura 22).

### Prueba regional serie 2014

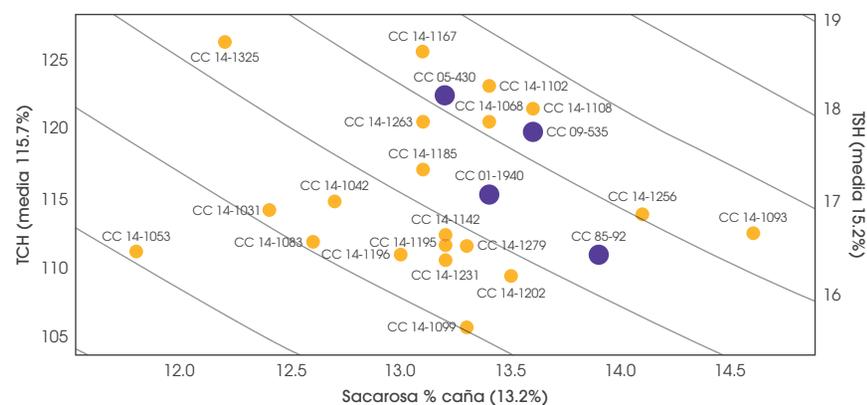
La primera serie de selección de variedades, desarrollada a través de todos sus estados específicamente para en el ambiente de piedemonte, mostró variedades que superaron o igualaron a los testigos comerciales (CC 01-1940, CC 05-430, CC 85-92); esto, en plantilla y tres localidades que incluyen piedemontes secos y húmedos. (Figura 23).

Se destacaron las variedades CC 14-1167, CC 14-1108, CC 14-1102, CC 14-1256, CC 14-1093, CC 14-1068 por la vía de TCH y sacarosa.

 **Figura 22.** Curva de isoproductividad con análisis combinado de tres sitios (tres cortes), para pruebas regionales de adaptación de las series 2003-2011, ambiente piedemonte.



 **Figura 23.** Curvas de isoproductividad con análisis combinado de plantilla para prueba regional serie 2014, ambiente de piedemonte.



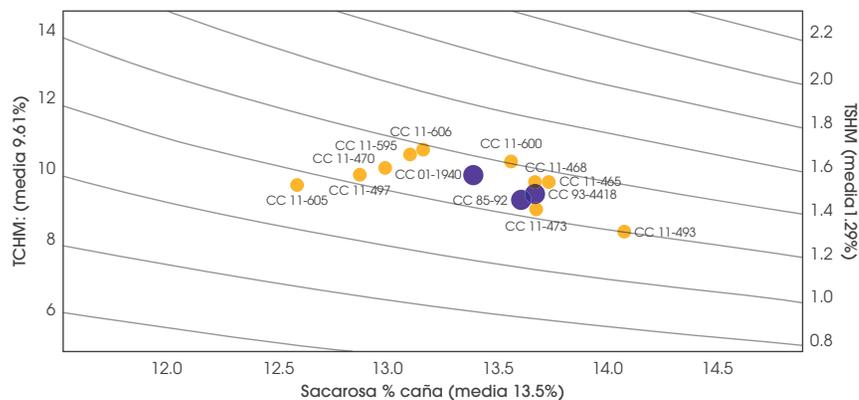
## Ambiente húmedo

### Prueba regional serie 2011

Con información de las pruebas regionales de la serie 2011 se realizó un análisis combinado a través de 14 localidades (6 sitios, 3 cortes) en el que se destacaron las variedades CC 11-595, CC 11-600, CC 11-606 por presentar valores de TCHM similares al testigo CC 01-1940 y superiores a CC 85-92 (testigo con el cual inició el proceso de selección en el estado I). **(Figura 24).**

Por otro lado, las variedades CC 11-468, CC 11-465 presentaron valores similares por la vía de toneladas de caña por hectárea mes y sacarosa (% caña). Cabe destacar que CC 11-493 presentó un comportamiento similar y, en algunos casos, superó al testigo comercial CC 01-1940 en acumulación de sacarosa. Las variedades CC 11-497, CC 11-600 y CC 11-595 fueron las más estables, mientras las variedades CC 11-493, CC 11-470, CC 11-606 tuvieron adaptación específica.

 **Figura 24.** Curva de isoproductividad con análisis combinado a través de 14 ambientes, diferentes cortes para la prueba regional de la serie 2011, ambiente húmedo.



En el transcurso del año se sembró la prueba regional correspondientes a las series 2012, 2013 y 2014, en donde se evalúan las variedades CC 12-2121, CC 13-2035, CC 13-2220, CC 14-3296 y CC 14-3358 y tres testigos: CC 85-92 para sacarosa (% caña); CC 93-4418, por sensibilidad a humedad; y CC 01-1940, como testigo comercial.

## Evaluación sanitaria en variedades en desarrollo

Un total de 70 experimentos (52,674 plántulas/variedades) entre estados de selección, pruebas regionales y semilleros fueron evaluados para la resistencia a roya café, roya naranja, carbón y mosaico.



- **Ambiente semiseco:**  
37 experimentos - 50.8% resistencia a las cuatro enfermedades.
- **Ambiente húmedo:**  
10 experimentos - 72.5% resistencia a las cuatro enfermedades.
- **Ambiente piedemonte:**  
23 experimentos - 77.6% resistencia a las cuatro enfermedades.

 **61.3%**

de las plántulas / variedades evaluadas fueron resistentes a las cuatro enfermedades. 27.6% mostraron susceptibilidad a roya café.



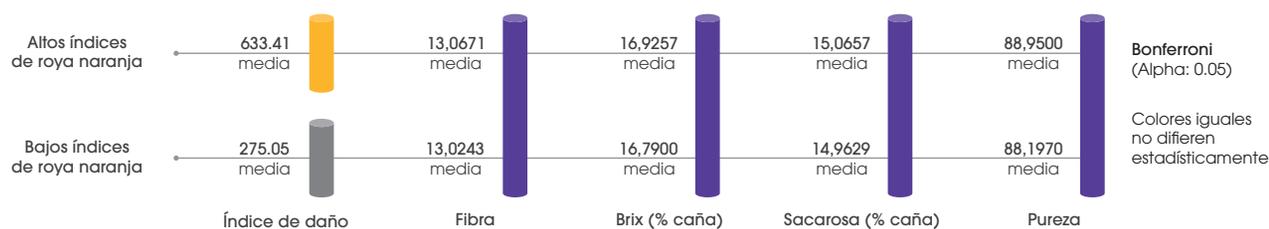
## Efectos de la roya naranja en productividad

Cenicaña no encontró efectos de la roya naranja en las variables de productividad TCH, fibra, brix (% caña), sacarosa (% caña), pureza y variables fisiológicas fotosíntesis y conductancia estomática, en la variedad CC 01-1940.

La conclusión hizo parte de una serie de evaluaciones mensuales, desde el cuarto y hasta los 12 meses de edad, a una plantilla de esta variedad bajo dos tratamientos: inóculo natural de roya naranja en parcelas

con alto índice de daño (ID) de la enfermedad y parcelas con bajos ID con aplicaciones quincenales de los ingredientes activos *Pyraclostrobin + epoxiconazole* (1 L/ha). La prueba de Bonferroni al nivel del 5% no mostró resultados estadísticamente significativos entre ambos tratamientos (Figura 25).

 **Figura 25.** Evaluación del efecto de la roya naranja en variables de productividad y fisiológicas de la variedad CC 01-1940.



## Estandarización para evaluaciones de royas

Con el objetivo de normalizar la evaluación de royas café y naranja en la agroindustria colombiana de la caña de azúcar se realizó el diagrama de área estándar (DAE) para las variables grado de reacción (desarrollo del patógeno) y severidad (porcentaje de área afectada).

Cerca de 300 profesionales de los ingenios del sector se capacitaron en el manejo del DAE, lo que permitirá definir estrategias más precisas para el manejo sanitario del cultivo.

El diagrama se elaboró con base a la distribución de las frecuencias de severidad, evaluadas mensualmente durante un ciclo del cultivo en plantas de diez variedades (CC 85-92, CC 93-4418, CC 98-72, CC 09-066, CC 10-450, CC 11-595, CC 11-600, CC 01-1940, CC 01-678 y CC 05-430) en 60 suertes de 15 haciendas de un ingenio, y la ilustración de la escala de reacción de Purdy y Dean (1980). (Figura 26).



Escanee el Qr para descargar el diagrama de área (DAE).

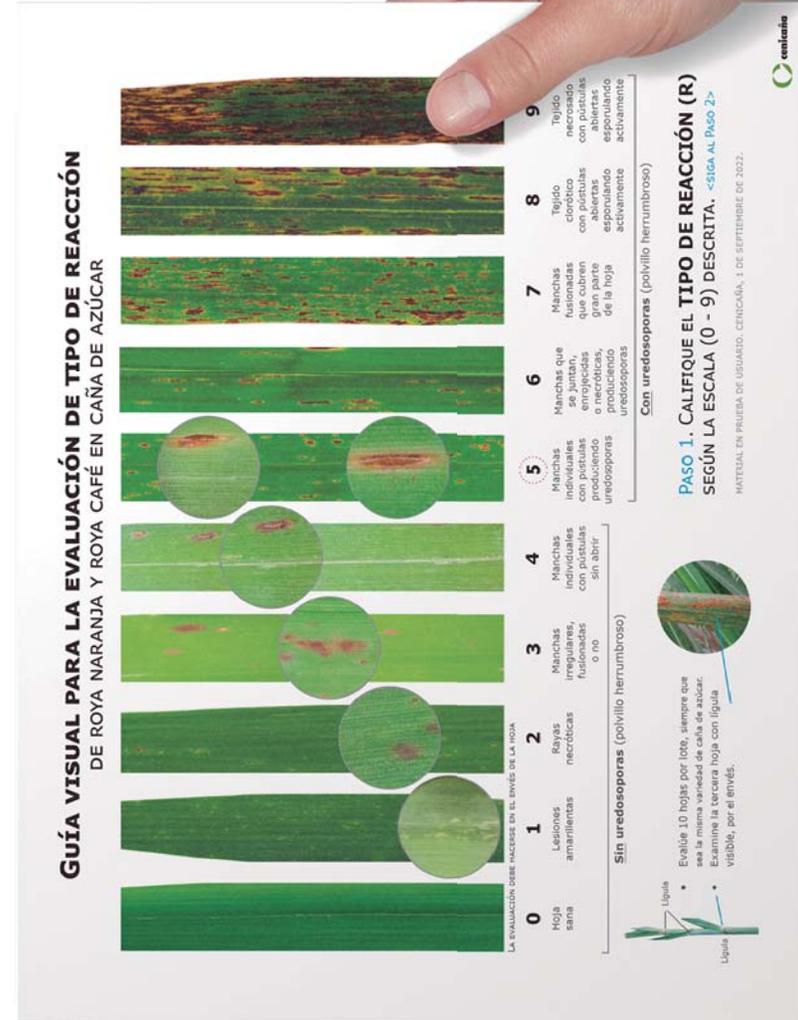


Figura 26. Diagrama de área estándar (DAE) para la evaluación de roya café y roya naranja en caña de azúcar.



## Estudios epidemiológicos de las royas café y naranja en el valle del río Cauca

Cenicaña avanzó en un estudio epidemiológico que permitió identificar tendencias edafoclimáticas relacionadas con el aumento o disminución del índice de daño (ID) de las royas café y roya naranja en las variedades CC 85-92 y CC 01-1940 respectivamente.

 **Cuadro 1.** Tendencias edafoclimáticas relacionadas con el aumento o disminución del índice de daño (ID) de roya café y roya naranja.

Roya naranja en CC 01-1940	
Aumento de la probabilidad de ID>512:	Disminución de la probabilidad de ID>512:
Acumulación de 12-14 días con lluvia < 4 mm.	Precipitación diaria (dpptn) >4 mm
Valores <40 ppm de manganeso (Mn)	12 días en el mes con una T° >32°C.
	Déficit de presión de vapor (dpvn) > 0.6 Kpa

Seis de las 12 tendencias identificadas se conservaron entre los sitios de estudio y se validarán bajo condiciones de invernadero para seguir construyendo conocimiento alrededor del desempeño de las variedades Cenicaña Colombia. (**Cuadro 1**).

Roya café en CC 85-92	
Aumento de la probabilidad de ID>512:	Disminución de la probabilidad de ID>512:
Valores una relación (Ca+Mg)/K>40 meq/100g	Precipitación diaria (dpptn) >4 mm
	Déficit de presión de vapor (dpvn) > 0.6 Kpa

## Caracterización morfológica y molecular de *Puccinia kuehnii* (Krüger) en Colombia

El Centro de Investigación avanzó en la caracterización morfológica y molecular de *Puccinia kuehnii*, agente causal de la roya naranja. Con el objetivo de determinar la presencia de la enfermedad en diferentes zonas de Colombia y su diversidad morfológica y molecular en cultivos de caña para la producción de azúcar y panela se evaluaron 252 sitios.

Con base a esta caracterización se encontró que la enfermedad está distribuida en el Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Risaralda, Antioquia, Santander, Boyacá, Nariño y Caquetá, y afecta a las variedades CC 01-1940, CC 93-4418, CC 85-92, CC 84-75, RD 75-11, CC 93-7510, CC 01-1508, CC 00-3257 y CC 95-6014, entre otras.



La variedad CC 01-1940 presentó los mayores índices de daño en el valle del río Cauca; mientras que la variedad RD 75-11, ampliamente distribuida en la zona panelera de Colombia, registró el mayor índice de daño (815) en todo el estudio.

### Respecto a la caracterización morfológica de *P. kuehnii* se encontró:

01

Tamaño de esporas muy variable (entre 11.8-42.4  $\mu\text{m}$  x 7.1-43.4  $\mu\text{m}$ ).

02

Cantidad de poros germinativos variable (1 a 4), en comparación con otras investigaciones (3 a 5).

03

Predominancia del color anaranjado claro o verde pálido con aspecto hialino.

04

Uredosporas de forma obovoide (61%), piriformes (31%) y otras formas (8%).

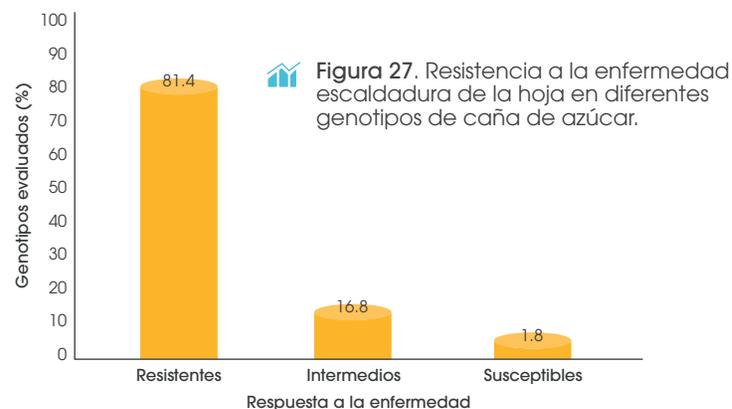


## Resistencia a escaldadura de la hoja (LSD)

Con técnicas moleculares y serológicas de diagnóstico (qPCR y TBIA) Cenicaña avanzó en la construcción de una escala de calificación de resistencia a la escaldadura de la hoja (LSD) en 220 genotipos de caña de azúcar. (Tabla 3 y Figura 27).

 **Tabla 3.** Escala de resistencia a la escaldadura de la hoja (LSD).

Calificación	Número de copias de ADN bacteriano (qPCR)	Incidencia (%) TBIA
Resistente	0 - 437.000	0 - 10
Intermedio	437.001 - 2.600.000	10.1 - 50
Susceptible	> 2.600.001	>50.1



## Identificación morfológica y molecular de *Trichogramma*

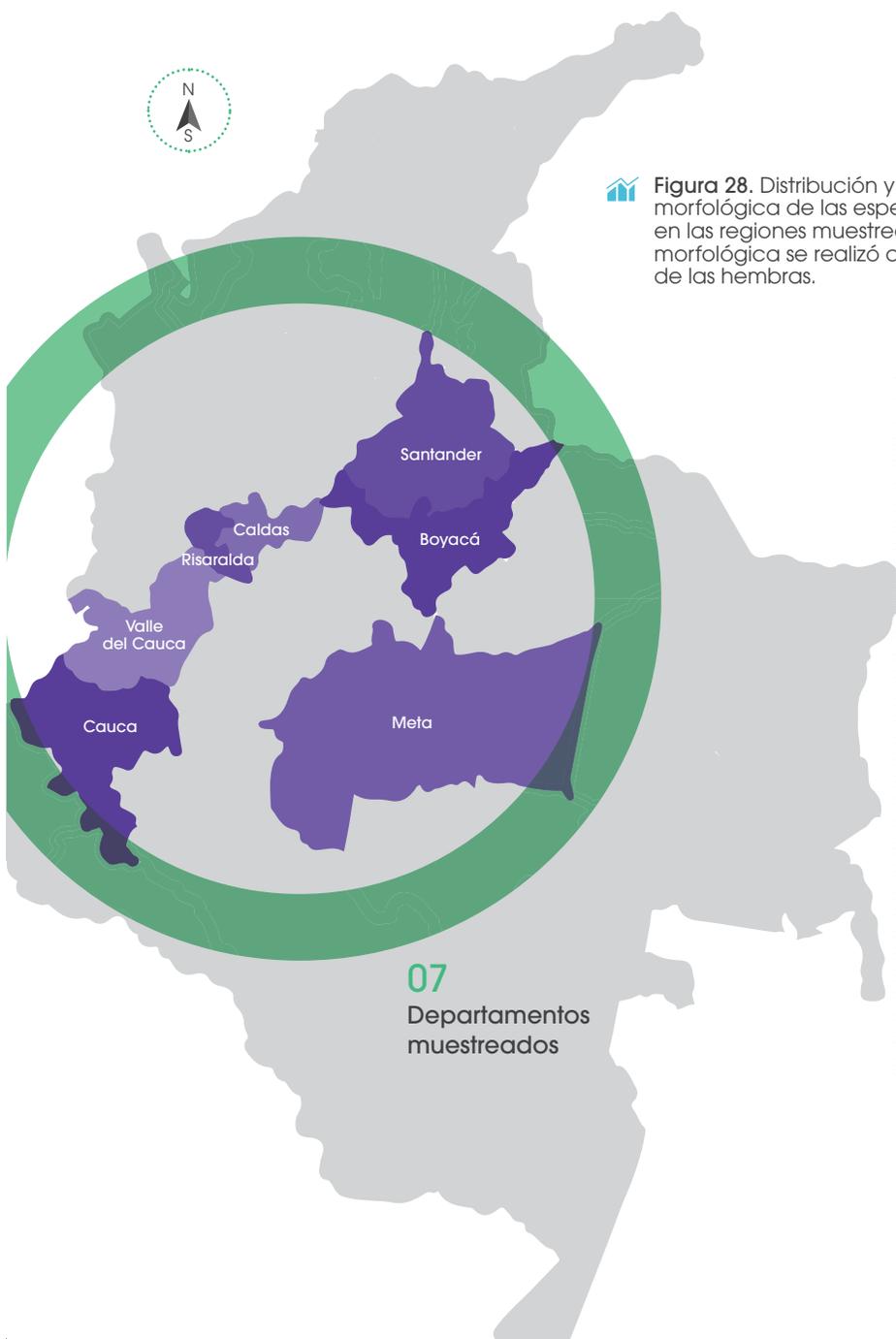
Cenicaña trabaja en la identificación morfológica y molecular del parasitoide, *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), con el propósito de verificar la especie utilizada en los cultivos de caña de azúcar del valle del río Cauca para el manejo de *Diatraea* e identificar otras especies potenciales para su uso en control biológico.

En Colombia se han reportado nueve especies de *Trichogramma* afectando plagas de lepidóptera; sin embargo, estudios realizados en 1996 mostraron que en Colombia solo la especie *T. exiguum* parasita los huevos del barrenador.

### En el marco de esta investigación se encontró:

- Parasitismo por dos géneros de parasitoides: *Telenomus* (Hymenoptera: Platygasteridae: Scelionidae) y *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).
- *T. exiguum* continúa parasitando huevos de *Diatraea* y es la especie predominante.
- Todas las muestras analizadas de laboratorios comerciales corresponden a la especie *T. exiguum*.
- *T. lasallei* es un nuevo reporte para el país, también reportada en otros países controlando *Diatraea*.
- Se hallaron seis especies generando parasitismo natural: *T. atopovirilia*, *T. pretiosum*, *T. lasallei* y otras tres especies sin determinar, *Trichogramma* sp. nr. *bruni*, *Trichogramma* sp. 1 y *Trichogramma* sp. 4. **(Figura 28)**. Estos resultados muestran un potencial de investigación con las especies *T. atopovirilia* y *T. pretiosum*.





**Figura 28.** Distribución y caracterización morfológica de las especies de *Trichogramma* en las regiones muestreadas. La caracterización morfológica se realizó a partir de la genitalia de las hembras.

**07**  
Departamentos muestreados

***T. exiguum***  
Meta, Santander, Boyacá, Caldas, Risaralda, Cauca y Valle del Cauca.

***T. atopovirilia***  
Santander y Valle del Cauca.

***T. pretiosum***  
Valle del Cauca.

***T. lasallei***  
Valle del Cauca.

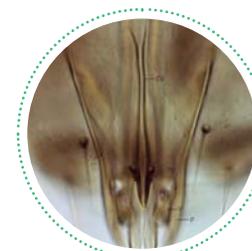
***Trichogramma* sp. 1**  
Boyacá, Cauca y Valle del Cauca.

***Trichogramma* sp.nr. *bruni***  
Valle del Cauca.

***Trichogramma* sp.4**  
Boyacá



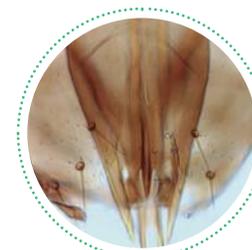
***T. atopovirilia***



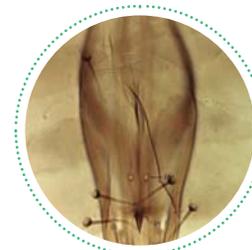
***T. exiguum***



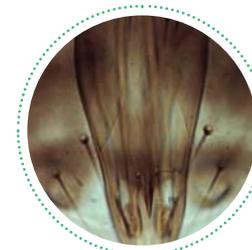
***T. lasallei***



***T. pretiosum***



***Trichogramma* sp.nr. *bruni***



***Trichogramma* sp. 1**

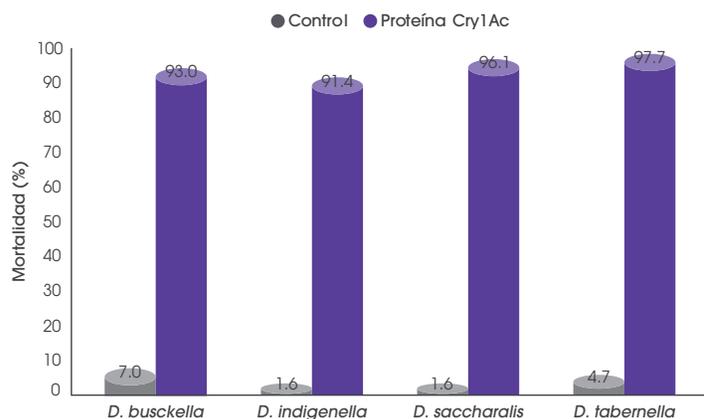


***Trichogramma* sp.4**

## Eficacia de las proteínas Cry1Ac y Cry1Ab en el control del complejo de especies de *Diatraea* spp.

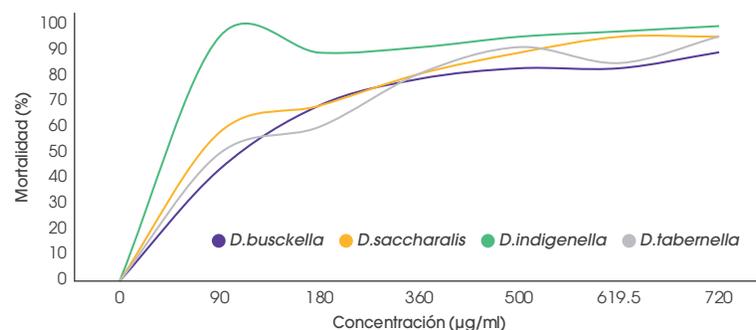
En la búsqueda de alternativas para el manejo del complejo de especies de *Diatraea* presente en el valle del río Cauca (*D. saccharalis*, *D. indigenella*, *D. busckella* y *D. tabernella*), Cenicaña evalúa los efectos de las proteínas Cry1Ac y Cry1Ab de la bacteria *Bacillus thuringiensis* en la mortalidad e inhibición del crecimiento de estas especies.

**Figura 29.** Porcentaje de mortalidad para una dosis diagnóstica (24,136 ng/cm<sup>2</sup>) de proteína Cry1Ac sobre diferentes especies de *Diatraea*. Para cada especie de barrenador se presentan diferencias significativas entre los tratamientos ( $\alpha = 0.05$ ).



Los resultados de las evaluaciones evidencian efectos letales (mortalidad superior al 90% con Cry1Ac y entre 44-100% con Cry1Ab) sobre las diferentes especies de *Diatraea*, avalando un potencial uso de *B. thuringiensis* como alternativa de manejo de estas especies. (Figura 29 y Figura 30).

**Figura 30.** Porcentaje de mortalidad para seis dosis de la proteína Cry1Ab y el control sobre diferentes especies de *Diatraea*.





## Transformación genética hacia La resistencia a *Diatraea* spp.

En las investigaciones en transformación genética de la caña con genes de interés, Cenicaña continuó explorando alternativas para conferir resistencia al barrenador *Diatraea*.

Como parte del estudio, el gen Cry1Ab fue incorporado a dos variedades comerciales con altos contenidos de sacarosa, pero susceptibles a la plaga. Los brotes vigorosos serán llevados a invernadero para continuar su evaluación.

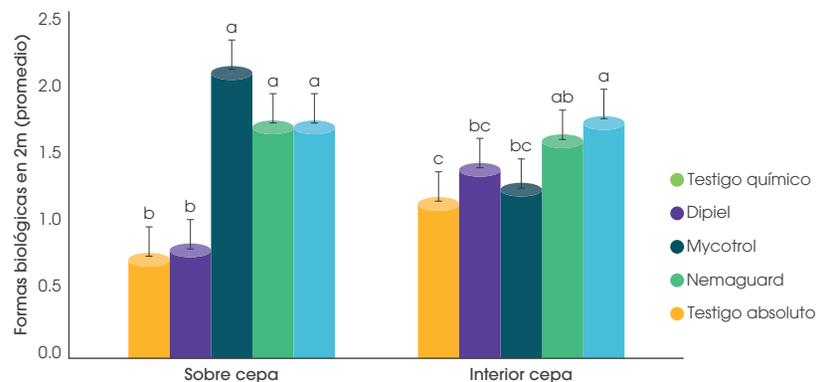


## Control de *Telchin licus* con productos entomopatógenos

Cenicaña trabaja en la evaluación de productos comerciales, a base de microorganismos entomopatógenos, para el control del barrenador gigante *T. licus*, plaga que causa pérdidas en el cultivo de la caña de azúcar en la altillanura y un riesgo para la agroindustria en el valle del río Cauca.

Los productos evaluados fueron Dipel® (bacteria *Bacillus thuringiensis*), NemaGuard® (nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora*) y Mycotrol® (hongo *Beauveria bassiana*). Se aplicaron sobre el suelo alrededor de la cepa y al interior de la cepa, con los siguientes resultados:

 **Figura 31.** Formas biológicas de *T. licus* aplicados con tres productos de entomopatógenos y dos tratamientos testigo, usando dos métodos de aspersión. Para cada método de aplicación, columnas con letras en común no fueron significativamente diferentes.



- **Dipel® (1.0 kg/ha)**  
Mostró una reducción consistente de las poblaciones de *T. licus* con una sola aplicación y mayor efectividad cuando es pulverizado sobre la cepa, consolidándose como una buena herramienta para el control biológico de esta plaga. (Figura 31).
- **Mycotrol® (0.5 l/ha)**  
Afecta la abundancia de la plaga cuando se pulveriza al interior de la cepa, mostrándose como una alternativa complementaria para controlar barrenadores gigantes.
- **NemaGuard®**  
No mostró efecto sobre el barrenador gigante, independiente del método utilizado.



## Selección asistida por marcadores moleculares para variedades CC más productivas y sanas

En marco del proyecto Selección asistida por marcadores moleculares (SAM) se realizó un análisis de asociación de genoma completo (GWAS) que permitió encontrar 3, 16 y 52 SNP asociados a la variable TCH para los ambientes semiseco, húmedo y piedemonte, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con la literatura debido al carácter poligénico de la variable y a la influencia de las condiciones ambientales en la expresión de genes asociados con dichas características.

De manera paralela Cenicaña continuó entrenando modelos estadísticos para predecir el comportamiento en campo de variedades de las cuales solo se tiene información genética y que podrían ser utilizados para una selección más eficiente de genotipos, dentro del esquema de mejoramiento genético de la agroindustria.

Estas validaciones arrojaron un poder predictivo superior al 72%, sugiriendo que se puede predecir la acumulación de sacarosa (% caña) de un grupo de variedades en los ambientes húmedo, piedemonte y seco-semiseco del valle del río Cauca y así contribuir a la selección de variedades en estados tempranos de selección. Actualmente, se está en la fase de diseño de una prueba piloto para implementar estos modelos de selección genómica en el esquema de selección varietal del Centro.



### En el 2023

se validará en campo cuáles de los marcadores moleculares asociados en el análisis de genoma completo (GWAS) están involucrados en la producción de toneladas de caña por hectárea.

## Identificador de marcadores moleculares, asociados a roya naranja

Se avanzó en la identificación de marcadores asociados a la resistencia de roya naranja en 220 accesiones, mediante los análisis de asociación de los datos fenotípicos y genotípicos.

En total se identificaron 17 marcadores SNPs relacionados con genes candidatos involucrados a resistencia, de los cuales 11 estuvieron asociados a la variable severidad y seis a la variable reacción. También se hallaron coeficientes de determinación ( $R^2$ ) similares a los reportados en otras investigaciones. La información recopilada robustece el modelo para continuar validando los marcadores identificados.



## Transformación genética hacia mayor productividad y tolerancia estrés hídrico

En las investigaciones en transformación genética de la caña de azúcar con genes de interés, durante el 2022 se seleccionaron 24 eventos transformados con los genes B1 y W1, asociados con altos contenidos de sacarosa, alto TCH y tolerancia a estrés hídrico.

### Los resultados de la cosecha de la plantilla (13 meses) mostraron:

01

Promedio de 110 TCH, relativamente superior al promedio histórico de la suerte (105 TCH).

02

Algunos eventos produjeron entre 133.4 (B1-180) y 135.6 (B1W1-40) toneladas de caña por hectárea y 13.8 (B1W1-40) y 14.2% (B1-180) de sacarosa (% caña).

03

Los eventos evaluados mostraron estabilidad en el alto contenido de sacarosa y de TCH bajo diferentes ambientes y zonas agroecológicas.

04

Los genes B1 y W1 demostraron su potencialidad para incrementar algunas de las variables de productividad en variedades comerciales de caña de azúcar, y por ende son promisorios para ser introducidos en otras variedades comerciales.



## Avances en ensamblaje del genoma

A partir de la versión del genoma monoploide de la variedad CC 01-1940, publicado por Trujillo-Montenegro et al. (2021), Cenicaña avanzó este año en la construcción de un mapa genético que guíe el ensamblaje con una mayor precisión.

Como resultado de ese mapa genético se identificaron diez cromosomas, de los cuales fue posible ensamblar un 52% de toda la información. Lo restante está representado en más de 40,000 pequeñas regiones o contigs, que aún no han sido asignados a un cromosoma de los 10 ya identificados en el genoma.

Este genoma será utilizado como referencia para la identificación de marcadores moleculares con potencial en el programa de mejoramiento genético del Centro de Investigación.



## Edición de genes de interés en caña de azúcar mediante el sistema Crispr/Cas9

Cenicaña empezó a utilizar el sistema CRISPR/Cas9 en proyectos de edición genética en aras de estandarizar una metodología para la validación funcional de genes, lo que permitirá avanzar hacia el desarrollo de variedades de caña de azúcar editadas con mayores contenidos de sacarosa y TCH.

Para la prueba concepto de dicha estandarización se seleccionó el gen PDS (*Phytoene desaturasa*) que produce mutantes albinos. Después de la metodología de edición T se obtuvieron 822 plantas, de las cuales 258 plantas presentaron el fenotipo albino. **(Figura 32)**. También se detectó la presencia de la enzima Cas9 asociada con la edición genética.

 **Figura 32.** Plantas de caña de azúcar de 2 meses de edad en medio de enraizamiento con fenotipo albino, potencialmente editadas para la pérdida de función del gen PDS (*Phytoene desaturasa*).



## Caracterización de las nuevas variedades Cenicaña Colombia



El enfoque de Agricultura específica por sitio (AEPS), bajo el cual se desarrolla la investigación en Cenicaña, se define como el arte de realizar las prácticas agronómicas requeridas por una especie vegetal, de acuerdo con las condiciones espaciales y temporales del sitio donde se cultiva, con el objetivo de obtener su rendimiento potencial.

Para implementarlo fue necesario construir una caracterización agroecológica del valle del río Cauca, que permitiera desarrollar y adaptar tecnologías y herramientas que luego serían adoptadas por ingenios y cultivadores en sus procesos de innovación.

En el 2022, con el propósito de fortalecer el enfoque AEPS, Cenicaña avanzó en la caracterización de las nuevas variedades CC, lo que permitirá conocer estos nuevos materiales con mayor detalle para afinar las prácticas de manejo.

## Toneladas de caña por hectárea (TCH)

Corte: 1



### Lugar:

Finca piloto Tiffon  
(Incauca)

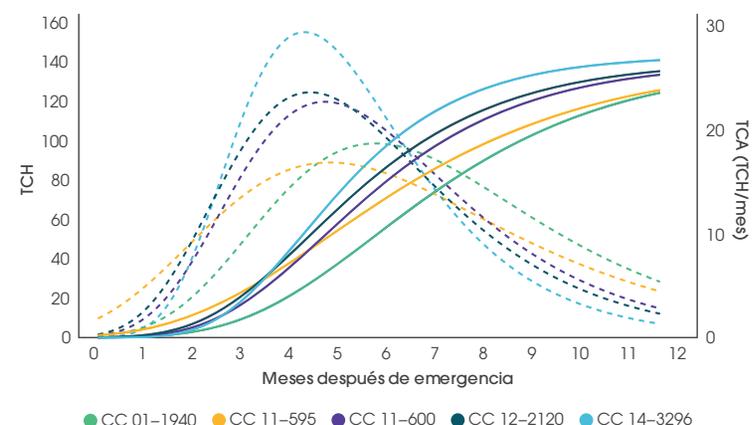
### Variedades:

CC 11-595 ,CC 11-600, CC 12-2120,  
CC 14-3296, CC 01-1940

- El indicador TCH inicia su formación 3 meses después de la emergencia (mde).
- Periodo de crecimiento lento hasta el 4 mde.
- Periodo de rápido crecimiento entre 5 - 9 mde. TCH se incrementa, con tasas de crecimiento absolutas hasta de 29 TCH por mes.
- Comparado con CC 01-1940 las nuevas variedades de caña tuvieron una ganancia de TCH más temprana.
- La variedad CC 14-3296 produjo más TCH en un corto periodo de tiempo (30 TCH entre 4 y 5 mde), que podría implicar un estricto manejo del riego y del drenaje en este periodo.
- 11 meses después de la emergencia las variedades CC 14-3296 y CC 12-2120 presentaron las menores ganancias de TCH, con una tasa de crecimiento menor a 5 TCH por mes. (Figura 33).



**Figura 33.** Dinámica de la formación del TCH de cinco variedades de caña evaluadas en ambiente húmedo.



Las líneas discontinuas indican la tasa de crecimiento absolutas (TCA), mientras que las líneas sólidas indican formación el TCH.



## Sacarosa (% caña)

Corte: 1



Lugar:  
Finca piloto Tifton  
(Incauca)

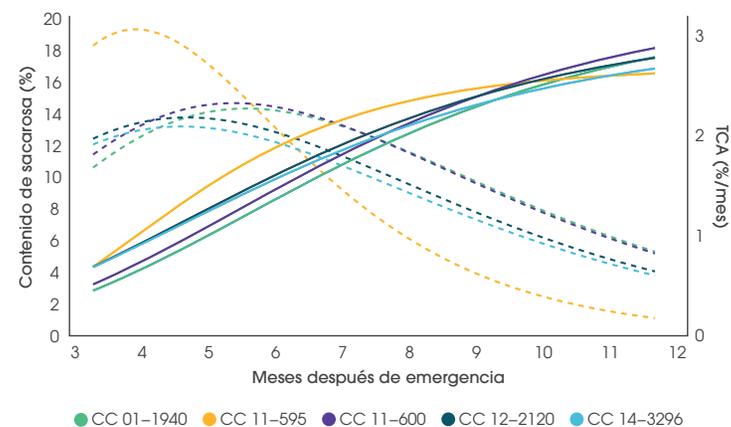
Variedades:

CC 11-595, CC 11-600, CC 12-2120,  
CC 14-3296, CC 01-1940

- Entre 4 y 7 mde se presenta la mayor acumulación (1.5% a 2% sacarosa por mes) para las variedades CC 11-600, CC 12-2120, CC 14-3296 y CC 01-1940.
- La variedad CC 11-595 tuvo el periodo de mayor acumulación entre los 3.5 y 4.5 mde. La tasa de acumulación fue 3 unidades porcentuales por mes, aproximadamente.
- Al final del ciclo, variedades como CC 11-600 y CC 01-1940 tienen mayor tasa de acumulación (1% de sacarosa/mes); mientras que CC 11-595 mostró la menor tasa (0,25% de sacarosa por mes). (Figura 34).
- Las variedades CC 11-600 y CC 12-2120 presentaron el mayor contenido de sacarosa a los 11.5 mde.



**Figura 34.** Dinámica de la acumulación de sacarosa de cinco variedades de caña evaluadas en ambiente húmedo.



Las líneas discontinuas indican la tasa de crecimiento absoluta, mientras que las líneas sólidas indican el contenido de sacarosa (% caña) medida con la metodología Ceni-AD.

## Tasa de acumulación y absorción de nutrientes

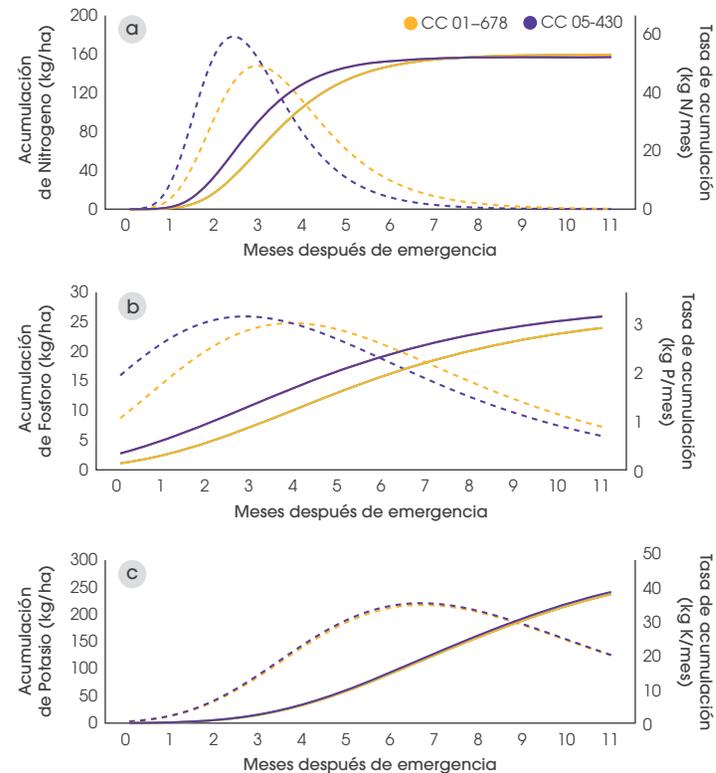
Variedades:  
CC 05-430, CC 01-678

- Tasa de extracción de nitrógeno hasta de 60 kg/ha entre los 2 y 3 meses después de la emergencia (mde) en la variedad CC 05-430.
- Tasa de extracción de nitrógeno de 42 kg/ha entre los 3 y 4 mde en la variedad CC 01-678 (Figura 35a), que podría implicar la anticipación de la labor.
- Mayor extracción de fósforo en la variedad CC 05-430. Además de una extracción más temprana, lo que implicaría una fertilización con fósforo al momento de la siembra o después de la cosecha. (Figura 35b)



Con relación al potasio ambas variedades mostraron un comportamiento similar; la mayor tasa de extracción alcanzó valores de 32 kg/ha, y se presentó entre los 6 y mde (Figura 35c).

 **Figura 35.** Dinámica de la extracción de nutrientes mayores para las variedades CC 01-678 y CC 05-430. a. Nitrógeno. b. Fósforo. c. Potasio.



En la **tabla 4** se muestran los requerimientos de los elementos mayores y menores para producir una tonelada de caña.

 **Tabla 4.** Requerimiento nutricional de las variedades de caña CC 01-678 y CC 05-430, para producir una tonelada de caña.

Nutrimiento	CC 01-678	CC 05-430
kg/tonelada de caña		
N	0.76	0.68
P	0.11	0.11
K	1.13	1.05
Ca	0.32	0.34
Mg	0.15	0.15
S	0.06	0.05
g/tonelada de caña		
Fe	36.62	37.78
Mn	3.38	3.75
Cu	0.46	0.51
Zn	0.92	0.91
B	0.48	0.43



La variedad CC 05-430 se muestra eficiente en el uso del nitrógeno, dado que solo requiere 0.68 kg de N / tonelada de caña. También presenta menores requerimientos de potasio que CC 01-678.

## Requerimiento hídrico

El requerimiento hídrico de la caña depende de las condiciones ambientales, la variedad, fase de desarrollo y estado fitosanitario y nutricional del cultivo. Esta variable se estima mediante la cuantificación de la evapotranspiración del cultivo (ETc), que a su vez se calcula a partir de una evapotranspiración de referencia (ETo) y un coeficiente o factor del cultivo (Kc).

La **tabla 5** muestra los valores Kc en cada fase del cultivo para las dos variedades estudiadas. Los datos fueron muy similares, solamente se encontraron valores mayores para la variedad CC 05-430 durante las fases de estabilización del dosel y maduración porque en esta variedad se presentan de manera tardía.

 **Tabla 5.** Factor Kc del cultivo para dos variedades de caña de azúcar.

Fase del cultivo	Edad del cultivo (días)	CC 05-430	CC 09-066
Establecimiento	0 – 60	0.32	0.39
Macollamiento	61 – 130	0.72	0.75
Rápido crecimiento	131 – 240	0.87	0.83
Estabilización del dosel	241 – 300	0.83	0.76
Maduración	> 300	0.76	0.67



Cenicaña continuará con el estudio y caracterización de las nuevas variedades de caña de azúcar CC en los centros piloto que se viene estableciendo desde 2021, con el fin de generar conocimientos e información para consolidar un manejo de AEPS.



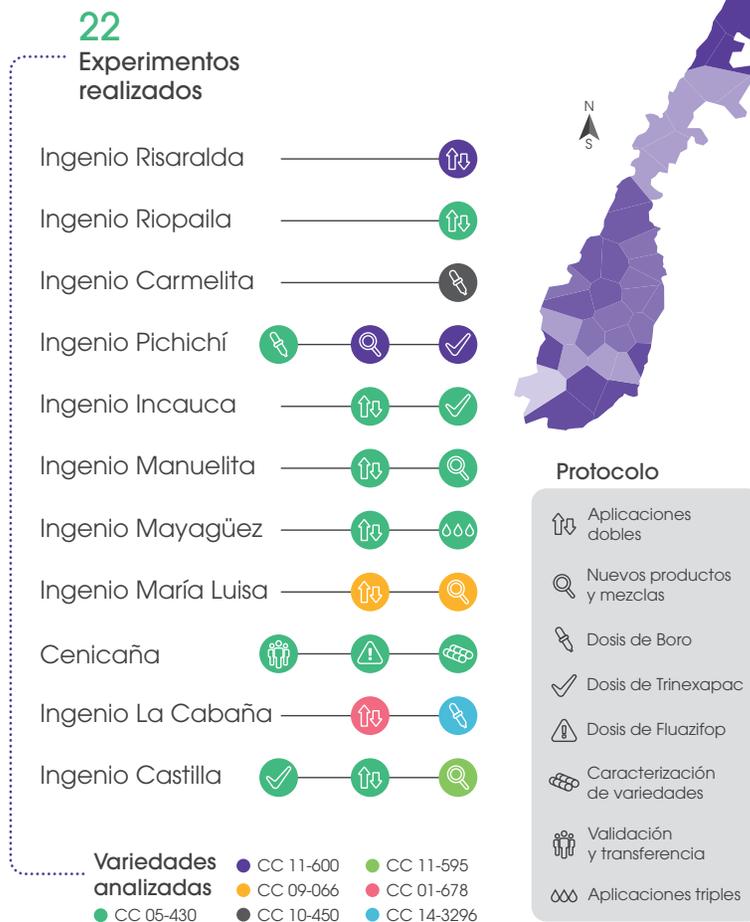
# Prácticas agronómicas para el manejo de las nuevas variedades de caña de azúcar

## Red de Experimentos de Maduración (REMA)

Durante el año 2022 ingenios y Cenicaña aunaron esfuerzos con el fin de incrementar la eficiencia y capacidad de la agroindustria para identificar y evaluar prácticas para la maduración de las diferentes variedades de caña de azúcar.

En ese sentido, se creó la Red de Experimentos de Maduración (REMA) para alinear los esfuerzos de investigación de las áreas de maduración de diez ingenios y Cenicaña con las nuevas variedades CC 05-430, CC 11-600, CC 09-066, CC 11-595 y CC 10-450, a lo largo del valle río Cauca. (Figura 36).

Figura 36. Red de Experimentos de Maduración, REMA, entre los Ingenios y Cenicaña en 2022.



## Criterios técnicos para el manejo de la maduración

Cenicaña identificó y validó estrategias de manejo para mejorar la acumulación de sacarosa de la variedad de caña de azúcar CC 05-430, que se caracteriza por su alta capacidad de producción de biomasa:

- La acumulación de sacarosa se incrementó consistentemente (entre 1.5 a 2.5 unidades porcentuales) con una aplicación de Trinexapac-etil (15 cc/ t de caña) o una aplicación de Fluazifop-p-butil (6 cc/t caña) (**Figuras 37a y 37b**).
- Otros productos, a base de boro con una dosis de 520 g/ha, incrementaron la acumulación de sacarosa hasta en 1.1 unidades porcentuales (**Figura 37c**).
- Esquemas de aplicación doble de madurantes (dos aplicaciones de productos diferentes en épocas diferentes) tales como Boro + Trinexapac-etil o Trinexapac-etil + Fluazifop-p-butil, permitieron obtener incrementos hasta de 0.3 unidades adicionales a lo obtenido con aplicaciones únicas.
- En los experimentos realizados por Cenicaña no se han evidenciado efectos sobre la productividad debido al uso de estos maduradores dentro del número de semanas recomendadas.



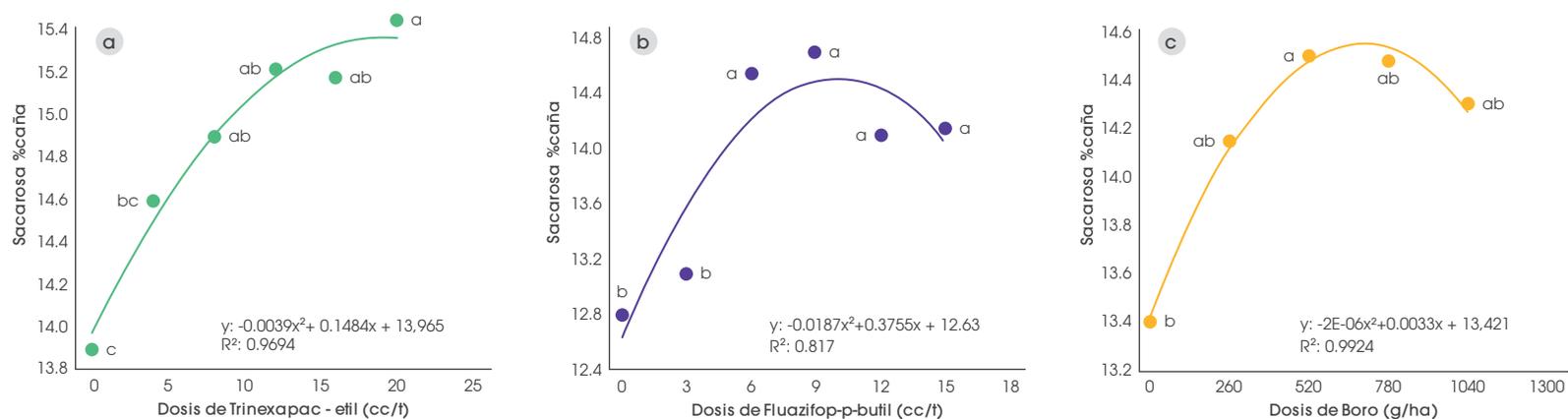
**Escanee el Qr**  
para conocer la gestión de la agroindustria en el 2022 para ampliar su conocimiento sobre la maduración.



Cenicaña continuará experimentando y liderando los procesos de investigación en colaboración con los ingenios y cultivadores, a través de REMA, con el fin de proveer información robusta que permita tomar mejores decisiones respecto al manejo de la maduración en las nuevas variedades.



 **Figura 37.** Efecto de diferentes dosis de Trinexapac-etil a las 12 semanas después de la aplicación (SDA) (a), Fluzifop-p-butil a las 6 SDA (b) y Boro a las 12 SDA (c) sobre el contenido de sacarosa de la variedad de caña CC 05-430 en épocas óptimas de cosecha.



Letras iguales indican que los tratamientos no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

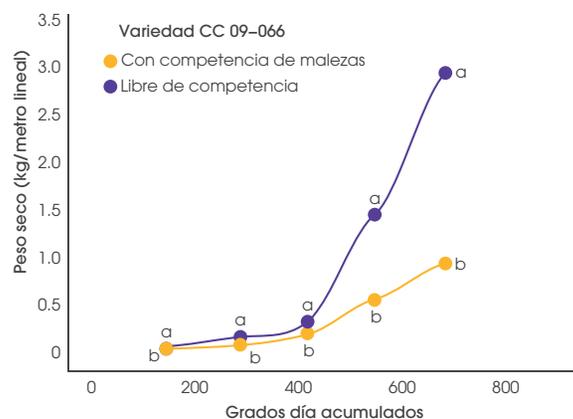
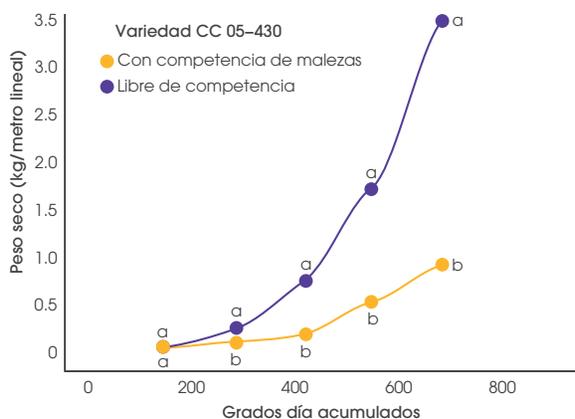
## Manejo integrado de arvenses en el cultivo de la caña de azúcar

Las arvenses generan interferencia con el cultivo de caña, lo que puede llegar a generar pérdidas de productividad. No obstante, para las variedades CC no se conocían los periodos críticos de competencia, que es cuando las arvenses ejercen la mayor interferencia sobre el cultivo.

Por lo tanto, para avanzar hacia un manejo integrado de las arvenses en el cultivo de la caña de azúcar, Cenicaña ha determinado el impacto de la interferencia en la producción de biomasa en diferentes momentos de la fenología, en dos variedades contrastantes en su arquitectura y crecimiento (CC 05-430 y CC 09-066). (Figura 38).

- Los experimentos realizados mostraron una reducción significativa en el crecimiento de las plantas de caña que compitieron con las arvenses durante los primeros 60 días.
- La competencia con arvenses de más de 60 días genera un alto impacto en la acumulación de biomasa.
- Los resultados son similares a los reportados en otros países, quienes han observado que la competencia con arvenses entre los primeros 30-75 días generó una reducción del TCH de 74.5%.

 **Figura 38.** Competencia por arvenses en dos variedades de caña de azúcar durante cuatro meses en condiciones de campo.



### Para el 2023

Cenicaña generará los periodos críticos de competencia para identificar los momentos de inicio y finalización de los controles de arvenses, con el objetivo de maximizar la productividad en términos de TCH y Sacarosa.



Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

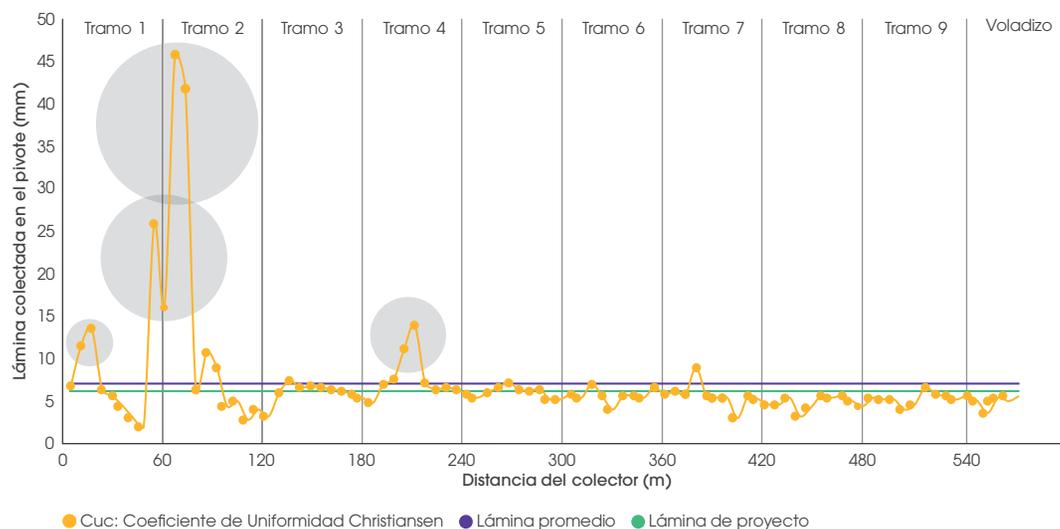


## Evaluación a sistemas de riego mecanizado

Los sistemas de riego por aspersión con pivote y con rampa lateral en el cultivo de la caña se han incrementado en la agroindustria colombiana de la caña de azúcar. Cenicaña registró 23 sistemas de riego por pivote en operación al 2022, que permiten regar un área de 1687 ha.

En 2022 se avanzó en evaluaciones tanto la eficiencia como la uniformidad de aplicación de estos sistemas dado que la eficiencia que ofrecen depende del diseño, operación y mantenimiento:

 **Figura 39.** Coeficiente de uniformidad medido en un pivote central, utilizado para el riego de la caña de azúcar en una unidad productiva del valle del río Cauca.



**Ver anexo**  
inventario pivotes  
registrados en el  
valle del río Cauca.

- La eficiencia de aplicación fue de 91% y 95% para el pivote y la rampa respectivamente, mientras que el coeficiente de uniformidad de Christiansen (Cuc) fue de 86% para la rampa y de 89% para el pivote. Estos valores se consideran altos para una aplicación eficiente y una lámina de agua uniforme.
- Otra evaluación a un sistema de riego por pivote central en una unidad productiva encontró un coeficiente de uniformidad 61%, que se clasifica como malo según la literatura. La presión del sistema en el último aspersor fue de 6.5 PSI, por debajo del recomendado (10 PSI). Estos valores bajos estarían asociados a la alta variación de la lámina aplicada principalmente en los tramos 1, 2 y 4. (Figura 39).



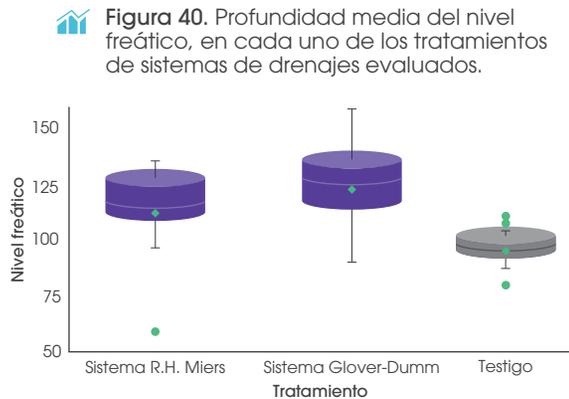
A partir de la evaluación al sistema de riego con pivote en la unidad productiva, Cenicaña recomendó controlar las fugas de agua a lo largo de la tubería aductora y del pivote, verificar el estado y ubicación de las boquillas (aspersores) y evaluar nuevamente la eficiencia y uniformidad del sistema de riego.

## Evaluación a un sistema de drenaje entubado

El drenaje es una práctica agrícola que permite mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo de la caña de azúcar. Se estima que en el valle del río Cauca cerca de 15,000 hectáreas cuentan con sistemas de drenaje entubado, instalados a profundidades que oscilan entre 1.6 m y 1.8 m.

Sin embargo, en muchas ocasiones los sistemas de drenaje no son eficientes debido a un espaciamiento mayor a 50 metros, a la presencia de estratos impermeables localizados por encima de los drenes o a la baja conductividad hidráulica del suelo.

Una evaluación a dos sistemas de drenaje evidenció el efecto de éstos sobre el abatimiento del nivel freático del suelo. (figura 40).



La evaluación se realizó en un área de 70 ha, suelo *Typic Endoaquerts*, familia textural muy fina. Sistemas de drenaje entubado evaluados: uno diseñado con el método R.H. Miers modificado por Richard J. Godwin y G. Spoor en (1978) (nomogramas textura y estructura) y otro diseñado con el método de Glover-Dumm. Estos se compararon con un testigo sin drenaje entubado.



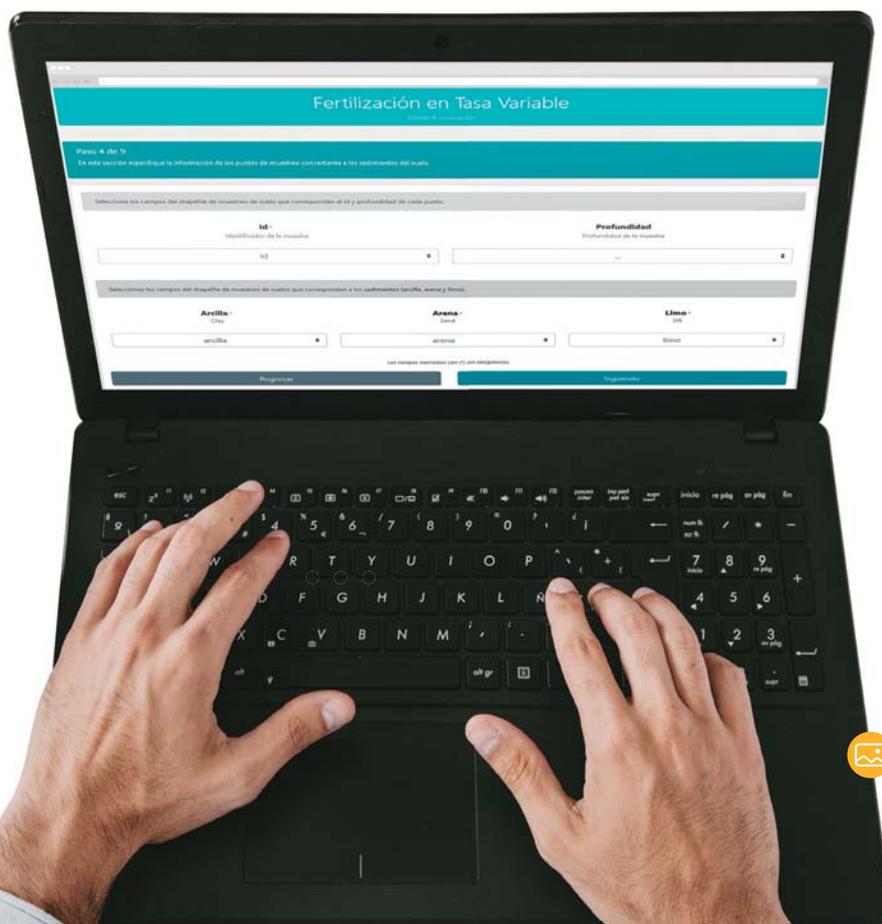
## Desarrollo de herramientas para agricultura de precisión

Cenicaña continuó avanzando en el desarrollo de herramientas para mejorar las prácticas de agricultura de precisión, a través del manejo de la variabilidad espacial y temporal de los factores de producción del cultivo.

- Metodología para toma de datos con el fin de levantamiento topográfico para nivelación de tierras.
- Desarrollo de un aplicativo para implementación de fertilización con tasa variada.
- Mapas de productividad utilizando Radar SAR y técnicas de *Machine Learning*.

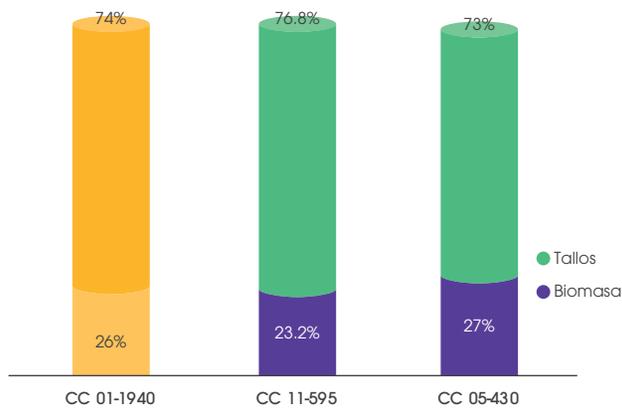


**Herramienta**  
implementación  
de fertilización  
con tasa variada



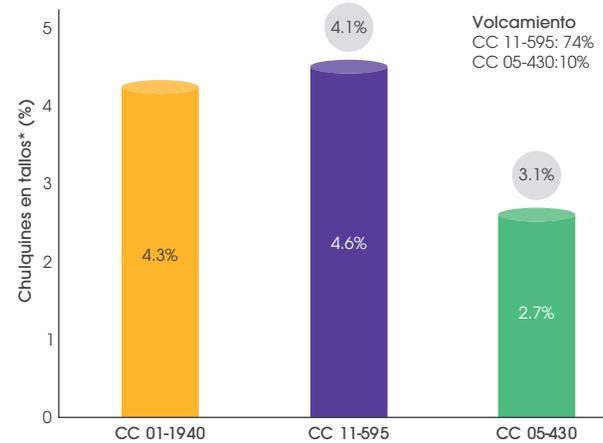
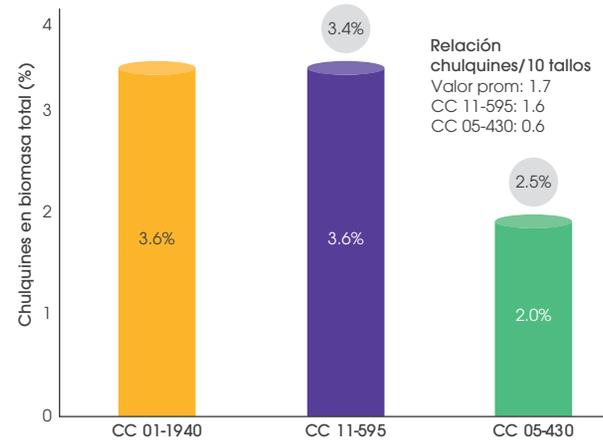
## Seguimiento al desempeño en cosecha de variedades CC

**Figura 41.** Biomasa total antes de cosecha de 2 variedades CC comparadas con CC 01-1940 como testigo.



Las mediciones de biomasa total comprende tallos molederos y biomasa (hojas verdes y secas, cogollos, chulquines y caña seca).

**Figura 42.** Chulquines antes de cosecha de dos variedades CC, testigo CC01-1940.



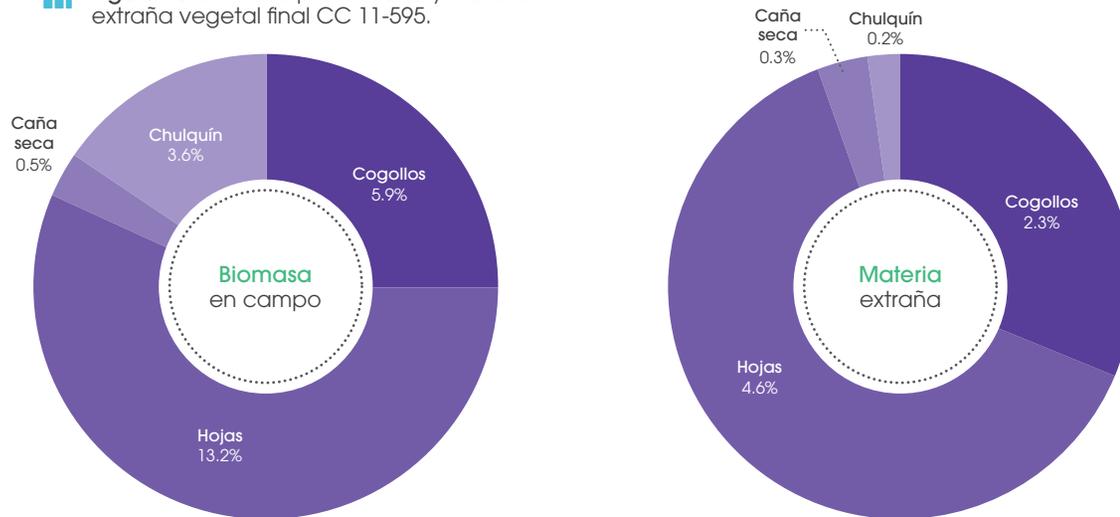
\*Tallos: tallos molederos, chulquines y caña seca



Los datos en círculos corresponden a acumulados de años anteriores.

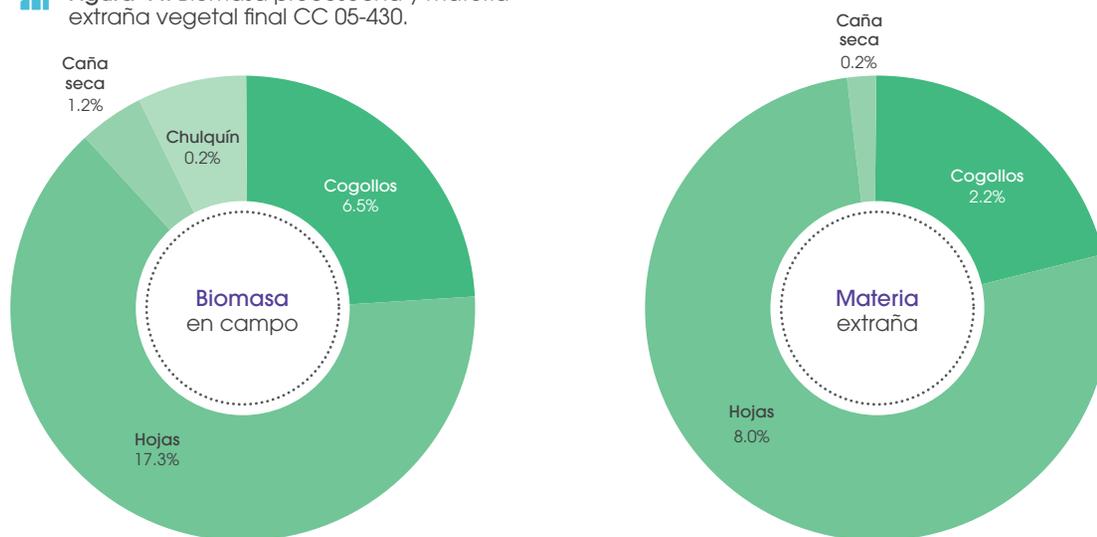


**Figura 43.** Biomasa precosecha y materia extraña vegetal final CC 11-595.



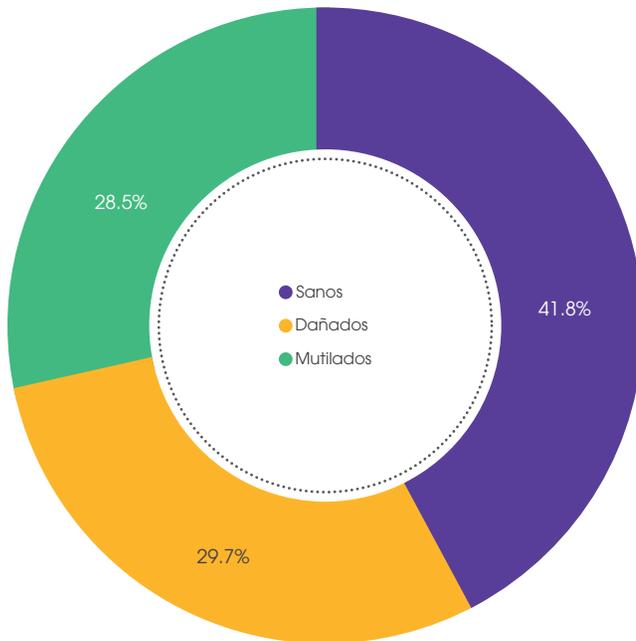
Para la variedad CC 11-595 se elimina el 65.15% de hojas, el 61.01% de cogollos y el 94.4% de los chulquines. Aunque el % de caña seca registrada es despreciable (0.5% en biomasa inicial), la remoción es del 40%.

**Figura 44.** Biomasa precosecha y materia extraña vegetal final CC 05-430.



Se elimina 53.75% de hojas, 66.15% de cogollos y de acuerdo con las mediciones de materia extraña en fábrica no hay registro de chulquines, cuya medición inicial en biomasa fue de 2%, es decir que puede darse una eliminación del 100% de los mismos.

 **Figura 45.** Calidad de troceado variedad CC11-595. Análisis de troceado en 12 cosechadoras



Las condiciones del cultivo también influyen en la calidad del trozo de caña y no depende únicamente de la operación de las cuchillas de corte y picado de las máquinas cosechadoras. Para el caso de la variedad CC 11-595 el cultivo presentaba un 74% de volcamiento. Esta consideración se confirmó con la distribución de la calidad del trozo de la variedad CC05-430 que expresó una mayor proporción de trozos sanos, con sólo 10% de volcamiento.



## Evaluación a la materia prima en fábrica

La evaluación de la calidad de la materia prima es una actividad realizada por los ingenios de la agroindustria para tomar decisiones de manera informada, implementar indicadores de gestión y la mejora continua de los procesos. Para esto es necesario garantizar la calidad y confiabilidad de los datos recopilados, a través de diferentes metodologías.

Con este objetivo Cenicaña, en conjunto con los ingenios, desarrolla un plan de trabajo hacia la estandarización de dos metodologías:

- Determinación de materia extraña en fábrica por método core sampler y uñada.
- Análisis directo de sacarosa en campo (previo a la cosecha) e ingresando a fábrica.

En el 2022 se avanzó con visitas de *benchmarking* entre los jefes de laboratorio y de cosecha de los ingenios Incauca, Castilla, Providencia y Carmelita. También se realizaron estudios de comportamiento de materia extraña en trenes, que mostraron una mayor variabilidad dentro del vagón, con valores de 67%, y el resto se distribuye entre vagones del mismo tren y trenes de una misma suerte.

Con la estandarización de la metodología de análisis directo de sacarosa se busca cuantificar las pérdidas entre corte y molienda, con el fin de establecer mecanismos de acción que contribuyan a su disminución.



**Ver anexo**  
Actividades para evaluar la calidad de la caña de azúcar.



## Modelos para la predicción categórica de sacarosa

Cenicaña construyó una serie de modelos para la predicción categórica de sacarosa en suertes de caña a partir de variables climáticas y de manejo.

Para 17 grupos conformados por variedad y zona agroecológica se construyeron modelos Mediante *Random Forest Classifier* (RFC) para definir el límite de corte entre las categorías alta y baja sacarosa.

Se usaron como predictores variables climáticas (precipitación y temperatura) y variables de manejo (tipo y dosis de madurante, edad de cosecha y área de la suerte). También se utilizó el criterio de balance entre precisión, sensibilidad y especificidad, proporcionado por la curva ROC (*Receiver Operating Characteristic Curve*). (Figura 46).

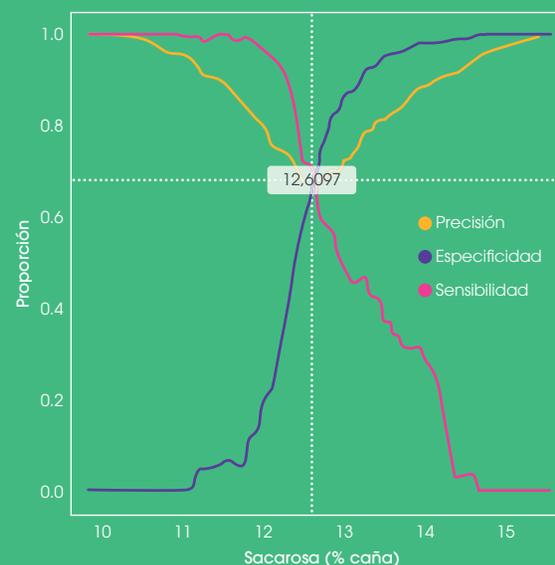
Los modelos mostraron una precisión variable, entre lo que se puede considerar baja a aceptable, y la importancia de tener en cuenta el criterio de la curva ROC para la definición del límite de corte entre categorías.

El desempeño de los modelos para cada uno de los 17 casos evaluados mostró una precisión media de 0.68 con desviación 0.054 y valores mínimo y máximo de 0.55 y 0.77, respectivamente. (Tabla 6).

La siguiente figura ilustra la curva ROC construida para el caso CC85-92 x 11H3 con su correspondiente matriz de confusión y la precisión, sensibilidad y especificidad obtenidos. De acuerdo con la curva ROC, el límite de corte entre las categorías alta y baja para este caso es 12,6097.

Cenicaña continuará construyendo otras versiones de este modelo con variables como quemas, incidencia de plagas y enfermedades, programa de fertilización y riego y tipo de cosecha, para mejorar la precisión de las predicciones.

Figura 46. Curva ROC (Receiver Operating Characteristic Curve)



 **Tabla 6.** Resumen resultados obtenidos para cada clave variedad por zona agroecológica.

Variedad	Zona agroecológica	Punto de corte	Precisión	Especificidad	Sensibilidad
CC01-1940	11H3	12,0282	0.68	0.68	0.68
CC01-1940	11H2	12,4524	0.68	0.68	0.67
CC01-1940	8H3	13,1036	0.68	0.67	0.69
CC01-1940	10H5	12,6115	0.59	0.57	0.62
CC85-92	8H3	13,1892	0.75	0.75	0.75
CC85-92	11H1	12,8779	0.72	0.68	0.75
CC85-92	10H5	12,9920	0.72	0.74	0.72
CC85-92	6H1	12,7732	0.71	0.68	0.75
CC85-92	11H3	12,6097	0.69	0.70	0.68
CC85-92	10H4	12,6702	0.68	0.67	0.70
CC85-92	11H2	12,6796	0.66	0.67	0.64
CC85-92	6H2	12,6910	0.65	0.64	0.67
CC85-92	6H4	13,2196	0.55	0.51	0.59
CC93-4418	11H2	12,6842	0.72	0.72	0.71
CC93-4418	11H3	12,3351	0.67	0.67	0.67
Otras	11H2	11,9394	0.77	0.78	0.75
Otras	11H3	11,8000	0.72	0.68	0.76



# 04

## ambiente, variabilidad y cambio climático



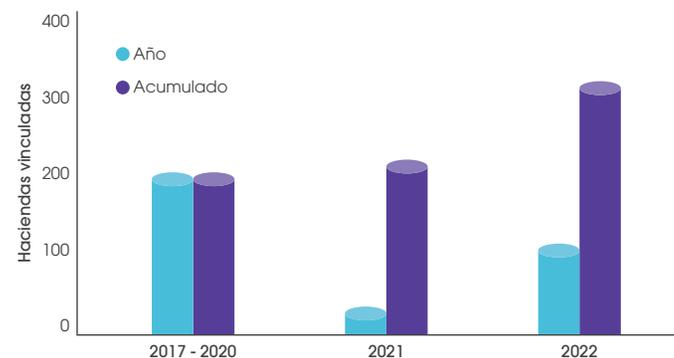
## El Programa Integra se fortalece

Mediante el Programa Integra, Cenicaña siguió acompañando a los productores de caña de azúcar en el diseño de estrategias para incrementar la productividad con un enfoque de sostenibilidad de manera progresiva.

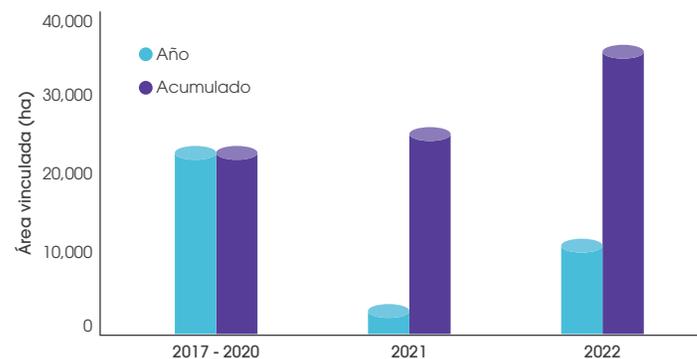
Durante el 2022, 99 predios se vincularon al Programa, completando un total de 303 predios vinculados con una cobertura de 34,695 hectáreas. (Figuras 47 y 48).

En el transcurso del año se hizo un convenio con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) para trabajar colaborativamente en la adopción de prácticas sostenibles en las unidades productivas de caña de azúcar en el polígono RAMSAR, asociado a la laguna de Sonso.

 **Figura 47.** Número de predios vinculados al Programa Integra 2017 a 2022.



 **Figura 48.** Número de hectáreas vinculadas al Programa Integra 2017 a 2022.



### En el marco de los convenios suscritos entre la CVC y Cenicaña:

- Se fortalecieron 9.3 hectáreas en corredores biológicos (siembra de 7199 plantas) para contribuir a la generación de servicios ecosistémicos, entre los cuales se destaca el mantenimiento del recurso hídrico, la polinización y el control biológico.
- Se promovió el uso del control biológico para el manejo del salivazo (*Aeneolamia varia*) y el barrenador de la caña de azúcar (*Diatraea spp.*), a través de la capacitación a cultivadores en el monitoreo, seguimiento y control de estas dos plagas del cultivo de la caña.
- Se incorporaron abonos verdes al cultivo (siembra de 1850 kg de leguminosas) para aportar al suelo biomasa seca y nitrógeno, contribuir al control de arvenses, reducir el uso de herbicidas y mejorar la retención de humedad del suelo.
- Se adquirieron equipos para la práctica de diferentes labores como una encalladora, un escarificador, una abonadora, una sembradora de granos y cuatro esparcadoras para aplicación de compost.



En noviembre de 2022 CVC y Cenicaña entregaron resultados de los convenios 068 de 2021 y 004 de 2022 para la implementación de acciones de reconversión productiva en manejo y conservación de suelos en el polígono RAMSAR, asociado a la laguna de Sonso.

También en el 2022 se destacó la incursión de Cenicaña como entidad ejecutora de proyectos con recursos del Sistema General de Regalías.

En noviembre de 2022, el Programa Integra empezó a ejecutar el proyecto Fortalecimiento de la adopción de tecnologías y prácticas sostenibles en el cultivo de la caña de azúcar sembrada en el Valle del Cauca, que espera fortalecer la credibilidad, confianza, disposición y motivación de los cañicultores al cambio de las prácticas tradicionales por prácticas sostenibles realizadas en sus unidades productivas. Así mismo, se espera aumentar los conocimientos y capacidades de 300 cañicultores para la adopción de tecnologías y prácticas sostenibles, teniendo mayor sensibilización sobre el impacto de sus acciones en el medio ambiente, la sociedad y la productividad del cultivo.

Con el apoyo del Sistema General de Regalías, durante 42 meses el Programa Integra contará con extensionistas, equipos de apoyo, servicios y herramientas tecnológicas para hacer seguimiento a la transformación progresiva de los cañicultores y sus unidades productivas y al finalizar el proyecto, tener cambios de prácticas tradicionales a prácticas sostenibles.



Ver anexo  
fotos del  
Programa  
Integra



## Caña Biodiversa: restauración y diagnóstico en unidades productivas

En el marco del proyecto Caña Biodiversa, se visitaron 50 unidades productivas, de las cuales 48 cuentan con un diagnóstico con sugerencias y recomendaciones para el proceso de restauración y 28 iniciaron un proceso de restauración directa, con árboles nativos y aceleradores de la restauración en diferentes coberturas.



Algunos hallazgos durante el proceso con estas unidades productivas:

- Se identificaron 55 familias, 139 géneros y 170 especies vegetales. De estas, el 67% fueron especies nativas y el 33% exóticas.
- De las especies vegetales encontradas, 72 estuvieron presentes en viveros y 26 estuvieron presentes entre el material vegetal entregado a los propietarios para sus procesos de restauración.
- En 14 especies se encontraron abejas, 20 fueron identificadas como recurso de nidificación para abejas y 44 especies fueron catalogadas como tolerantes a altas condiciones de humedad en el suelo.
- Adquisición de 6073 árboles con los que se ha revegetalizado (paso inicial de la restauración) (**Figura 49**) un total de 16.2 ha. Con estas plantas se busca impulsar diferentes procesos ecológicos que incluyen la competencia con especies nocivas para el cultivo como por ejemplo los pastos y enredaderas que trepan doblando los tallos en el cultivo.

## Proceso de restauración en los predios:

### 01

#### Acciones propuestas

##### Reservorios y lagos:

- Aumentar número de estratos.
- Sembrar herbáceas nobles.

##### Cercos vivos y separadores:

- Sembrar herbáceas nobles.
- Sembrar vegetación heterogénea.
- Realizar cerco de barrera.

##### Fuentes lóaticas:

- Uno de los bordes con arbustos con sistema radicular superficial.
- El otro borde sin vegetación arbustiva.

### 02

#### Selección de especies

- |  |   |
|--|---|
|  Hobo           |  Carbonero     |
|  Buriclico      |  Chamburo      |
|  Totumo         |  Chiminango    |
|  Nogal cafetero |  Flor Amarillo |
|  Biyuyo         |  Chitato       |
|  Zurrumbo       |  Jagua         |

### 04

#### Siembra del material vegetal



### 03

#### Obtención del material vegetal





## Seminario Internacional de Gestión del Suelo

Entre el 24 y 26 de agosto de 2022 la CVC y Cenicaña realizaron el Seminario Internacional de Gestión del Suelo, un evento de transferencia de conocimiento alrededor de las prácticas de buen manejo de las vinazas y usos alternativos en el Valle del Cauca.

El seminario es resultado del convenio de asociación 246 de 2021, que tiene el propósito de unir esfuerzos para fortalecer el conocimiento del recurso suelo desde los puntos de vista normativo, servicios ecosistémicos y prácticas de gestión sostenible, entre otros.



**Afiche**  
de promoción  
del seminario.

## Cenicaña es aliado en Colombia Agropecuaria Sostenible

Cenicaña se unió a la alianza que busca reducir la vulnerabilidad de la producción agrícola del país ante las amenazas del cambio climático y así minimizar sus impactos en la competitividad del sector.

El proyecto denominado Colombia Agropecuaria Sostenible (Iniciativas climáticamente inteligentes para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad en sistemas productivos agropecuarios priorizados en Colombia, Csicap, por sus siglas en inglés) es liderado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural e implementado por la Alianza Bioversity International y CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) para beneficiar cerca de medio millón de productores rurales de caña de azúcar de 22 departamentos

Colombia Agropecuaria Sostenible busca reducir pérdidas de rendimiento en cultivos de yuca, arroz, plátano, caña de azúcar, papa, maíz y frijoles, así como los ganaderos, mediante el fortalecimiento de la gestión de riesgos climáticos y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de la producción agropecuaria.



El proyecto contempla una inversión total de US\$ 99.91 millones. En noviembre de 2022 inició su implementación con diálogos en 63 municipios de todo el país. Para los productores de caña de azúcar de Risaralda y Cauca se realizaron dos jornadas, una de ellas en la estación experimental de San Antonio de los Caballeros.

Dada la importancia de este proyecto para el sector agropecuario, en la alianza participan Fedearroz, Fenalce, Fedegán, Fedepanela, Fedepapa, Federación Nacional de Cafeteros - Cenicafé, Asocaña, Augura, Asbama, Asohofrucol y Cenicaña.

 967,997

hectáreas del sistema agropecuario, distribuidas en 22 departamentos y 219 municipios, serán impactadas con el proyecto con incrementos en su adaptación al cambio climático.





## Participación en la MTA

Las Mesas Técnicas Agroclimáticas, MTA, son un espacio de diálogo y análisis entre actores locales, nacionales y regionales, que busca comprender el posible comportamiento del clima a partir de información científica y conocimiento empírico, para generar recomendaciones que contribuyan a disminuir los riesgos asociados a la variabilidad climática en el sector agropecuario.

Cenicaña desde 2020 participa de manera permanente en la MTA del Valle del Cauca, como miembro del comité organizador, gestiona espacios para las reuniones y aporta información técnica y científica reflejada en las predicciones climáticas y recomendaciones agrícolas para el valle del río Cauca. Como resultado de esta participación se han publicado nueve (9) boletines en diferentes canales de información.



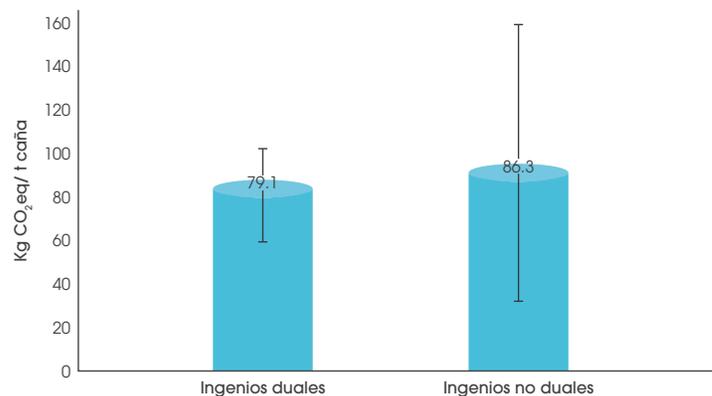
## Cálculo de huella de carbono en ingenios no duales

De manera progresiva, los ingenios no duales empezaron a adoptar la metodología y herramienta de cálculo desarrollada por Cenicaña para realizar el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y estimar la huella de carbono de su proceso productivo. En el 2022, se logró consolidar la información para cuatro de estos ingenios, con un valor promedio ponderado superior en 9% en comparación con la huella de carbono de los ingenios duales, como se puede observar en la **Figura 50**.

Los ingenios que realizaron el cálculo tuvieron resultados muy dispersos de este indicador (valor más alto de 158 kgCO<sub>2</sub>eq/t caña y el más bajo de 31.3 kgCO<sub>2</sub>eq/t caña), debido a las diferencias en las emisiones generadas en la etapa de calderas y cogeneración y tratamiento de residuos líquidos y sólidos.

La etapa de cogeneración contribuyó 53% de las emisiones totales de la organización, asociado al consumo de combustibles fósiles adicionales en la producción de energía eléctrica y térmica. Adicionalmente, la etapa de campo contribuyó al 22% de las emisiones totales, lo que se asoció mayoritariamente al uso de fertilizantes nitrogenados en el cultivo.

 **Figura 50.** Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes por tonelada de caña para los cuatro ingenios no duales comparado con el mismo indicador para los ingenios duales en el año 2021.





## Huella hídrica

Para evaluar la sostenibilidad ambiental a través del uso y consumo del agua a lo largo de la cadena productiva de la caña de azúcar, Cenicaña sigue los lineamientos del Estándar Global para la Evaluación de la Huella Hídrica (Hoekstra et al. 2009).

En aras de estimar anualmente este indicador para cada uno de los ingenios, desde el campo hasta la producción de azúcar, etanol y energía eléctrica, con el apoyo de los ingenios, Cenicaña consolidó una herramienta de cálculo a través de reuniones técnicas y talleres

En el 2022 se validaron la metodología y la herramienta de cálculo de la huella hídrica con información del año 2021.

Para el 2021 se estimó la huella hídrica para la caña de  $115 \text{ m}^3/\text{t}$  caña; para el azúcar,  $1595 \text{ m}^3/\text{t}$  azúcar y para el etanol,  $1678 \text{ m}^3/\text{m}^3$  etanol; estos últimos dos valores incluyeron el uso y consumo del agua tanto en campo como en los procesos industriales.





# 05 eficiencia operativa



## Corte mecánico y su relación con la calidad del trozo

Conocer el deterioro de la caña tras el corte durante la cosecha es fundamental para diseñar estrategias que contribuyan a disminuir las pérdidas de sacarosa en esta fase del proceso productivo.

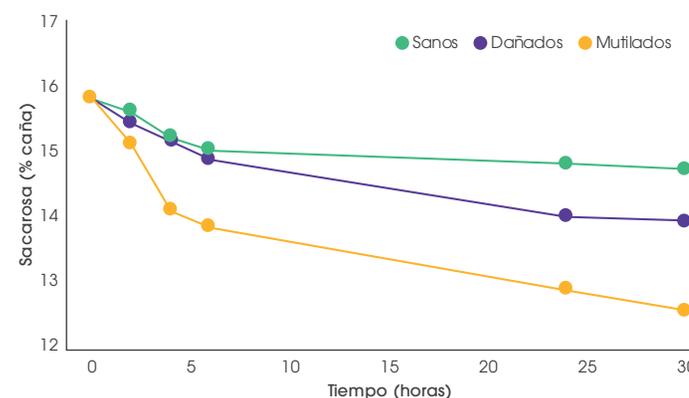
En el marco del macroproyecto CATE II, Cenicaña construyó curvas de la cinética de deterioro en función de la calidad de trozo, lo que permitió observar caídas aceleradas durante las primeras 6 horas, especialmente en los trozos de caña mutilados, cuya velocidad de deterioro fue 1.26 y 1.55 veces más que la de los trozos dañados y sanos, respectivamente. (Figura 51).

Es importante que la agroindustria siga avanzando en la construcción de una línea base de diagnóstico para medir el impacto de las mejoras en las prácticas de las operaciones de cosecha.



La integración de las labores, desde el diseño del campo hasta la cosecha, y el mantenimiento efectivo de las máquinas, haciendo uso de las tecnologías disponibles para la optimización en cada eslabón de la cadena, contribuirán a la obtención de hasta 70% de trozos sanos.

**Figura 51.** Curva de la cinética de deterioro de la variedad CC05-430, simulando trozado de cosecha mecánica, en laboratorio de caña de Cenicaña.



Calidad de trozos	$k_1$ (0-6 h)	$k_2$ (6-30 h)
Sanos**	$0.87 \pm 0.36$	$0.08 \pm 0.05$
Dañados	$0.98 \pm 0.42$	$0.26 \pm 0.20$
Mutilados	$2.22 \pm 0.98$	$0.34 \pm 0.15$

k: Constante de cinética de pérdida de sacarosa % caña por hora.

\*\* Valores similares a los obtenidos en el estudio 2021 para esta variedad.



## Tránsito del sistema de cosecha y su relación con la geometría del surco

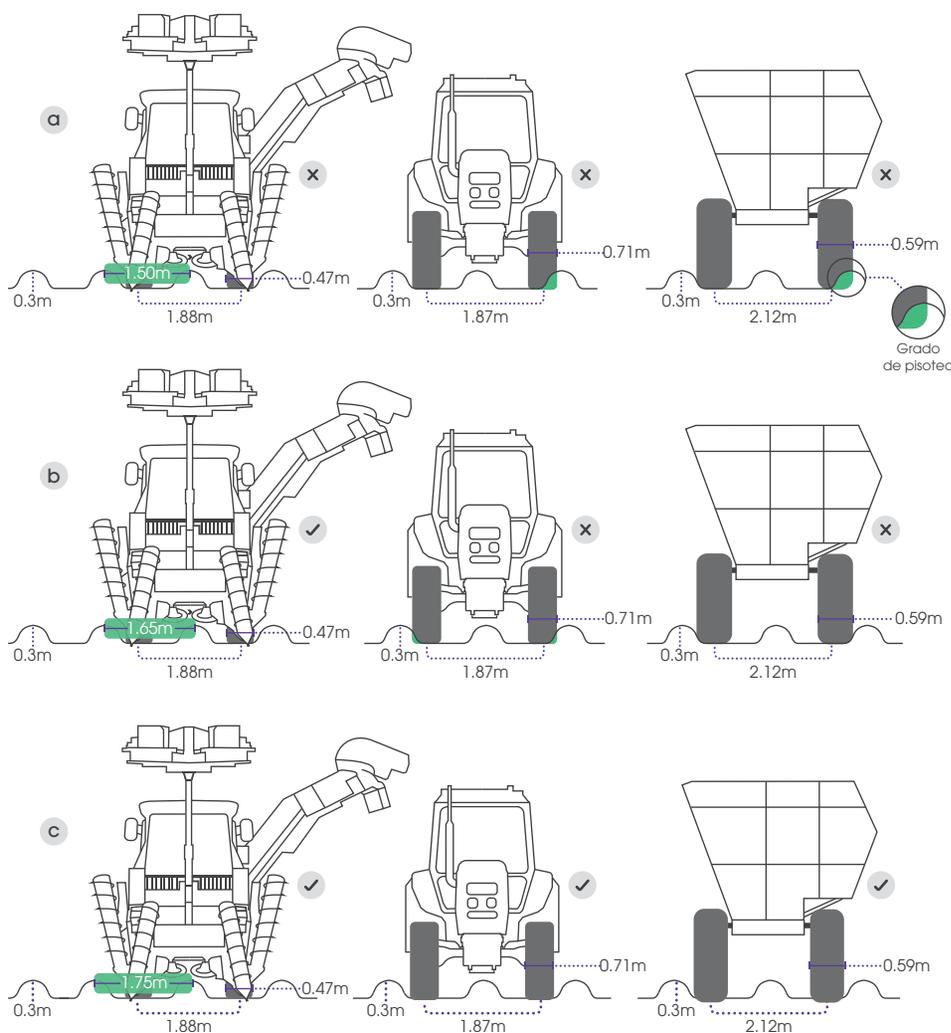
El uso intensivo de maquinaria agrícola, en combinación con inadecuadas prácticas de diseño de campo, conlleva al detrimento de las propiedades físicas del suelo, debido al pisoteo constante de cepa, la compactación de los suelos y el despeje de surcos.

Por lo anterior es importante desarrollar soluciones para mantener la productividad de los campos y disminuir el daño en los cultivos de caña:

Con el fin de establecer la distancia más adecuada entre surcos en las nuevas siembras y reducir los daños directos a las plantaciones, Cenicaña realizó un análisis de los patrones de tráfico de los diferentes equipos utilizados en la agroindustria. La **Figura 52** ilustra la secuencia y la posición relativa de los tractores, vagones y de las cosechadoras de un surco y es posible observar los pases que realizan las llantas sobre el diseño de campo.



**Figura 52.** Tránsito del sistema de cosecha mecanizada y geometrías de campo en baja humedad.



- **Espaciamiento a 1.50 m:**

Las trochas o distancia entre llantas de los diferentes equipos usados para el transporte de la caña no coinciden con el ancho de 1.50 m y, ocasionalmente, se utilizan equipos con trochas delanteras y traseras diferentes. (Tabla 7).

En estas condiciones el daño por tráfico sobre las cepas es inevitable, puesto que cuando una de las llantas pasa por el entresurco, la otra del mismo eje pasa sobre el 50% de las cepas (Figura 52a). Por lo anterior, el espaciamiento a 1.5 m no es la mejor opción para las nuevas siembras.

- **Espaciamiento a 1.65 m:**

Esta distancia permite un mayor espaciamiento pero, aunque los equipos se acomodan bastante bien, la trocha de los vagones y tractores queda muy ajustada (Figura 52b).

Las siembras a esta distancia no resuelven el problema de los daños ocasionados a las cepas por los equipos de cosecha en invierno (Torres, J. S.; Madriñan, C.A; Cruz, R. y Durán A. 2006).

- **Espaciamiento a 1.75 m:**

Este espaciamiento presenta los mejores patrones de tráfico con todos los equipos (Figura 52c).

 **Tabla 7.** Información técnica de la tracción de las llantas actuales.

Descripción	Equipo							
	Cosechadora CASE AUSTOFT 9900		Cosechadora JOHN DEERE CH570		Tractor CASE PUMA 180		Tractor JOHN DEERE 6170J	
Trocha (mm)	1880		1880		1869	1834	1765	1805
Tipo de rodados	Orugas		Orugas		Ruedas delanteras	Ruedas traseras	Ruedas delanteras	Ruedas traseras
Numero de rodados	2		2		2	2	2	2
Referencia llanta/oruga	406 mm (16")		407 mm (16")		600/65 - 28	710/65 - 38	18.4 - 26	30.5 - 32

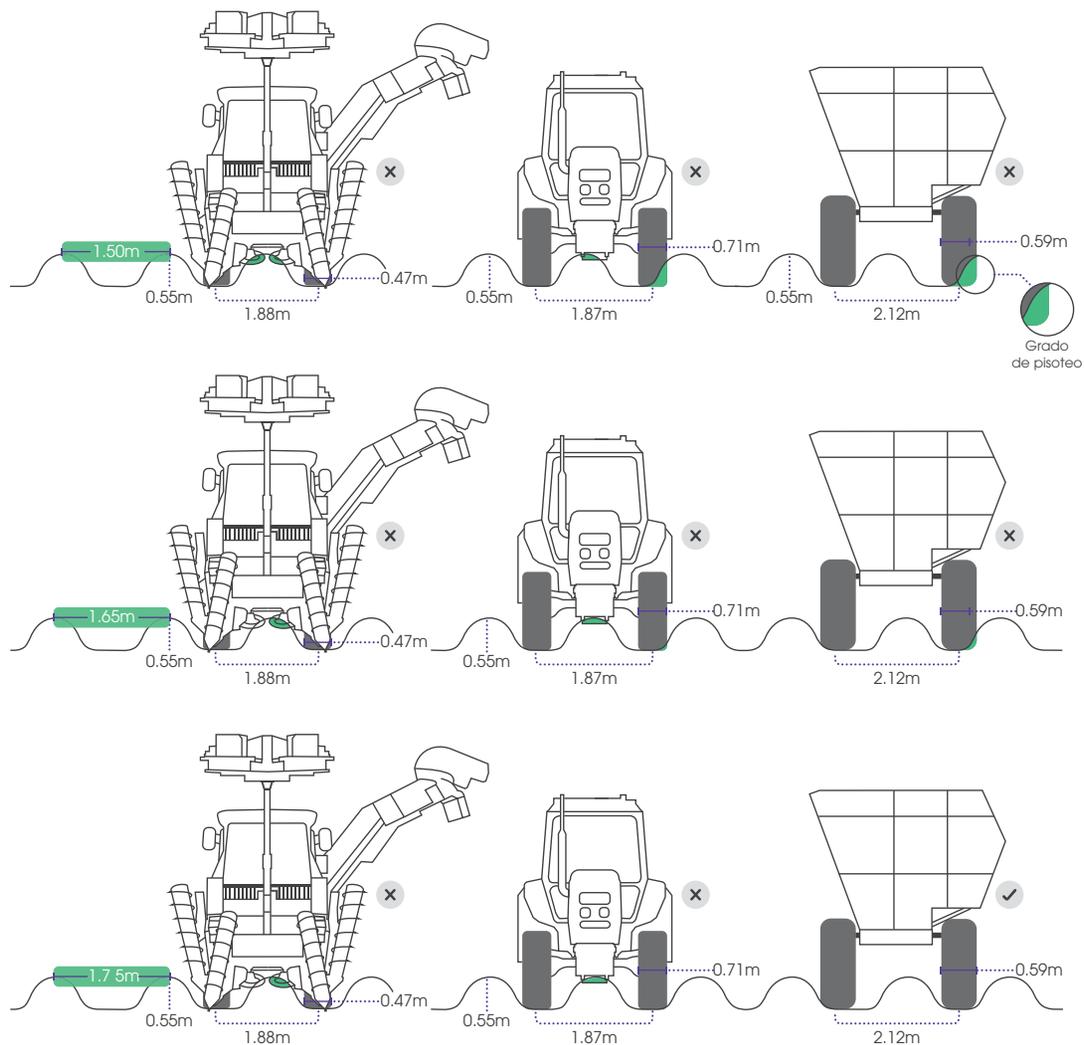
Descripción	Equipo						
	Tractor BELL 1736AF		Tractor GAME 77ATX		Vagón 27m <sup>3</sup>	Vagón 21.5m <sup>3</sup>	Vagón 24m <sup>3</sup>
Trocha (mm)	1869	1926	2083	2083	1998	2120	1977
Tipo de rodados	Ruedas delanteras	Ruedas traseras	Ruedas delanteras	Ruedas traseras	Ruedas	Ruedas	Ruedas
Numero de rodados	2	2	2	2	4	4	4
Referencia llanta/oruga	420/70 - 24	580/70 - 38	23.1 - 34	23.1 - 34	600/50 - 22.5	23.1 - 26	600/50 - 22.5

Cuando la cosecha se realiza en condiciones húmedas los suelos pueden presentar contenidos de humedad cercanos a la saturación disminuyendo la resistencia a la tracción, lo que provoca el enterramiento de los equipos, la compactación del suelo, formación de surcos y daños

directos sobre las cepas de la caña. Además, el tráfico de los equipos de transporte sobre los campos húmedos genera hundimientos en la superficie que pueden alcanzar entre 30 cm y 55 cm de profundidad, ocasionando despeje en los surcos, como se ilustra en la **Figura 53**.



Figura 53. Tránsito del sistema de cosecha mecanizada y geometrías de campo en alta humedad



Cenicaña propone evaluar diferentes tecnologías de cosecha para avanzar en la búsqueda de opciones que aminoren los efectos negativos del exceso de humedad sobre la caña por condiciones lluviosas:

- **Huella única:**

Hace referencia al ajuste de distancia única de las trochas del sistema de cosecha de caña a 1.88 m y tracción con llantas / orugas de ancho máximo a 50 cm. Así se obtienen zonas de tráfico bien definidas para el confinamiento de la compactación, tránsito adecuado y adicionalmente contribuir al drenaje en las áreas de caña.

- **Vagón autopulsado con orugas de metal y de goma:**

Los equipos de transporte intermedio (vagón autovolteo) pueden ser autopulsados o remolcados, con la utilización de orugas de acero o de goma.

- **Equipos con orugas accionado por ruedas:**

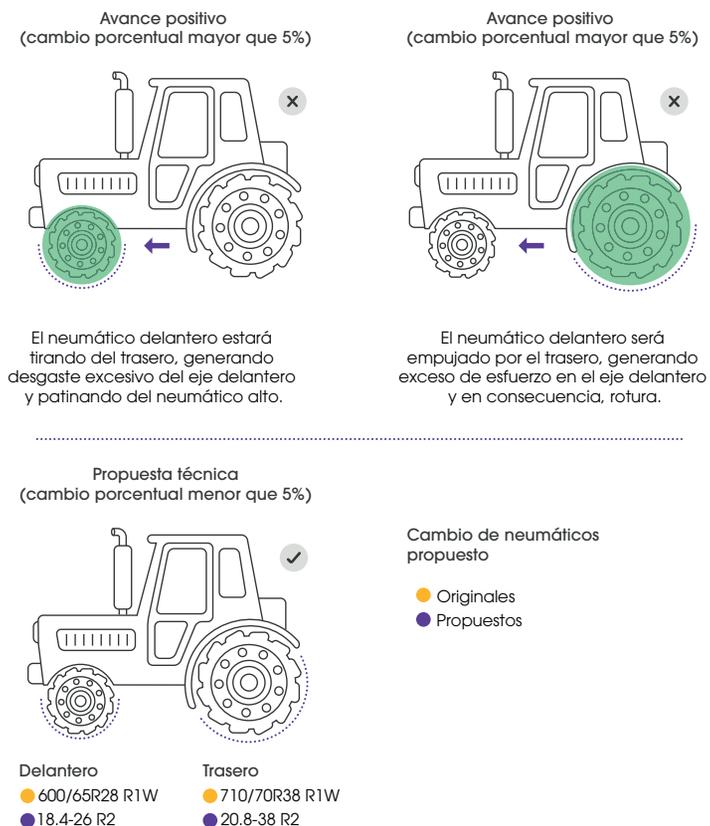
Los soportes se colocan en las ruedas de un vehículo, lo que ofrece una superficie más amplia y una tracción adicional. Estas características permiten a los equipos de cosecha una marcha suave y fiable sobre superficies de alta humedad.



## Recomendaciones para la cosecha mecánica

- En suelos de baja humedad con los sistemas actuales de cosecha ofrece mejores resultados el espaciamiento a 1.75 m entre surcos (Torres, J. S.; Madriñan, C.A; Cruz, R. y Durán A. 2006).
- En suelos de alta humedad con los sistemas actuales de cosecha ofrece mejores resultados con espaciamiento a 1.75 m entre surcos y en lo posible, se debe alzar la cosechadora y el tractor 15 cm.
- La uniformización de los surcos y la conservación de un paralelismo mayor al 90% en los campos cultivados con caña y de las trochas de todos los equipos agrícolas es esencial para mejorar la eficiencia en las labores de cultivo y cosecha.
- Es de vital importancia una buena conformación del surco mediante labores de cultivo-aporque, procurando obtener anchos de cepa máximos de 60 cm, ya que una mayor amplitud de la misma contribuye a mayor pisoteo y disminución de la calidad del corte basal de la máquina cosechadora.
- Los tractores de tracción mecánica en las ruedas delanteras (MFWD) tienen una reducción de la caja de transmisión del eje trasero al delantero. Dicha reducción se denomina relación de transmisión, que oscila entre 1.2 a 1.4 mm. Por esa razón, los diámetros de los neumáticos deben ser proporcionales a dicha reducción. (Figura 54) presenta una alternativa para el cambio de llantas a los tractores tipo CASE.

 **Figura 54.** Relación de avance para un tractor CASE PUMA 180 y propuesta técnica para cambio de llantas en suelos de alta humedad.



Relación de transmisión CASE PUMA	1.343
18.4-26 R2 - 10 RP	Diámetro 4318 mm
20.8-38 R2 - 10 RP	Diámetro 5518 mm
Relación de avance	4.73%

## Procesos de investigación más eficientes

Como parte del apoyo a la investigación que se adelanta en el marco del macroproyecto CATE fase II, en el 2022 Cenicaña inició la adecuación de lotes de la estación experimental para el corte mecanizado. Dichas adecuaciones incluyeron trazado de la ruta de los equipos de cosecha, ampliaciones de callejones, radios de giro en curvas y pases de alcantarillas, reubicación de postes de energía y adecuación de bahía de transbordo.

De manera adicional, se adquirió en convenio con Topcon Brasil un equipo de nivelación de baja potencia guiado por piloto automático que se utilizará en el entrenamiento de operarios.

También en el transcurso del año se amplió el área de disposición de plántulas y se mejoró la disposición final y eficiencia del sistema de riego para contribuir a un proceso de multiplicación de variedades más ágil y oportuno.





aquí vivimos  
el dulce  
sabor del  
conocimiento,  
literalmente

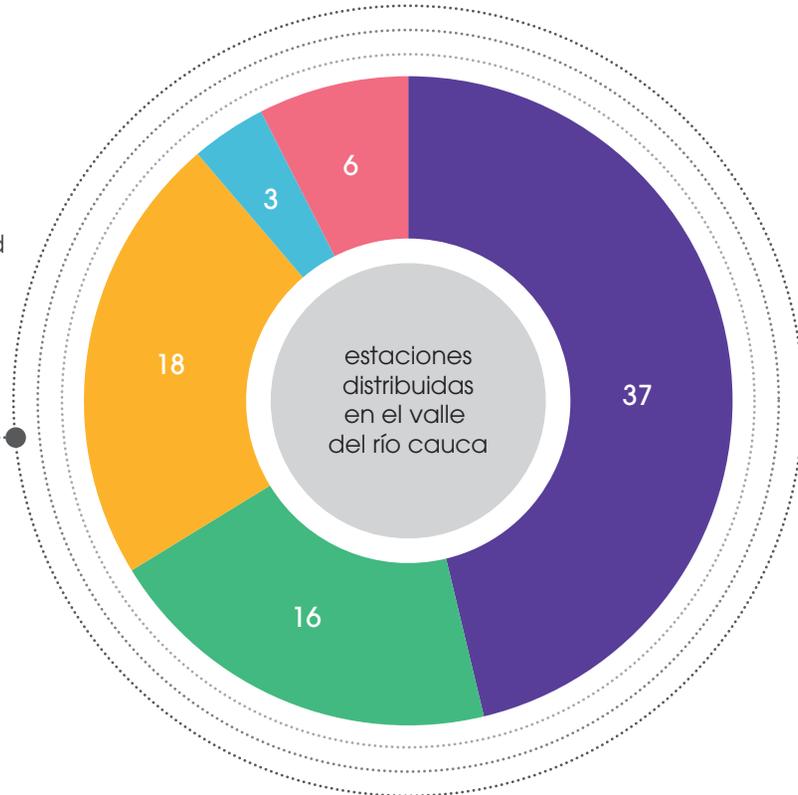


# Redes para una agroindustria 4.0

Tipo de datos



- Red Meteorológica Automatizada (RMA)
- Red internet de las cosas (IoT)
- Red Cinemática en tiempo real (RTK)
- Red cuencas hidrográficas
- Red de Calidad del Aire



**29** años de registros de información

**90** capas cartográficas disponibles

**06** estaciones monitoreadas en tiempo real

**240** dispositivos IoT conectados

**09** pluviómetros complementan datos de precipitación

- Recopilar y transmitir datos de la agroindustria.
- Datos seguros.
- Cenicaña: administra infraestructura y bases de datos.
- Aplicaciones bajo perfiles de usuarios y claves.

## Herramientas y desarrollos



\*Guía de recomendaciones técnicas



## Marco muestral para evaluar porcentaje de floración

Con el fin de evaluar el porcentaje de floración de la variedad CC 11-595 Cenicaña propuso determinar el número de suertes representativas para las edades entre los 5 meses y los 12 meses (n5 hasta n12) en todas las zonas homólogas climáticas para diferentes márgenes de error ( $r=0.01$  hasta  $r=0.2$ ), que se interpretan como porcentaje, 1% hasta 20%.

En ese sentido, se realizó un muestreo estratificado mediante asignación de mínima varianza, dada la alta variabilidad en área que presentaron las suertes de caña.

El muestreo da como resultado, de acuerdo a la edad y al error escogido, el número de suertes a muestrear junto con el área mínima que ellas deban cubrir.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos bajo distintos niveles de error de muestreo para un ingenio de la agroindustria. Como explicación, para una edad de 5 meses con un error  $r$  de  $0.10=10\%$  se requieren 6 suertes (**Tabla 8**) que deben cubrir mínimo 8 hectáreas (**Tabla 9**), en la combinación que mejor le resulte al usuario.

**Tabla 8.** Asignación de mínima varianza del número de suertes a muestrear por estrato.

Edad (meses)	Error				
	1%	5%	10%	15%	20%
5	18	9	6	4	3
6	11	5	3	2	2
7	8	4	2	2	1
8	9	5	3	2	2
9	14	7	4	3	2
10	13	7	4	3	2
11	10	5	3	2	2
12	10	5	3	2	2
Totales	93	47	28	20	16

**Tabla 9.** Asignación de mínima varianza del área mínima a muestrear por estrato.

Edad (meses)	Error				
	1%	5%	10%	15%	20%
5	62	16	8	6	4
6	23	6	3	2	2
7	22	6	3	2	2
8	25	7	3	2	2
9	43	11	6	4	3
10	47	12	6	4	3
11	29	8	4	3	2
12	31	8	4	3	2
Totales	282	74	37	26	20

## Hacia la estandarización de resultados de laboratorios de suelos

Con el objetivo de estandarizar los cálculos de materia orgánica de cinco laboratorios de suelos de la agroindustria se compararon sus resultados con tres mediciones de suelos (muy similares a los del valle del río Cauca) y certificadas a nivel mundial.

En la **tabla 10**, se presentan los resultados obtenidos para los parámetros de interés. Debido a la selección cada 5000 iteraciones el tamaño final de la muestra fue de 220, adicionalmente se calculó el intervalo de confiabilidad o intervalos de mayor densidad (HPD) con un 99% de confianza para la media ( $\mu$ ) y para la varianza ( $\sigma^2$ ). Sin embargo, para efectos del estudio el análisis se centra en la media, siendo el intervalo de confiabilidad calculado bajo un nivel de confianza del 99%, una métrica aceptable en la estandarización de las mediciones obtenidas de los suelos muestreados en los diferentes laboratorios de interés.

 **Tabla 10.** Resultados de la simulación mediante MCMC.

Parámetro	N	Media	Desviación estándar	Intervalo HPD al 99%	
$\mu$	220	2.3195	0.3459	1.4351	3.5258
$\sigma^2$	220	0.5507	1.0507	0.0511	6.7085



Los laboratorios de suelos involucrados en el análisis fueron los del Ingenio Mayagüez, Castilla, Providencia y La Cabaña y Cenicaña.



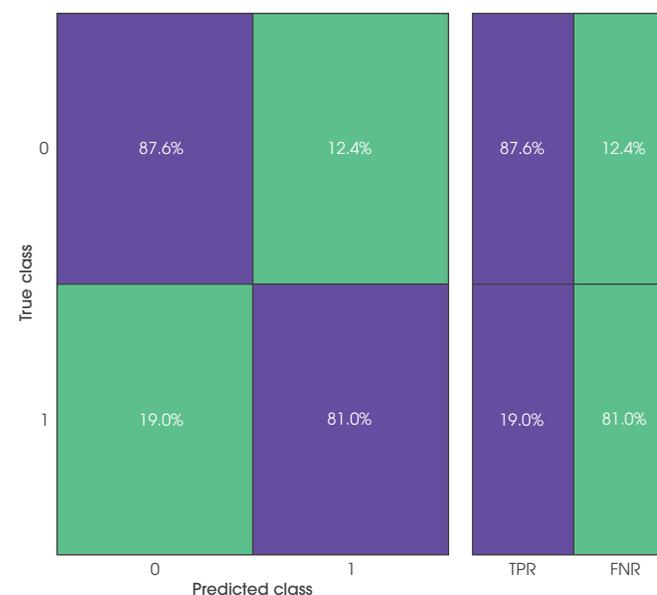
## Modelo de *machine learning* para determinar grado de deterioro en jugos de molienda

Para determinar la calidad microbiológica de los jugos de molienda actualmente se realizan mediciones en laboratorio, cuantificando metabolitos microbianos como ácido láctico, manitol y dextranas. Sin embargo, dado que el tiempo de respuesta está limitado al recurso y duración del análisis, se planteó la necesidad de contar con un indicador en línea para determinar el grado de deterioro y tomar decisiones de manera oportuna.

En ese sentido, Cenicaña realizó un estudio tecnológico para encontrar a escala industrial sensores de parámetros fisicoquímicos (pH, ORP y conductividad) y la cuantificación de metabolitos microbianos (ácido láctico y manitol) para predecir la calidad microbiológica.

A partir de curvas de deterioro obtenidas de diferentes jugos con más de 2500 datos, se entrenaron diferentes modelos de *machine learning* y se encontró un que modelo predice el grado de deterioro del jugo con una precisión de 85.3%. (Figura 55). Este modelo será utilizado en pruebas piloto en un ingenio para su posterior implementación en el sector.

Figura 55. Matriz de confusión y validación del modelo, en donde 1 es clasificado como un jugo deteriorado y 0 un jugo no deteriorado.



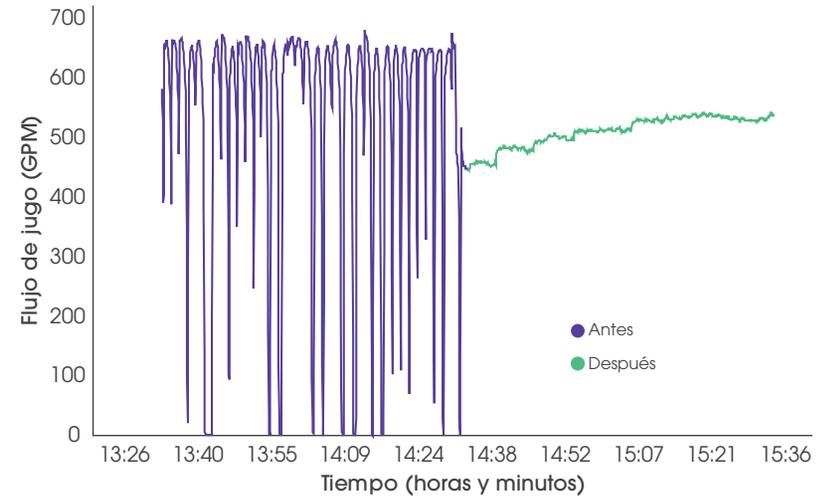
## Estrategias de control de flujo de jugo

El flujo de jugo es uno de los parámetros fundamentales en el proceso de clarificación por su alta influencia en las fases de calentamiento y encalado.

Con un ingenio piloto, Cenicaña diseñó e implementó una estrategia de control de flujo de jugo con el objetivo de garantizar la estabilidad de éste y el nivel ideal para disminuir la posibilidad de rebose y vaciado total.

Tras la implementación, se logró estabilizar el flujo de jugo, al pasar de un coeficiente de variación del 40% al 6%. Este tipo de control es aplicable para cualquier tanque con medición de nivel y flujo de salida (**Figura 56**).

 **Figura 56.** Resultados implementación estrategia de control de flujo.



Variaciones abruptas en el flujo del jugo implica perturbaciones que afectan negativamente la temperatura, el pH de jugo y la operación misma del clarificador.

## Estrategias para reducir la presencia de impurezas en clarificación del jugo

En el 2021, 62% de los ingenios del sector reportaron a Cenicaña problemas en la operación de las plantas de azúcar por un mayor consumo de insumos (cal, floculante, decolorante), mayor tiempo de residencia en clarificador, incrustaciones en calentadores, evaporadores y tachos, aumento de cenizas en azúcar y aumento de color de azúcar.

Según la literatura y algunos estudios de Cenicaña, estos incidentes podrían estar relacionados a una alta presencia de impurezas en materiales de fábrica y representan un gran desafío para la agroindustria en materia de recuperación de sacarosa.

Cenicaña exploró diferentes estrategias operativas y tecnológicas para acompañar a los ingenios en la reducción del impacto de las impurezas en el proceso, como garantizar una pureza adecuada de la cal para evitar la formación de sales que conducen a problemas de agotamiento en tachos y hasta la disminución de la eficiencia fermentativa en la producción de etanol carburante.

En pruebas a escala laboratorio con dos tipos de cales (purezas de 96% y 70%) no se encontró un efecto significativo sobre la turbiedad del jugo claro. Sin embargo, la remoción de minerales (Mg, K, Na) presentes en el jugo,

a través del proceso de clarificación tradicional puede aumentar entre un 50% - 300% al emplear una cal de alta pureza.

Adicionalmente, se evidenció un incremento en el calcio remanente al emplear una cal de pureza menor (70%), posiblemente relacionado con la reacción incompleta y tardía de la cal y los fosfatos presentes en los jugos.

Es necesario continuar el acompañamiento para asegurar la calidad de los insumos e incluir procedimientos claros en la determinación de parámetros como granulometría, óxido de calcio disponible, reactividad y residuo insoluble en ácido clorhídrico.



Las estrategias para reducir la presencia de impurezas en la clarificación del jugo permiten mantener un aporte bajo de impurezas en los insumos de fábrica, garantizar un adecuado proceso de clarificación y reducir los residuales de impurezas minerales que pueden afectar la calidad de mieles vendidas o enviadas a destilería.

## Evaluación a nuevas tecnologías en la estación de evaporación

Conocer la distribución energética de las fábricas y contar con una herramienta para el diagnóstico de los requerimientos de cada área permite dilucidar el efecto de las diferencias tecnológicas acopladas a los esquemas productivos.

En la estación de evaporación se realiza la distribución de las corrientes térmicas en la fábrica, por lo cual en el 2022 Cenicaña trabajó en la identificación de las ventajas y retos asociados a la operación de tecnologías, como los evaporadores *Falling Film* y Multicalandria, en plantas de azúcar del sector.

Estas evaluaciones se realizaron en dos ingenios pilotos en transición tecnológica para comparar los principales indicadores de desempeño y su influencia en factores como pérdidas de sacarosa o tasas de incrustación en contraste a la tecnología tradicional (Robert). **(Figura 57)**

Cada una de las tecnologías permitió potencializar diferentes ámbitos en la estación, y su beneficio está asociado a una serie de requerimientos técnicos, de acuerdo con su principio de operación. Es por ello que se requiere una redistribución de equipos para mantener una operación estable según la disponibilidad de área y variaciones de la fábrica.

Cenicaña consolida con los ingenios los criterios para el adecuado aprovechamiento de las tecnologías, de tal forma que se obtengan mejoras tangibles en los indicadores de desempeño de la fábrica. También avanza en el desarrollo de una herramienta para evaluar las configuraciones de operación y diseño de las estaciones de evaporación y así operar de manera más eficiente.

 **Figura 57.** Comparativo de tecnologías en evaporación.



## Reducción de reprocesos de azúcar en centrífugas

En la etapa de centrifugación, operación en la que se separan los cristales de la miel, se pueden generar reprocesos de azúcar por tres razones diferentes: cristales muy pequeños que pasan a través de la malla de la centrífuga, disolución de cristales por excesos de agua de lavado durante la operación, azúcar residual en el canasto, asociado a deficiencias en el raspado al final del ciclo de centrifugación. El último es el factor que está más asociado a las condiciones operacionales y mecánicas de las centrífugas.

En ese sentido, Cenicaña revisó dos alternativas de raspado (con aire y con cuchilla de arado dual) y en las evaluaciones realizadas en ingenios piloto evidenció que se puede reducir el reproceso del azúcar en el canasto entre 70-80% en función de la condición operativa de la centrífuga. Se proyecta consolidar estos hallazgos para brindar al sector una estrategia concreta de reducción de reprocesos en esta área de la fábrica.



## Segmentación energética en cenizas volantes

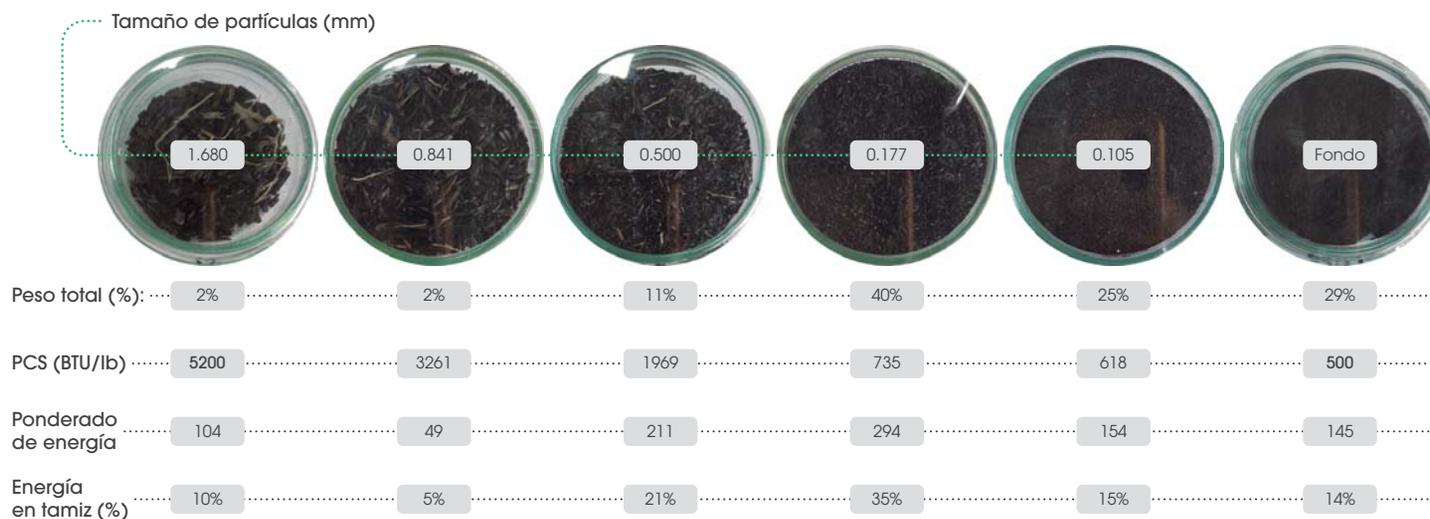
Mantener una combustión estable en el hogar de la caldera es clave para asegurar una baja pérdida energética en las cenizas que van en los gases de combustión. El principal factor que incide en la estabilidad de la combustión es la variación en la calidad del combustible.

Para identificar el impacto de estas variaciones sobre la pérdida de energía por material inquemado, Cenicaña avanza en una caracterización específica en las cenizas volantes para segmentar las muestras por tamaño de partícula y cuantificar la energía perdida en cada segmento. De esta forma se determina la contribución de diferentes alternativas técnicas y operativas en la reducción del material inquemado en las cenizas (Figura 58).

Por medio de este análisis se determinó que las partículas entre 0.5 mm y 1.6 mm tienen alto poder calorífico (entre 1900 y 5000 BTU/lb), pero su proporción másica no supera el 20% de la muestra, mientras que las partículas finas de tamaño menor a 0.17 mm representan el 80% de la muestra, pero su poder calorífico es menor a 1000 BTU/lb.

Cenicaña está acoplando esta caracterización al diagnóstico de desempeño en las calderas del sector, como una herramienta complementaria para comparar diferentes escenarios operativos y determinar los de mayor beneficio energético.

 **Figura 58.** Segmentación energética de cenizas volantes de una caldera del sector.



## Alternativas de remoción de lodos en materia prima hacia fermentación

Los lodos presentes en la materia prima (mieles) son focos de contaminación microbiana por bacterias ácido lácticas, ácido acéticas y levaduras salvajes. Los ácidos orgánicos producto de esta contaminación, en conjunto con los minerales, generan disminución en la eficiencia del proceso fermentativo.

Por lo anterior, en el 2022 Cenicaña evaluó a escala laboratorio la clarificación mediante flotación para la remoción de lodos. Con estas pruebas se estimó que el porcentaje de disminución de cenizas estaría alrededor de 14% y de turbidez, 77%. En contraste, la alternativa de clarificación mediante sedimentación, evaluada a escala industrial, logró una disminución de 15% en cenizas y 75% en turbidez. A pesar de tener desempeños similares, la alternativa de flotación presenta desventaja frente a la sedimentación en cuanto al uso de insumos como son floculante, cal y ácido fosfórico.





# 06 acompañamiento y adopción



## Programa de Aprendizaje y Asistencia Técnica (PAT)

### Diagnóstico de factores que afectan la productividad

Una eficiente asistencia técnica debe partir de un diagnóstico que permita identificar y dimensionar los factores que afectan la productividad en las fincas. Esta información es fundamental para el análisis, formulación y ejecución de planes que contribuyan a reducir las brechas entre la productividad real y el potencial productivo de los predios cultivados con caña de azúcar.

Con este propósito, Cenicaña diseñó un formato de entrevista para recopilar la información a nivel de suerte en cada etapa del proceso de producción, incluyendo indicadores administrativos y sociales.

En el 2022 Cenicaña acompañó a jefes de zona y asistentes de proveeduría de los ingenios en la realización de diagnósticos de los factores que afectan la productividad en 1256 unidades productivas (28,966 hectáreas).



El diagnóstico de factores que afectan la productividad se realiza con una aplicación móvil que permite que el asistente técnico registre las respuestas en el celular, en compañía de la persona que más conoce el manejo del predio (propietario, administrador o mayordomo).

## Capacitaciones en labores y manejo agronómico del cultivo

El Centro de Investigación continuó apoyando a la agroindustria con una oferta de actividades y capacitaciones dirigida a técnicos y agricultores para promover la adopción de tecnologías que permitan avanzar hacia labores más eficientes y a un manejo más sostenible del cultivo. En el 2022 la variabilidad climática y los cambios en la economía post-pandemia generaron intereses específicos de capacitación.

72

### Capacitaciones realizadas

	Número de eventos	Número de ingenios	Número de participantes
Uso eficiente del agua	30	4	326
Variedades CC	6	6	300
Manejo integrado de plagas	12	13	315
Manejo integrado de arvenses	3	3	78
Maduración inducida	6	5	249
Nutrición y fertilización	8	10	470
Mecanización agrícola y AEPS	7	11	243

 522

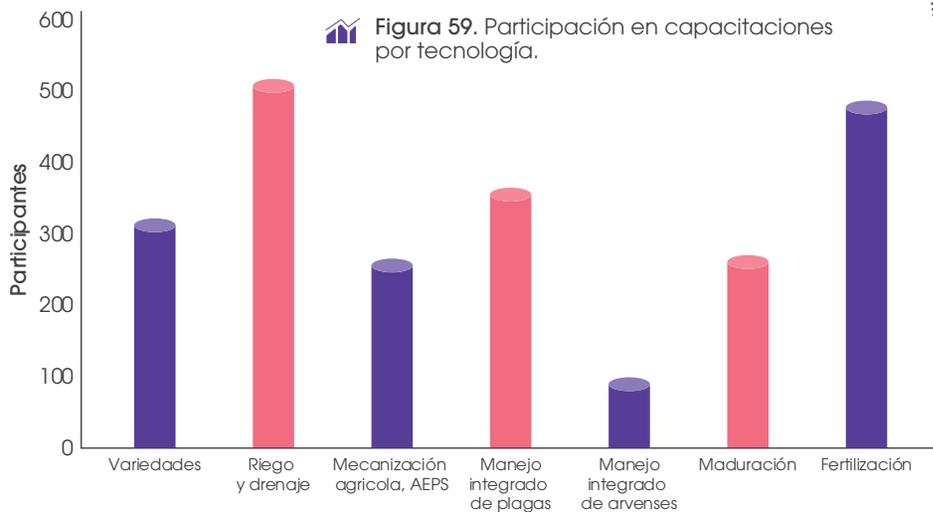
personas entre agricultores y asistentes técnicos de todos los ingenios asistieron al ciclo de foros Actualidad y proyecciones de la Agroindustria, que Cenicaña realizó entre abril y mayo del 2022 con el propósito de socializar sus principales resultados de investigación y conocer las necesidades del sector en cuanto a tecnologías para el manejo del cultivo.



## 126

### Eventos realizados

	Número de eventos	Número de participantes
Webinar	2	148
Programa de aprendizaje y asistencia técnica (PAT)	90	1302
Grupos de transferencia de tecnología (GTT)	22	1010
Foros	7	663
Círculos de agricultores innovadores	5	144



## Planes intensivos para la formación

Cenicaña diseñó y ejecutó un plan intensivo de capacitaciones dirigidas a profesionales y técnicos de la agroindustria y entidades aliadas para mejorar las competencias del recurso humano del sector en cuanto al manejo del cultivo y el proceso productivo.

Un primer grupo correspondió a 22 nuevos profesionales de los ingenios, que recibieron capacitación en temas de fitomejoramiento, entomología, biotecnología, fitopatología, fisiología, maduración, mecanización, nutrición y fertilización, manejo de aguas, procesos de fábrica, analítica, agrometeorología y transferencia de tecnología.

También en 2022 concluyó la capacitación a un grupo de instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), iniciada en noviembre de 2021, como parte de la participación de Cenicaña en el Programa sectorial Compromiso Rural.

Entre noviembre del 2021 y abril del 2022 se realizaron seis jornadas teórico - prácticas sobre zonificación agroecológica y su importancia para el enfoque de Agricultura Específica por Sitio (AEPS), semilleros, siembra y dinámica de crecimiento del cultivo, sistemas de riegos y programación, manejo integrado de arvenses, evaluación del daño ocasionado por *Diatraea*, control administrativo del riego, corte de caña, alce, transporte y entrega en fábrica y manejo del drenaje en tierras de uso agrícola.



## Estrategias para la adopción de tecnologías

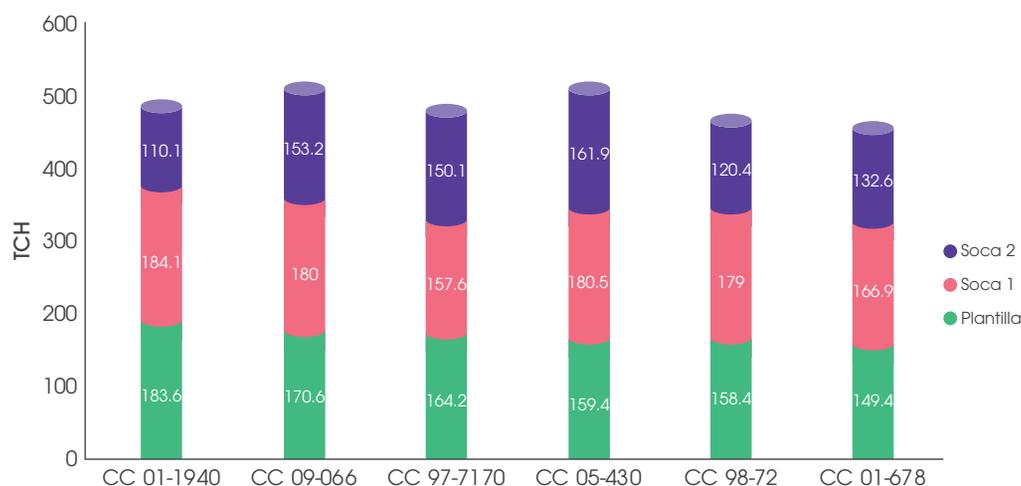
### Área demostrativa de variedades CC

Las áreas demostrativas son una estrategia para promover la diversidad varietal con el objetivo de incrementar la productividad y evitar riesgos fitosanitarios en la agroindustria.

En el 2018 Cenicaña estableció un área demostrativa de 7.3 hectáreas para observar la productividad de cinco variedades de ambiente semiseco, en comparación con CC 01-1940 bajo manejo comercial.

En un análisis de los resultados de productividad de los primeros tres cortes se destacaron las variedades CC 05-430 y CC 09-066 con un indicador de TCH acumulado superior al de CC 01-1940 por más de 23 toneladas. **(Figura 60).** Estas dos variedades han sido las más sembradas en los planes de renovación de ambiente semiseco en los últimos dos años.

 **Figura 60.** Análisis de productividad área de validación. Tres cortes.



Los círculos de agricultores innovadores continuaron durante 2022 como una estrategia de mercadeo para impulsar la transferencia de tecnologías y prácticas para un adecuado manejo del cultivo. En el año 2022 se realizaron cinco días de campo en los que los cultivadores compartieron sus experiencias.

## Mezclas varietales

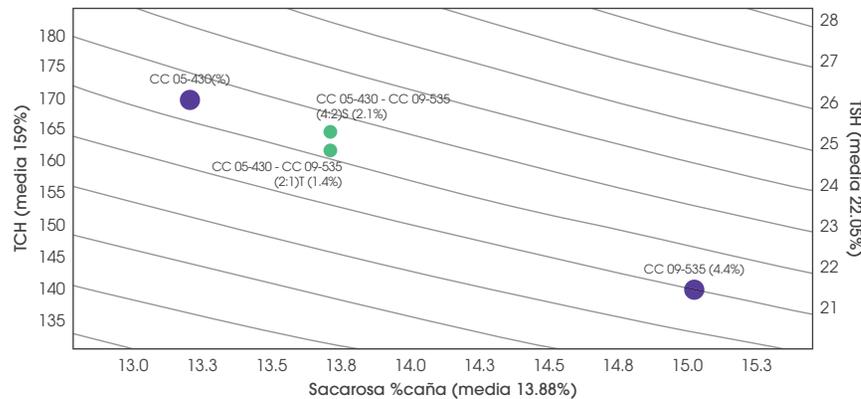
Cenicaña empezó a evaluar la mezcla de variedades, con altos tonelajes de caña por hectárea y altos contenidos de sacarosa, como una estrategia que responda a las necesidades incrementar productividad y rentabilidad de la agroindustria.

En el 2022 se cosechó una plantilla de mezclas varietales (CC 05-430 y CC 09-535) y se evaluaron diferentes tratamientos en los que se utilizó una proporción 50:50 de cada una de las variedades. En uno de los tratamientos la semilla se mezcló al interior del surco (2 trozos de CC 05-430 x 1 trozo de CC 09-535), en el segundo tratamiento la semilla se arreglo por surcos (4 surcos de CC 05-430 y dos surcos contiguos de CC 09-535) y las variedades individuales fueron sembradas y utilizadas como testigos para contrastar los indicadores de productividad de las mezclas.

Respecto a la maduración, CC 09-535 presentó mayor acumulación de sacarosa, seguida del de la mezcla varietal arreglada a lo largo del surco (4x2 en surcos) y de la mezcla de trozos dentro del surco (2x1 en trozos). La variedad CC 05-430 mostró menor acumulación desde los 9 meses hasta los 12.2 meses de edad.

Un análisis económico, bajo el modelo de negocio de tierras propias y la variedad CC 05-430 como testigo, mostró que el tratamiento por surcos presentó una rentabilidad superior al 2.1%; el tratamiento por trozos mostró una utilidad superior al 1.4%; y la variedad CC 09-535 generó mayor rentabilidad bajo este mismo modelo de negocio, superior en 4.4% a la variedad CC 05-430. (Figura 61).

 **Figura 61.** Curva de isoproductividad de la mezcla varietal de CC 05-430 y CC 09-535 (plantilla).



Durante este 2022 el área sembrada de mezclas varietales ocupó un área de 5197 hectáreas, lo que equivale al 2.2% del área total.



## Macroproyecto CATE II: integración y capacitación

En el marco del Macroproyecto CATE II, Cenicaña desarrolló un esquema de integración y fortalecimiento con la agroindustria que comprende su socialización a grupos de interés, la identificación de necesidades y visitas técnicas a la cosecha para evaluar la calidad de las operaciones, corte y trozado, las condiciones de campo y el cuidado del cultivo. Con base en un informe técnico los equipos de cosecha de los ingenios en conjunto con Cenicaña desarrollan un plan de trabajo.

En 2022 diez ingenios se integraron en el esquema propuesto, gracias a lo cual se contempla que la evaluación de corte y la medición de calidad de trozo sea un indicador de la gestión de la cosecha mecanizada.

Cenicaña ofreció un curso en cosecha mecanizada dirigido a los responsables de la operación de los frentes de cosecha de la industria, jefes de sección, supervisores y coordinadores.



En total fueron capacitadas  
163 personas, entre personal  
administrativo y operativo de  
los ingenios.



## Adopción y avances en tecnologías para procesos fabriles en 2022

01

### CeniCristal

Implementación en 12 ingenios.

Reestructuración del algoritmo para reducir en 60% el tiempo para la medición de masas y producto terminado y en 80% para la medición de *slurry*, alcanzando resultados en un tiempo inferior a 30 segundos.

Su uso ha contribuido a la estandarización de metodologías, inversiones en equipos y mantenimiento y la asignación de recurso humano permanente en laboratorio.

02

### Ceniprof 3.0

Continuó la estrategia de transferencia de Ceniprof en su versión 3.0, con 2 sesiones presenciales (Elaboración y Refinería, Calderas y Cogeneración) e interacciones personalizadas con personal de las fábricas de los ingenios.

Priorización del desarrollo de módulos específicos de calentamiento, clarificación y filtración y evaporación, que permitirán al usuario establecer diferentes estructuras de cálculo de acuerdo con su requerimiento propio.

03

### Balance de sacarosa

Acompañamiento a seis ingenios en la revisión de fuentes de pérdidas indeterminadas aparentes (modelo de cálculo, desempeño de la medición, muestreo representativo y aseguramiento metrológico) y capacitación de personal técnico y profesional involucrado en el aseguramiento del balance.

04

### Estrategia de control

Diagnóstico a un ingenio del sector con oportunidad de mejora en la estabilidad del nivel de chute del primer molino.



Gracias a la alta confiabilidad en el tamaño y distribución de los cristales y los bajos tiempos de análisis que ofrece Cenicristal, hoy los laboratorios de cristalografía de los ingenios ofrecen información fundamental para tomar decisiones que permitan una cristalización más eficiente.



05

### Cenimol

Cálculos de ajustes para molinos de tres ingenios con oportunidades de mejora en la configuración de los molinos.

06

### Modelo de imbibición en línea

Validación en un ingenio para la medición continua del flujo de bagazo por báscula.

07

### Modelación por elementos finitos

Soporte a cuatro ingenios contribuyendo a la confiabilidad de diferentes equipos y elementos de máquina como ejes de desfibradora, cajas de molinos, grúas de hilo y cascos de mazas.

08

### Laboratorio móvil

Acompañamiento a dos ingenios para la determinación de pérdidas de sacarosa entre corte y molienda, pérdidas de sacarosa en mesas de caña y curvas de extracción en molinos.

09

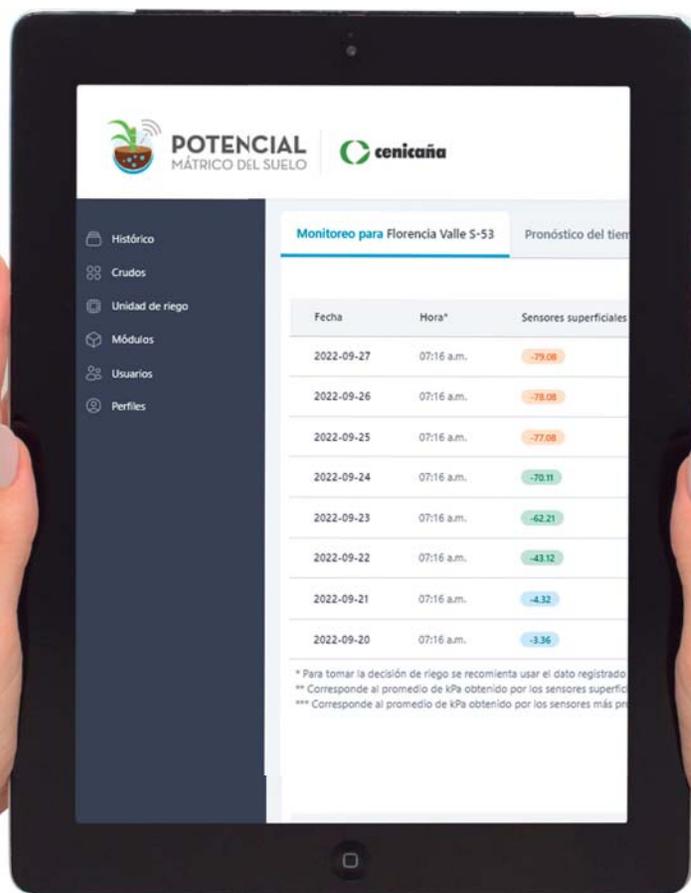
### Estrategias de control de flujo y temperatura de jugo en clarificación y en evaporación los controles de nivel y brix

Acompañamiento a cuatro ingenios para mejorar estabilidad en procesos y contribuir a la recuperación de sacarosa y consumos energéticos.



### En el 2022

se realizaron mejoras a Cenimol con nuevas herramientas que facilitan la adopción de ajustes por medio de la generación optimizada de planos de molinos y estimaciones del desempeño de extracción. También se desarrolló el modelo dinámico de un primer molino para hacer diferentes simulaciones. Este modelo abre la puerta para su implementación como digital twin en el marco de la industria 4.0.



## Apoyo para la transferencia de tecnología

Los programas y estrategias de transferencia de tecnología impulsados por Cenicaña están soportados en la gestión de herramientas y canales digitales, desde donde se administran los servicios de información en web y contenidos disponibles para los usuarios de la agroindustria en las áreas agrícolas y de procesos fabriles.

En el 2022 Cenicaña fortaleció esa gestión con plataformas tecnológicas especializadas en mercadeo, ventas y servicio al cliente para mejorar la eficiencia y alcance de las estrategias implementadas para la adopción.

Adicionalmente se desarrollaron piezas digitales para ofrecer contenido de valor que respalde la adopción tecnológica. En este sentido se avanzó en la estructuración de material en formato video podcast.

 **Plataforma**  
potencial  
mátrico  
del suelo





creemos  
en las sonrisas  
dulces que  
impulsan las  
ideas





# 07 diversificación



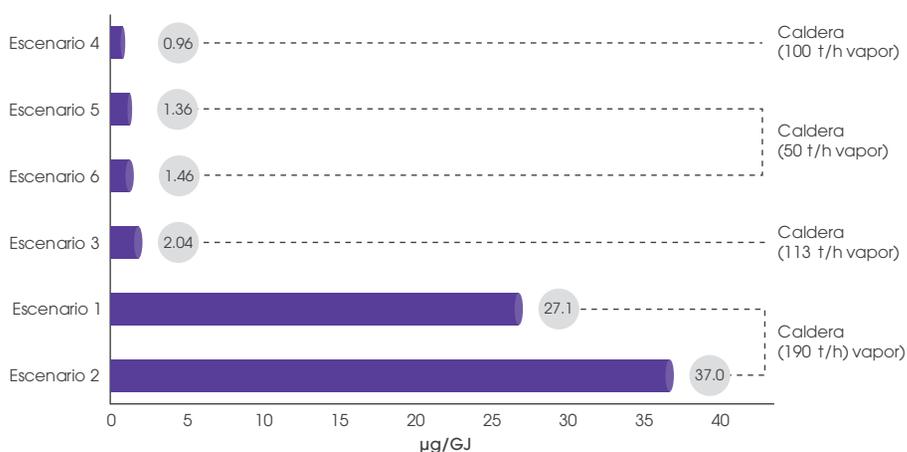
## Aprovechamiento del RAC y las cenizas de combustión en las calderas

En el marco del proyecto denominado “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” desarrollado por Cenicaña y financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se evaluó el impacto del uso de combustibles de biomasa derivada de la caña de azúcar en los sistemas de generación de vapor, considerando aspectos técnicos y ambientales. También se identificaron alternativas para el aprovechamiento de las cenizas de combustión.

### Se lograron los siguientes resultados:

- La caracterización de diferentes combustibles empleados en la industria (bagazo, residuos agrícolas de cosecha (RAC) y carbón) así como los residuos de la combustión (cenizas volantes y escoria de parrilla) permitió identificar que los principales elementos precursores de la incrustación en las calderas son el potasio (K), el azufre (S), el silicio (Si) y el cloro (Cl).
- Se evaluaron 6 escenarios de combustión en 4 calderas del sector. En cada escenario se cuantificó la tasa de incrustación (microgramos y energía consumida). (Figura 62).

 **Figura 62.** Tasa de incrustación bajo diferentes escenarios.



- Se evaluó el lavado del RAC a escala semi-piloto y se identificó que lavarlo con agua a 28°C durante 15 minutos con una relación peso a peso de agua de lavado/residuos de 15, mejora considerablemente las condiciones para la combustión, al remover fácilmente la mayoría de sales solubles como silicio, hierro, potasio y el cloro.
- Se identificó que las cenizas volantes tienen elevado potencial de aplicación para reemplazo del cemento bajo la norma NTC 3493. Sin embargo, deben reducirse la cantidad de material inquemado por debajo del 12%, a partir de alternativas técnicas en la combustión de las calderas.
- Se evaluó el impacto de la incorporación de las cenizas volantes de un ingenio sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. La adición de las cenizas en dosis altas y bajas no presentó un efecto significativo sobre las propiedades fisicoquímicas estudiadas de los suelos de la consociación Palmira y Tifton.



## Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para la producción de biomoléculas

Cenicaña avanzó en una primera etapa de la evaluación de la producción de xilosa a partir de residuos agrícolas de cosecha, alcanzando rendimientos de 89%

Mediante tratamientos fisicoquímicos y biotecnológicos es posible extraer de los residuos azúcares simples, principalmente xilosa y glucosa, moléculas precursoras de múltiples compuestos químicos, entre ellos edulcorantes no calóricos como xilitol, eritritol o sorbitol.

Con los rendimientos logrados se estima que la agroindustria de la caña en Colombia tendría el potencial de producir 357,000 toneladas de xilosa por año.

Cenicaña proyecta seguir trabajando en la extracción de glucosa mediante rutas biotecnológicas aprovechando éste, y otros subproductos lignocelulósicos generados en toda la cadena productiva.



## Avances en la producción de biopolímeros microbianos: pululano

Como parte de la investigación en la producción de pululano Cenicaña evaluó variaciones en el medio de cultivo en función de la fuente de nitrógeno, con el objetivo de disminuir el contenido proteico del producto final y asegurar las características físico químicas establecidas.

Se seleccionaron y evaluaron 12 diferentes fuentes de nitrógeno, entre las que se destacaron la leche de soya, el nitrato de calcio y la peptona, por su efecto positivo en la producción de pululano.

- **Leche de soya:**  
0.18 g pululano/g sustrato
- **Nitrato de calcio:**  
0.05 g pululano/g sustrato.

Se proyecta evaluar la fermentación con niveles superiores de aireación para incrementar el rendimiento y establecer la viabilidad técnica y económica de producción de pululano a partir del azúcar.





# 08 apropiación social del conocimiento



## Gestión interinstitucional para el sector panelero

Como parte del compromiso de la agroindustria con el sector panelero colombiano Cenicaña participó y colaboró en diferentes actividades durante el 2022, con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Fedepanela, Agrosavia, ICA, SENA, Universidad de Amazonía y UNOP, entre otras.

### Intercambio de conocimiento y transferencia de tecnología

- Diplomado en caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para producción de panela en la Universidad de la Amazonía, en Florencia, Caquetá: se ofrecieron las conferencias identificación y monitoreo de enfermedades en caña de azúcar y variedades de caña azúcar, características morfológicas y manejo agronómico.
- Sexto taller interinstitucional sobre caña de azúcar para la producción de panela en Colombia, donde se formó la Red de semilleristas de caña de azúcar para la producción de panela de Colombia
- Taller de fortalecimiento al sistema de semillas en el subsector panelero de Colombia para agricultores del Cauca y Valle del Cauca.
- Entrega a la Universidad de la Amazonía de plantas de las variedades CC 88-584, CC 10-450, CC 10-476, CC 11-595, CC 11-600, CC 12-2120, CC 12-2121, CC 13-2014, CC 13-2035, CC 13-2166, CC 13-2183, CC 13-2196, CC 13-2250, CC 14-3296 y CC 14-3358 para establecimiento de semilleros básicos para pruebas agronómicas.
- Participación en la clausura del proyecto Fortalecimiento del sector panelero mediante investigación e innovación agrícola y agroindustrial en el departamento de Nariño.

## Gestión de conocimiento

- Proyecto Fortalecimiento de la cadena panelera en el municipio de Santander de Quilichao, corregimiento de Domingullo - Fase II.
- Colaboración en la producción del texto Avances de investigación para la agroindustria panelera.
- Experiencias extrapolables al subsector panelero para aumentar su productividad y garantizar la sostenibilidad, en revisión para su publicación en libro de Agrosavia.
- Apoyo en la inscripción de las variedades C 93-7711, CC 93-4181, CC 97-7170 y CC 01-1940 en el registro nacional de cultivares como variedades de caña de azúcar para la producción de panela.



### En el 2022

se reportaron 4219 hectáreas sembradas con la variedad CC 93-7711 en los departamentos de Santander, Boyacá y Antioquia, superando en 10 toneladas por hectárea el rendimiento de la variedad tradicional RD 75-11.



## Macroproyectos de investigación para la agroindustria

Cenicaña continuó priorizando frentes de investigación de acuerdo con los requerimientos de la agroindustria en cuanto a rentabilidad y sostenibilidad y, con la asesoría metodológica de Isaacs SAS, formuló dos macroproyectos dirigidos a aumentar la adopción de tecnologías a través de prácticas sostenibles y al aprovechamiento de las ventajas de la agricultura digital y las nuevas tendencias tecnológicas.

Los macroproyectos de investigación se formularon con la participación de ingenios y cultivadores a través de foros y talleres de World café.



'Apropiación social del conocimiento: Comprensiones y oportunidades para su desarrollo en Cenicaña' fue la charla organizada por Cenicaña dirigida a líderes de líneas de investigación y servicios en Cenicaña con el propósito de generar conciencia y construir capacidades en investigadores, financiadores y sociedad civil sobre los criterios para el desarrollo de actividades de apropiación.

## Innovación para la sostenibilidad

### Macroproyecto Adopción de tecnologías para la innovación y la sostenibilidad

**05**  
Acciones

Cultivadores con  
apertura al cambio  
tecnológico ————— **48** Meses

Eficiente servicio  
de asistencia técnica ————— **48**

Adecuado  
mercadeo ————— **36**  
de tecnología

Entrega de  
tecnologías ————— **24**  
maduras

Adecuada  
documentación ————— **36**  
de las tecnologías

**Objetivo:**  
Alcanzar 60 %  
de los techos  
de adopción  
definidos para  
cada tecnología  
lanzada por  
Cenicaña  
en 60 meses.

### Macroproyecto Agricultura 4.0

**10**  
Proyectos

 Tecnologías  
geoespaciales

 Agricultura  
específica  
por sitio (AEPS)

 Redes de  
telecomunicaciones

 Agricultura  
de precisión

 Internet de las  
cosas (IoT) e  
Inteligencia  
artificial (IA)

 Modelos  
de decisión

 Automatización  
de procesos  
de fábrica

 Mantenimiento  
predictivo

 Optimización  
de procesos  
en tiempo real

 Integración  
de procesos de  
Agroindustria 4.0

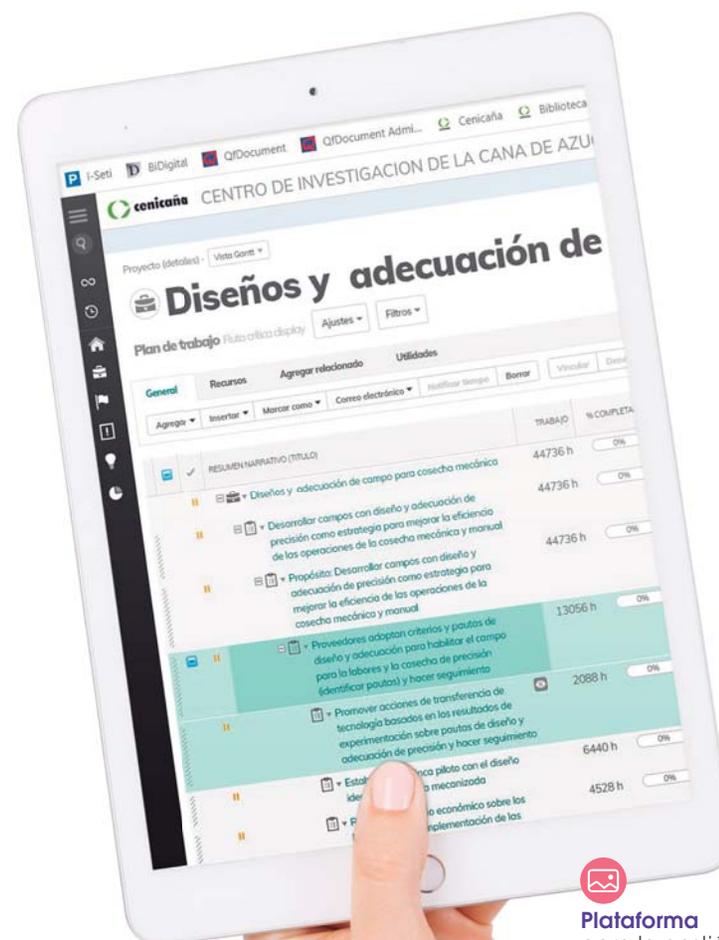




## Sistema de Gestión de Proyectos

Cenicaña concentró sus esfuerzos en la evaluación, selección y parametrización de la nueva plataforma para gestión de proyectos en Cenicaña *Planview Clarizen*, que reemplazará a la versión desarrollada en el 2011.

Con la nueva herramienta el Centro de Investigación espera mejorar los procesos de formulación, gestión y cierre de proyectos, la integración de información técnica y financiera y de seguimiento a indicadores, recursos, riesgos y resultados.



**Plataforma**  
para la gestión  
de proyectos.

## Participación en XII Congreso Tecnicaña

Un total de 43 trabajos presentó Cenicaña en el XII Congreso de Tecnicaña, consolidándose como un referente en ciencia, tecnología e innovación entre las principales agroindustrias de caña de azúcar de América Latina.

Entre el 14 y 16 de septiembre, Cenicaña compartió con asistentes de más de 24 países sus principales avances en el desarrollo de variedades de caña de azúcar más resilientes, la implementación de prácticas y experiencias para un manejo más sostenible del cultivo y en la búsqueda de alternativas para aprovechar el potencial que ofrece la caña de azúcar.

Previamente, el 12 de septiembre, Cenicaña acogió a cerca de 300 asistentes al Pre Congreso de Tecnicaña quienes hicieron un recorrido por la Estación Experimental para conocer diferentes frentes de investigación, especialmente relacionados con los avances hacia una agroindustria 4.0.



### Reconocimientos

Diagnóstico de factores limitantes y reductores de la productividad como una herramienta para la toma de decisiones en el cultivo de caña de azúcar.

*Autores:*

*María Claudia Pizarro y Camilo Isaacs.*

Caracterización de los depósitos generados en la combustión de RAC, bagazo y carbón en calderas del sector colombiano.

*Autores:*

*William Ojeda, Andrés Felipe Ospina, Thomas Pantoja y Nicolás Gil.*

Diseño de un sistema remoto de medición de energía soportado sobre la red IoT del sector agroindustrial de la caña.

*Autores:*

*Jorge Celades, José Luis Rivas y Julián Lucuara (Ingenio Carmelita)*



## Código de Ética y educación en línea

- En el 2020 Cenicaña conformó el Comité de Ética para la valoración de aspectos éticos, bioéticos y de integridad científica relacionados con las propuestas de proyectos de investigación.

Como parte de la gestión del Comité, en el 2022 se publicó el Código de Ética, Bioética e Integridad Científica de Cenicaña y se divulgó internamente para continuar impulsando una cultura basada en las buenas prácticas en investigación, respeto al medio ambiente y a los sujetos de investigación.

- Un grupo de 23 profesionales de Cenicaña realizaron el diplomado en Gerencia de proyectos con la metodología Project Management Institute (PMI). En total, Cenicaña ha capacitado a 50 profesionales, entre investigadores y personal de servicios de apoyo, para desarrollar proyectos con un enfoque sistémico y acorde con las tendencias internacionales.

comité de  
**ética**

- A través de la plataforma Platzi, colaboradores del Centro tomaron más de 270 horas en 81 cursos de inglés, excel, *Data Science*, inteligencia artificial, programación en *Java*, *Django*, gestión documental, fotografía y manejo efectivo del tiempo, entre otros.

Como parte del entrenamiento para investigadores y desarrolladores de la agroindustria Cenicaña organizó una jornada de socialización en aspectos legales sobre derechos de autor de *software* con la firma *Lean-Case*.



El Ministerio del Interior, a través de la Oficina de Derechos de Autor, otorgó el certificado de Registro de Soporte Lógico-software a la obra Cenicristal. Cenicristal es un software basado en visión artificial que permite obtener datos confiables sobre el tamaño de cristal y que actualmente se utiliza en empresas de la agroindustria.

## Acciones para la visibilidad y el posicionamiento

En el 2022 la estrategia de comunicación de Cenicaña se enfocó en contribuir a la visibilidad y posicionamiento del Centro y de la agroindustria colombiana de la caña de azúcar, como un sector que aporta al cumplimiento de las metas de país en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) a través de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación.

En ese sentido, se impulsaron acciones de comunicación alrededor de temas como Agroindustria 4.0, sostenibilidad, variabilidad climática y diversificación, especialmente, a través de:

### Redes sociales:

En todas nuestras redes sociales al 2022:

- 31,465 seguidores
- 970,256 vistas

Publicaciones en Instagram y Facebook:

- 483 publicaciones
- 429 historias



## Medios de comunicación

16 publicaciones en medios de alcance local, regional y nacional.

## Espacios ciudadanos

Participación en diferentes eventos:

- Panel de la Segunda Cumbre de Inteligencia Artificial Colombia (Prisa Media, Banco de Bogotá y Huawei).
- II Feria Internacional de Innovación Agropecuaria El Campo Innova (MinAgricultura).
- Congreso Bi-ON 2022 (Cámara de Comercio de Cali).
- Gran Vitrina Verde (CVC).

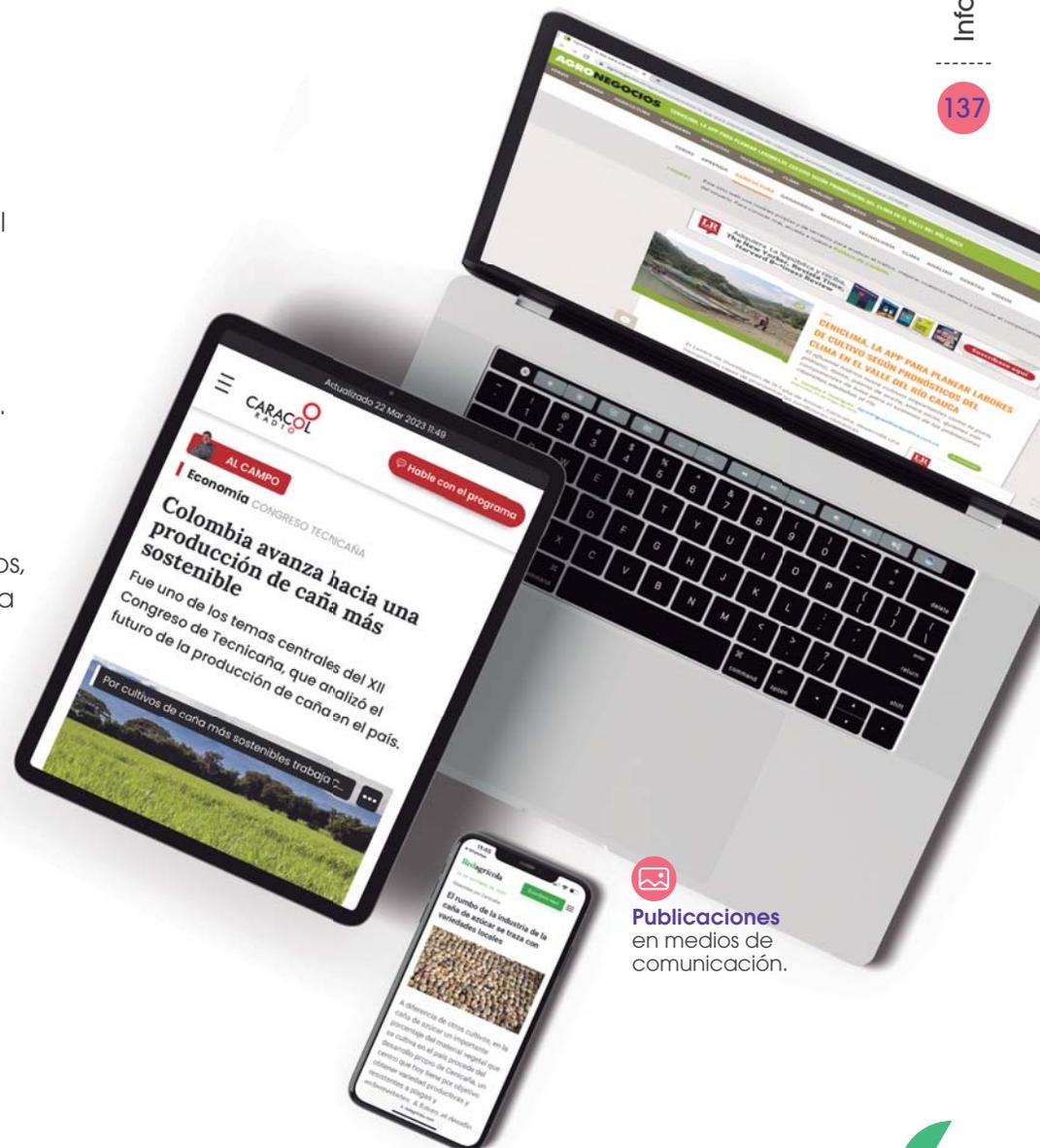
## Atención de visitas

Más de 500 personas, la mayoría estudiantes universitarios, fueron atendidos en Cenicaña por diferentes áreas para compartir resultados de investigación.

## Redagrícola



Escanee el Qr para consultar la publicación de Red Agrícola.



Publicaciones en medios de comunicación.



## Nueva identidad de marca

La agencia y consultora independiente especializada en estrategia, diseño y gestión de marcas Máxima Brands asesoró y acompañó a Cenicaña en el transcurso del 2022 en la construcción de su nueva identidad de marca.

En ese proceso, la agencia realizó un ejercicio de *benchmarking*, entrevistas, talleres y diseño para alinear la planeación estratégica institucional 2022 - 2026 a una promesa de marca que será la base de la comunicación e identificación de Cenicaña en los próximos años.



# contenido

Anexo

- 01 Productividad de variedades  
Cenicaña Colombia (CC)  
Pág. 140
- 02 Servicios de sanidad  
vegetal  
Pág. 143
- 03 Inventario pivotes registrados  
en el valle del río Cauca  
Pág. 146
- 04 Servicios de laboratorios  
Pág. 147

- 05 Registro fotográfico  
Pág. 148
- 06 Círculos de agricultores  
innovadores  
Pág. 151
- 07 Comités de investigación  
Pág. 152
- 08 Convenios y acuerdos  
de cooperación  
Pág. 158
- 09 Capital humano  
Pág. 159
- 10 Artículos publicados  
en revistas indexadas  
Pág. 160
- 11 Documentos registrados  
en biblioteca  
Pág. 162

Anexo 1.

## Productividad de variedades Cenicaña Colombia (CC)

Zona agroecológica	Variedad	Suertes	Area cosechada (h)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Rendimiento comercial (%)	Edad (m)	Corte
10H3	CC 01-1940	276	2657	113	11.9	8.1	0.85	10.6	14.5	5.1
	CC 85-92	159	1169	115	12.4	8.0	0.87	10.8	14.8	10.7
	CC 11-595	34	287	105	11.4	7.7	0.83	10.9	14.5	1.8
	CC 05-430	25	225	128	12.7	10.2	1.00	9.9	12.9	1.5
	CC 11-600	37	198	129	13.7	9.2	0.98	10.6	14.5	1.9
	CC 93-4418	27	185	122	12.7	8.7	0.90	10.4	14.4	8.1
11H0	CC 01-1940	476	5,234	126	13.5	9.5	1.01	10.6	13.5	4.8
	CC 85-92	280	2747	118	12.5	8.7	0.92	10.6	13.9	11.8
	CC 05-430	234	2202	159	15.7	11.8	1.17	9.9	13.7	1.7
	CC 93-4418	95	884	122	12.9	9.3	0.98	10.6	13.3	8.5
	CC 09-066	40	415	159	15.7	12.3	1.21	9.8	13.0	1.5
	CC 01-746	31	371	126	12.8	9.8	0.99	10.1	13.1	6.8
	CC 01-1228	24	332	133	14.0	10.5	1.11	10.5	12.7	8.9
	CC 01-678	34	263	133	14.2	9.9	1.06	10.7	13.6	4.6
11H1	CC 01-1940	689	6223	121	12.8	9.2	0.97	10.5	13.4	5.0
	CC 05-430	316	2987	150	15.0	11.5	1.15	10.0	13.3	1.9
	CC 85-92	279	2291	114	12.0	8.4	0.89	10.6	13.8	11.6
	CC 93-4418	140	1414	117	12.3	9.2	0.96	10.5	12.9	8.1
	CC 09-066	65	470	161	15.4	12.0	1.15	9.5	13.8	1.5
	CC 01-678	74	401	118	12.6	9.2	0.98	10.6	13.0	3.5
	CC 01-746	27	347	121	12.8	9.4	1.00	10.6	13.0	6.8
	CC 11-600	25	238	124	12.5	9.4	0.95	10.1	13.5	2.3
	CC 11-595	29	228	126	12.3	9.5	0.93	9.7	13.7	2.3



Zona agroecológica	Variedad	Suertes	Area cosechada (h)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Rendimiento comercial (%)	Edad (m)	Corte
11H2	CC 01-1940	311	2742	103	10.9	7.9	0.83	10.6	13.4	5.1
	CC 85-92	161	1053	111	11.6	7.9	0.83	10.5	14.5	12.1
	CC 05-430	103	850	135	13.7	10.2	1.03	10.2	13.5	1.8
	CC 93-4418	74	478	105	10.8	8.4	0.86	10.3	12.7	7.8
	CC 11-600	42	383	110	11.1	7.8	0.79	10.1	14.5	3.2
	CC 11-595	37	329	119	12.0	9.3	0.94	10.1	13.1	2.5
	CC 01-678	20	122	107	11.4	8.8	0.94	10.7	12.2	4.3
11H3	CC 01-1940	565	2796	93	9.3	7.7	0.77	10.0	12.3	5.8
	CC 05-430	238	1263	125	11.7	10.3	0.96	9.4	12.4	1.7
	CC 85-92	275	1068	97	10.0	7.7	0.79	10.3	12.7	15.1
	CC 93-4418	135	683	97	9.8	8.2	0.82	10.1	11.9	7.9
	CC 11-595	112	565	114	10.9	9.4	0.90	9.6	12.4	2.9
	CC 11-600	72	364	103	9.7	8.1	0.76	9.5	13.3	2.9
	CC 00-3257	19	129	102	9.9	8.9	0.86	9.7	11.6	5.9
15H1	CC 01-1940	110	1266	131	13.6	10.0	1.03	10.4	13.5	5.3
	CC 85-92	60	607	120	12.6	8.5	0.89	10.5	14.5	11.7
	CC 05-430	46	456	159	16.2	12.2	1.24	10.1	13.1	1.9
	CC 93-4418	16	176	123	12.5	8.9	0.91	10.2	14.0	7.1
1H1	CC 01-1940	181	1815	118	13.0	8.5	0.94	11.0	14.2	4.8
	CC 85-92	83	493	122	13.4	7.6	0.84	11.0	16.4	8.5
	CC 05-430	29	316	139	14.9	9.3	1.01	10.7	15.2	1.3
	CC 11-600	21	179	118	11.6	8.3	0.83	9.8	14.7	1.8

Zona agroecológica	Variedad	Suertes	Area cosechada (h)	TCH	TAH	TCHM	TAHM	Rendimiento comercial (%)	Edad (m)	Corte
5H3	CC 01-1940	230	1931	111	11.8	7.9	0.84	10.6	14.5	5.1
	CC 85-92	84	560	111	12.1	7.6	0.82	10.9	15.1	10.6
	CC 11-600	34	263	108	10.9	8.2	0.83	10.1	13.6	2.0
	CC 93-4418	16	125	111	10.9	7.5	0.74	9.8	15.1	6.6
	CC 11-595	12	112	128	13.7	9.2	0.99	10.7	14.0	1.4
6H1	CC 01-1940	1161	11,299	127	13.7	9.5	1.02	10.8	13.6	4.9
	CC 85-92	437	4018	118	12.9	8.5	0.94	11.0	14.1	11.0
	CC 05-430	391	3493	152	15.6	11.3	1.15	10.3	13.8	1.8
	CC 93-4418	94	853	126	13.7	9.5	1.03	10.9	13.5	8.0
	CC 11-600	86	663	122	13.0	8.8	0.95	10.7	14.1	2.4
	CC 09-066	36	346	159	15.8	12.0	1.19	9.9	13.5	1.7
	CC 01-1228	26	344	136	14.5	10.9	1.16	10.7	12.5	9.3
	CC 01-678	45	324	125	13.3	9.8	1.04	10.7	12.9	4.2
	CC 97-7170	27	259	122	13.0	9.4	1.00	10.7	13.1	6.3
	CC 11-595	35	232	125	12.8	9.7	0.99	10.3	13.1	2.0
CC 01-746	25	198	117	12.7	9.2	1.00	10.8	12.9	6.0	
6H2	CC 01-1940	214	2001	108	11.2	8.1	0.84	10.4	13.5	4.6
	CC 05-430	71	639	132	13.2	10.0	1.00	10.0	13.4	1.8
	CC 85-92	52	376	98	10.3	7.1	0.75	10.5	14.3	12.0
	CC 11-595	45	354	110	11.1	8.3	0.84	10.1	13.5	1.8
	CC 93-4418	36	292	111	11.6	8.1	0.85	10.4	14.0	7.0
	CC 11-600	24	201	107	11.2	8.0	0.84	10.5	14.1	2.3



Anexo 2.

## Servicios de sanidad vegetal

### Servicio de Diagnóstico de Enfermedades

- El mayor número de análisis realizados fueron para el ingenio Cabaña con 1,107, seguido de Riopaila Agrícola con 660, Mayagüez 546, Castilla Agrícola 489 y Carmelita con 435 análisis.
- **Variedades más evaluadas:** CC 05-430, CC 11-595, CC 01-1940, CC 09-066 y CC 85-92.
- **Niveles de incidencia para RSD, LSD y SCYLV en lotes comerciales (2,195 ha):** 0.2%, 0.01 % y 5.8% respectivamente
- **Niveles de incidencia para RSD, LSD y SCYLV en lotes semilleros (2,977 ha):** 0.02%, 0.1% y 6.4%, respectivamente.
- Se destacó la disminución en % de incidencia para virus de la hoja amarilla (en ingenios y variedades) de 10.9% en el 2021 a 6.1% en el 2022 y la estabilidad de bajos % de incidencia para RSD y LSD.

7,390 análisis | 5173 hectáreas  
entre lotes semilleros y comerciales

4912 solicitudes externas  
y 2478 solicitudes internas



Servicio de multiplicación y propagación de variedades

50

Solicitudes

41 de producción de plantas.  
9 de semilla en paquetes.

394,636

Plantas solicitadas

por el sistema de yemas individuales

	Número de plantulas
Agrosavia	2,000
Trapiche Palestina	9,200
Manuelita	9,800
Risaralda	15,000
Carmelita	23,244
Proveedores	26,530
Riopaila industrial	32,000
Mayaguez	52,300
Castilla Industrial	53,820
La Cabaña	54,391
Pichichi	56,519
Cenicaña	59,832

75.3% corresponde a ingenios; 7.6%, a proveedores de ingenios; 2.8%, a entidades en convenio; y 15.2%, a solicitudes internas para investigación.

25

Variedades solicitadas

	Número de plantas	Número de plantas	
CC 85-92	63,550	MZC 74-275	6,000
CC 11-0132	56,115	CC 11-0032	5,000
CC 12-2120	49,299	CC 14-3296	5,000
CC 09-066	46,000	CC 05-230	3,539
CC 11-595	37,579	CC 09-235	2,900
CC 10-450	27,652	CC 09-535	1,800
CC 01-678	20,100	CC 11-600	1,300
CC 05-430	18,572	CC 00-3257	1,000
CC 01-1940	18,500	CC 04-195	810
CC 93-4418	10,850	CC 93-7711	550
CC 10-540	9,000	CC 10-476	450
CC 84-75	8,900	CC 05-948	170

De las solicitudes en plantas destacan las variedades CC 85-92, CC 11-0132, CC 12-2120 y CC 09-066 por ser las más solicitadas durante el año.



### Servicio de inspección fitopatológica en campo y laboratorio

- 18 inspecciones fitopatológicas realizadas en un área de 545 ha.
- La totalidad de las solicitudes se recibieron de los ingenios Manuelita, La Cabaña, Castilla Agrícola, Castilla Industrial, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Providencia y Riopaila Industrial, y del proveedor LP Villegas Mejía SAS.
- La roya naranja se presentó en las variedades CC 01-1940 y CC 93-3826 con alto índice de daño.
- La roya café se presentó en la variedad CC 85-92 (índice de daño dentro del rango de susceptibilidad) y no se observó en la CC 05-430 a pesar de estar sembradas en mezcla, en una relación 1:1.
- Se encontraron las enfermedades mancha púrpura, mancha de ojo, escaldadura de la hoja, cogollo retorcido, entre otras, en algunas de las inspecciones realizadas.
- Se encontró carbón en CC 11-595 con incidencias en el rango de resistencia (inferior a 3.7%).



Anexo 3.

## Inventario pivotes registrados en el valle del río Cauca

Ingenio	Hacienda	Área de cobertura (ha)
Manuelita	José Pilla	50
	Malimbú	110
	La Aurora	96
Mayagüez	Zainera	120
	La Esmeralda	112.39
	Sincerín	71.18
	Zainera	80.16
	Zainera	35.93
	El Convenio	118.18
	Venecia	106.77
	San Rafael	77.95
	San Rafael	77.95
	Coloradas	35
	Coloradas	55

Ingenio	Hacienda	Área de cobertura (ha)
Providencia	El Trejo	49
	El Trejo	110
	CIAT	20
	Samaria	57
	Samaria	93
Castilla	San Jorge	100
Sancarlos	Mayorca	100
Cenicaña	Cenicaña	8
	Cenicaña	3.58
Total		1687



Anexo 4.

## Servicios de laboratorios

Consolidado de los análisis realizados en los laboratorios de suelos y tejido foliar, laboratorio de análisis de caña y laboratorio de cromatografía en el 2022.

### Análisis de suelos y tejido foliar

**6,970** muestras procesadas  
2,029 muestras de suelos.  
4,941 de tejido foliar.

**Muestras de suelos:** 62.7% solicitudes de donantes y 37.3% análisis internos para la investigación.

**Tejido foliar:** 13.8% solicitudes de donantes y 86.2% análisis internos para la investigación.

### Análisis de calidad de caña

**24,008** muestras procesadas  
7,998 fueron Ceni-AD.  
16,010 corresponden a análisis directo (tallos) y análisis de azúcares reductores.

### Análisis de cromatografía

**5,157** muestras procesadas  
**3068:** cuantificación de azúcares como sacarosa, glucosa, fructuosa, xilosa y arabinosa.

**2089:** cuantificación de ácidos orgánicos como indicadores de deterioro y contaminación en procesos de fermentación y en pérdidas de sacarosa.



Datos al 31 de Diciembre de 2022

## Anexo 5. Registro fotográfico

 Participación de Cenicaña en el XII Congreso de Tecnicaña:



 Actividades de transferencia de tecnología con ingenios y cultivadores:



 Cenicaña, a través del Programa Integra, entregó resultados de los convenios 068 de 2021 y 004 de 2022:





Actividades para evaluar la calidad de la caña de azúcar:



Capacitación en cosecha:



Anexo 6.

## Círculos de Agricultores Innovadores

- Zona norte
- Zona sur
- Zona centro
- Zona centro y sur

### Finca El Cedrito

- Manejo fitosanitario: Estandarización de metodologías de evaluación en campo.
- Avances en el manejo agronómico de las variedades.
- Manejo de arvenses en caña orgánica.
- Alternativas de fertilización en caña orgánica.

### Finca La Siria

- Cenicaña debe ser pionero en la Innovación en mecanización de labores.
- Es necesario avanzar en siembra mecanizada para optimización de la labor y disminuir costos.
- Incentivar el intercambio de experiencias tecnológicas con otras zonas del valle del río Cauca.
- La educación marca la diferencia, se propone gestionar la asignación de becas de estudio para personal de apoyo en las fincas.

### Finca Balsora

- Acciones ante el cambio climático - aumento de GEI.
- Restauración ecológica y estudio de arvenses benéficas.

- Fertilización orgánica, beneficios, costos.
- Las mezclas varietales como alternativa para aumentar sacarosa sin afectar el tonelaje y como alternativa para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades.

### Finca El Hatico

- Investigación en conservación del suelo.
- Agilizar investigación en mezclas varietales.
- Cosecha mecánica.
- Arvenses como aporte de nitrógeno (Necesidad de identificar sus aportes como una práctica sostenible y alternativa frente a los altos costos de los insumos).
- Apoyo para evaluar la disminución de potasio disponible en los suelos de la finca.

### Finca México

- Estudios de variabilidad de suelos para la toma de decisiones.
- Adopción de variedades con enfoque de AEPS.
- Herramienta para el seguimiento de labores, costos, apoyo para la inversión de maquinaria y toma de decisiones.
- Diversificación - Rotación de cultivos.

Anexo 7.

## Comités de investigación

### Comité de Investigación de Campo

Febrero 16 de 2022

- Informe de Director Cenicaña.
- Agronomía de la variedad CC 05-430.
- Bioecología y manejo del barrenador gigante de la caña (*Telchin licus*).

Mayo 18

- Informe de Director Cenicaña.
- Perspectivas climáticas para el trimestre mayo - junio - julio de 2022 en el valle del río Cauca.
- Productividad de la agroindustria y modelos de pronóstico.
- Lineamientos básicos para el manejo agronómico de las variedades de caña para la zona húmeda.
- Alcance del software de procesamiento de imágenes ArCrop.
- Estado actual y manejo de *Diatraea* spp. y salivazo en la agroindustria.

Agosto 17

- Informe de Director Cenicaña
- Perspectivas climáticas para el trimestre agosto - septiembre - octubre de 2022 en el valle del río Cauca.

- Productividad de la agroindustria y modelos de pronóstico.
- Manejo de la maduración en condiciones de altas precipitaciones.
- Importancia del drenaje en el cultivo de la caña en el valle del río Cauca.
- Manejo diferencial en haciendas de piedemonte.

Noviembre 23

- Informe de Director Cenicaña.
- Perspectivas climáticas para noviembre, diciembre de 2022 y enero de 2023 en el valle del río Cauca.
- Productividad de la agroindustria y modelos de pronóstico.
- Uso de herramientas para agricultura de precisión en el cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca.
- Cálculo de la huella hídrica para la producción de caña.

### Comité de Variedades

Junio 15

- Composición varietal e información comercial Ingenio Carmelita.
- Socialización resultados Centros Piloto.

Septiembre 28

- Mejoramiento genético y adopción de variedades en Canal Point, Florida, Estados Unidos.



- Productividad y composición varietal del Ingenio Riopaila - Castilla.
- Socialización resultados de la Prueba Regional de Semiseco Serie 2011-2014 e información comercial de la variedad CC 11-0132.
- Recorrido Prueba Regional de Semiseco Serie 2 011-2014.

### Diciembre 7

- Productividad y composición varietal de Ingenio Manuelita.
- Socialización Prueba de Molienda CC 11-595 y CC 05-430.
- Socialización Proyecto CSICAP.
- Socialización de resultados y recorrido Centro Piloto.

## Comité de Sanidad Vegetal

### Mayo 11

- Desarrollo de la guía para la evaluación de royas.
- Vigilancia, manejo y control de enfermedades sistémicas en caña de azúcar a lo largo del valle del río Cauca.
- El barrenador gigante *Telchin licus*: Bioecología y manejo (Final del proyecto).
- Estado de *Diatraea* spp. y salivazo en la industria.
- Evaluación del daño por *Diatraea* en caña cosechada mecánicamente.
- Estado de *Diatraea* spp. y salivazo en la industria.

### Octubre 5

- Monitoreo de picudo en caña de azúcar (*Metamasius hemipterus* y *Rhynchophorus palmarum*).
- Estudios epidemiológicos de la roya café (*Puccinia melanocephala*) y roya naranja (*Puccinia kuehni*) en el valle del río Cauca.
- Estudios realizados en Cenicaña para el manejo de la roya naranja (*Puccinia kuehni*) en el valle del río Cauca.

### Noviembre 30

- Estado actual del carbón de la caña de azúcar (*Sporisorium scitamineum*) en nuevas variedades CC.
- Diseño e implementación de un plan de manejo integrado de *A. varía* en caña de azúcar.
- Estrategias de alerta temprana y caracterización del daño de salivazo en caña de azúcar .

## Comité de Fábrica

### Febrero 9

- Informe de Director Cenicaña.
- Clima y productividad.
- Diversificación: un camino para impulsar nuevos modelos de negocio sostenibles e innovadores.
- CENICRISTAL, entrega y articulación en laboratorios de cristalografías.
- CENIPROF V 3.0, Seguimiento a las primeras etapas de su implementación.

### Mayo 11

- Informe de Director Cenicaña.
- Visión Integral variedad CC 05-430.
- CENIPROF: Agenda de capacitación.
- CENICRISTAL: Actualización.
- Industria 4.0: Desarrollo y perspectivas de herramientas para la estimación de variables en línea.
- Alternativas de aprovechamiento para las cenizas de la combustión.
- Hechos y datos huella de carbono 2016 - 2021.

### Agosto 10

- Informe de Director Cenicaña.
- Impacto de la fibra corta sobre el desempeño de los molinos y su mitigación.
- Resolución de problemas en filtros.
- Evaluación de alternativas para reducir el reprocesamiento de sacarosa en centrífugas discontinuas.
- Macroproyecto agroindustria 4.0: retos y oportunidades.
- Clima y productividad.

### Noviembre 9

- Informe de Director Cenicaña.
- Comportamiento de indicadores en planta de azúcar - III trimestre
- Diagnóstico en el aprovechamiento del RAC y cenizas.
- Macroproyecto de agroindustria 4.0.
- Clima y productividad.

### Comité de Cosecha

#### Julio 27

- Clima y productividad.
- Avances del macroproyecto CATE II.
- Modelos para logísticas y operaciones de cosecha.
- Estación de corte mecanizado.
- Calidad de troceado y sacarosa.
- Estandarización de la medición de la materia extraña en Fábrica.
- Indicadores de Cosecha.

#### Noviembre 23

- Caso de éxito.
- Avances del macroproyecto CATE II.
- Esquema de trabajo SIVID.
- Seguimiento a las variedades CC 05-430 y CC 11-595 en cosecha.
- Resumen capacitación cosecha mecánica.
- Propuestas mecánicas como alternativas para cosecha en húmedo.
- Clima y productividad.



## Comité de Maduración

### Marzo 3

- Indicadores de la maduración en el año 2021.
- Indicadores de maduración del sector 2021.
- Tecnologías para el manejo de la maduración de CC 05-430.
- Avances de la Red de Experimentos de Maduración en las nuevas variedades (REMA).

### Junio 9

- Proyecciones del clima para el valle del río Cauca para el 2022 - II.
- Proyecciones de productividad y sacarosa para el valle del río Cauca para el 2022 - II
- Efecto de dosis altas de Trinexapac-etil y cosechas tardías sobre la maduración y productividad de la CC 05-430.
- Conversatorio: Dificultades y lecciones del manejo de la maduración en época húmeda.
- Avances de la Red de experimentos de maduración en nuevas variedades (REMA).

### Septiembre 8

- Calibración y manejo de equipos para la aplicación aérea de productos agronómicos.
- Aspectos legales y permisos vigentes para la aplicación aérea de productos.
- Uso de volúmenes de descarga altos para incrementar la eficiencia agronómica de aplicaciones con Trinexapac-etil.
- Avances de la Red de experimentos de maduración (REMA).

### Diciembre 1

- Lecciones aprendidas de la gira técnica de maduración en Guatemala.
- Resultados de la Red de Experimentos de Maduración (REMA) en el 2022.
- Investigaciones colaborativas entre ingenios y Cenicaña en la modalidad REMA.
- Conversatorio: Lecciones aprendidas del uso de maduradores en caña de azúcar.
- Comité de Transferencia de tecnología.

### Agosto 9

- Informe de Director Cenicaña.
- Avances en transferencia de tecnología.
- Presentación del programa integra (Regalías).
- Diagnóstico de factores limitantes y reductores de la producción.
- Experiencias exitosas de transferencia del ingenio Incauca.

### Diciembre 6

- Informe del director general de Cenicaña.
- Avances en transferencia de tecnología.
- Estrategia para incrementar la productividad.
- Experiencia de un agricultor con la estrategia para incrementar la productividad.
- Experiencias exitosas de transferencia del ingenio Pichichí.



sabemos bien  
que el secreto  
de la vida es  
**la energía**





Anexo 9.

## Convenios y acuerdos de cooperación

- **Agroindustrial Laredo S.A.A.**  
*Marzo 2022*  
Otro si al contrato de licencia y pago de regalías con variedades vegetales, envío de notificaciones.
- **Pontificia Universidad Javeriana Cali**  
*Junio 2022*  
Otro si al convenio programas "OMICAS" Optimización Multiescala In Silico de cultivos Agrícolas sostenibles (Infraestructura y validación en arroz y caña de azúcar).
- **Pontificia Universidad Javeriana Cali**  
*Julio 2022*  
Convenio de estudio para aumentar el valor agregado de la ceniza proveniente del sector agroindustrial de la caña de azúcar en el Valle del río Cauca.
- **CIRAD**  
*Septiembre 2022*  
Convenio para actualización del genoma HUB con los nuevos ensamblajes de genomas y herramientas de la caña de azúcar.
- **Topcon Positioning Systems, Inc.**  
Acuerdo para fomentar el desarrollo profesional mediante el suministro de tecnología (hardware y software) y soporte educativo.
- **Universidad Nacional De Colombia- Sede Palmira.**  
*Noviembre 2022*  
Convenio de cooperación científica y tecnológica con el propósito de aprovechar los recursos de ambas instituciones a través de la realización de programas de educación, transferencia de tecnología entre otros.
- **Cámara De Comercio De Cali, En El Marco Del Convenio Especial De Cooperación Con Fidupervisora.**  
Convenio para ejecutar la solución priorizada "Combinaciones de biomásas con máximo poder calorífico" con el fin de generar y fortalecer las capacidades y procesos de innovación.
- **Fundación Fondo Agua por la Vida y la Sostenibilidad**  
*Noviembre 2022*  
Convenio para establecer un sistema de monitoreo hidrológico (hidrométrica y pluviométrica) en la cuenca hidrográfica de los ríos Amaime - Nima, con el objetivo de identificar el impacto que tienen las acciones de conservación y restauración ejecutadas por FAVS.



Anexo 10.

## Capital humano

El Centro contó durante el año 2022 con 281 colaboradores para el desarrollo de los proyectos de investigación, así:

113 personas de nivel profesional, de los cuales 1 de ellos con postdoctorado, 12 con doctorado, 27 con maestría, 73 con pregrado; 60 personas de apoyo en investigación y servicios, 78 trabajadores de campo, y 10 aprendices del Sena. En trabajo de grado y pasantía estuvieron 20 estudiantes de distintas disciplinas.

**Durante el año 2022 se presentaron tres retiros de personal por motivo de pensión; ellos son:**

- Rosemberth Candelo Holguín quien estuvo en Cenicaña durante 44 años desempeñándose como Supervisor de Campo, en su reemplazo ingresó Francisco Javier Millán Quiroga, Ingeniero Agrícola.
- Fernando Muñoz Arboleda: Edafólogo. En su lugar ingresó Luis Fernando Chavéz Oliveros, Biólogo, Ph.D en Ciencias de Suelo.
- José Orlando Rojas, Auxiliar de Laboratorio.

A comienzos de año se presentó el retiro del doctor Miguel Angel López Murcia, Director del Programa de Agronomía. En su momento asumió como Director encargado el doctor Fernando Muñoz Arboleda quien estuvo en el cargo de forma temporal en razón a su retiro por pensión, posteriormente asumió como Director encargado el doctor Edgar Hincapié Gómez, Ingeniero Agrónomo, Ph.D., quien se desempeñaba en el cargo de Ingeniero de Suelos y Aguas.

Anexo 11.

## Artículos publicados en revistas indexadas

Título	Autores	Publicación
Conservation Biological Control as an Important Tool in the Neotropical Region <a href="https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13744-022-01005-1.pdf?pdf=button%20sticky">https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13744-022-01005-1.pdf?pdf=button%20sticky</a>	Vargas Orozco, G.A.; Rivera Pedroza, L.F.; García, L.F. and Mundstock, J.S.	Neotropical Entomology (Nov. 2022)
Cultural Control of Giant Sugarcane Borer, <i>Telchin licus</i> (Lepidoptera: Castniidae), by Soil Mounding to Impede Adult Emergence <a href="https://doi.org/10.1653/024.105.0104">https://doi.org/10.1653/024.105.0104</a>	Pabón-Valverde, A.H.; Michaud, J.P. and Vargas Orozco, J.A.	Florida Entomologist, V.105, No.1: 22-26
Towards site specific management zones delineation in rotational cropping system: Application of multivariate spatial clustering model based on soil properties	Ouazaa, S.; Jaramillo-Barrios, C.I.; Chaali, N.; Quevedo Amaya, Y.M.; Calderón Carvajal, J.E. and Montenegro Ramos, O.	Geoderma Regional, V.30, (Sep. 2022) Article number e00564
The ÓMICAS alliance, an international research program on multi-omics for crop breeding optimization <a href="https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.992663/full">https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.992663/full</a>	Jaramillo-Botero, A.; Colorado, J.; Quimbaya, M.; Rebolledo, M.C; Lorieux, M.; Ghneim-Herrera, T.; Arango, C.A.; Tobón, L.E.; Finke, J.; R, C.; Silva Aguilar, F.; Muñoz Arboleda, F. and Riascos, J.J.	Frontiers in Plant ScienceOpen Access, Volume 1310 (October 2022) Article number 992663
Biology of the Most Widely Distributed Sugarcane Stem Borers, <i>Diatraea</i> spp. (Lepidoptera: Crambidae), in Colombia <a href="https://doi.org/10.1007/s13744-022-00990-7">https://doi.org/10.1007/s13744-022-00990-7</a>	Echeverri-Rubiano, C.; Chica-Ramírez, H.A. and G.A. Vargas Orozco	Neotropical Entomology. 51, 877-885 (2022).
Análisis de rachas de lluvia para el manejo de cultivos de caña, <i>Saccharum officinarum</i> , en el valle del río Cauca, Colombia <a href="https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.91757">https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.91757</a>	Chica-Ramírez, H.A., Bravo Bastidas, J.J. and Peña Quiñones, A.J.	Acta Agron. vol.70 no.2 Palmira Apr./June 2021 Epub (Apr 25, 2022): 119-132



Título	Autores	Publicación
Surface soil water content as an indicator of Hass avocado irrigation scheduling	Erazo Mesa E., Hincapié Gómez, E. and Echeverri Sánchez, A.	Agricultural Water Management, vol 273. (2022).
Predictive models of drought tolerance indices based on physiological, morphological and biochemical markers for the selection of cotton ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.) varieties <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311920635961">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311920635961</a>	Quevedo Amaya, Y.M., Moreno, L.P. and Barragán, E.	Journal of Integrative Agriculture, Volume 21 (5), (2022)
Manejo de arvenses y malezas en el cultivo de caña de azúcar para panela, en: Recomendaciones tecnológicas para el mejoramiento del sistema productivo de caña de azúcar para panela en el occidente de Nariño <a href="https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/310/291/1783-1">https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/310/291/1783-1</a>	Benavides Cardona, C.A.; Lucio, E.; Pantoja, E., Romero, J.V.; Narváez Morales, L.H.; Quevedo Amaya, Y.L. y Díaz Montilla, A.E.	Capítulo de libro: Recomendaciones tecnológicas para el mejoramiento del sistema productivo de caña de azúcar para panela en el occidente de Nariño.

Anexo 12.

## Documentos registrados en biblioteca

Alarcón Muriel, S. Villegas Trujillo, F. García Materón, A. Criales Romero, A.L. **Programa integral, herramienta para mejoramiento continuo.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16. 2022. p.260-266. Colombia

Angel Sánchez, J.C. Castaño, G. Chica Ramírez, H.A. Moreno Gil, C.A. **Roya naranja en la variedad CC 01-1940 y su impacto en productividad.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.148-156.

Angel Sánchez, J.C., Viveros Valens, C.A. Vargas Orozco, G. A. **Variedades Cenicaña Colombia y sanidad en el subsector panelero: una historia de crecimiento productivo.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.64-77. Colombia

Arévalo Hurtado, L. Luna Martínez, J.S. Sierra Becerra, J. Montes Posso, J.D. Tierradentro Muñoz, J.A. Gil Zapata, N.J. **Cuatro claves esenciales para asegurar el desempeño de la estación de filtración.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.739-749

Arroyo Avilez, A.M. y Collazos Rivera, L.E. **Evaluación de la eficiencia y desempeño de los sistemas de riego mecanizados en Cenicaña.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 202. p.407-416. Colombia.

Aya, V.M. Echeverri Rubiano, C. Quintero Quintero, E. Barrera Cubillos, G.P. Arévalo, E. Iglesias, P. Tarazona, G. Alarcón, J.J. Pérez Cordero, C.R. Cuevas, A. Ibarra, N. Ardila, J. Vargas Orozco, G.A. **Distribución de los barrenadores del tallo *Diatraea* spp.** en los cultivos de caña de azúcar y arroz en Colombia. -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.188-197. Colombia.

Bohórquez Carrillo, L.F. Angel Sánchez, J.C. Sarria, J.V. Vélez G., J.P. Ortega Caicedo, J.G. Salazar Villareal, F.A. Gárce Obando, F.F. Barrios Méndez, R. de P. **Servicio de multiplicación de variedades de Cenicaña.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.157-166.

Botina Montealegre, J.D.; Donneys Velasco, L.D.; Ángel Sánchez, J.C.; Rincón, E.A. y Gil Velez, A. **Impacto del Servicio de Diagnóstico en la Determinación de la Incidencia del Raquitismo de la Soca (RSD), la Escaladura de la Hoja (LSD) y el Virus de la Hoja Amarilla (SCYLV) en el Cultivo de Caña de Azúcar Valle del Río Cauca, Colombia - 2018-2021.** Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.16-20. Colombia.

Calpa Pantoja, J. Tierradentro Muñoz, J. Gil Zapata, N.J. **Métodos avanzados de control: compensación a disturbios en los procesos de calentamiento y generación de vapor.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.775-787. Colombia.



Cuervo Lugo, L.E. Angel Sánchez, J.C. **Evaluación de tres sistemas de siembra mecánica en Incauca.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.344-350. Colombia.

Gómez, M.A. Sierra Becerra, J. Estrada Bedón, A. Gil Zapata, N.J. **Estimación del impacto de la calidad del troceado sobre las pérdidas de sacarosa entre corte y molienda.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.588-596. Colombia.

Herrera Jiménez, S.A. y Quevedo Amaya Y.M. **Banco de semillas de arvenses, una metodología para el manejo integrado de arvenses.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.351-363. Colombia.

Hincapié Gómez, E. Chica Ramírez, H.A. **Determinación del requerimiento hídrico y del coeficiente Kc del cultivo para diferentes variedades de caña por método del balance de agua en el suelo.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.428-438. Colombia.

Hincapié Gómez, E. Collazos Rivera, L.E. **Riego deficitario controlado en el cultivo de caña de azúcar en el valle del río Cauca.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre: 14-16, 2022. p.440-449 Colombia.

López Gerena, J. Ocampo, I. Barrios Méndez, R. del P. Alegria, J. Angel Sánchez, J.C. Salazar Villareal, F.A. Chica Ramírez, H.A. Silva, F. Riascos Arcos. J.J. **Desarrollo de la caña modificada genéticamente con aumento en variables de productividad: sacarosa, TCH y tolerancia al estrés hídrico.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.86-99. Colombia.

López Zuñiga, L.O. Zapata Martínez, S.L. Guerra Guzmán, D.G. Viveros Valens, C.A. Granobles Parra, Y.X. Cagueñas Parra, M.A. Angel Sánchez, J.C. Salazar Villareal F.A. Riascos Arcos, J.J. **Avances del desarrollo varietal de caña azúcar para ambiente de Piedemonte.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.8-20. Colombia.

Lucumi, C.A. Agudelo, A.D. Castañeda, M.A. Echeverri Rubiano. C. Meneses, J.D. Vargas Orozco, G.A. **Dinámica poblacional del *Diatraea* spp. y sus controladores biológicos en el sur del valle geográfico del río Cauca.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.167-176. Colombia.

Montes Posso, J.D. Pineda Villamizar, J.M. Gil Zapata, N.J. **Resultados frente al desgaste abrasivo de recubrimiento utilizados en mazas de molinos.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.631-640. Colombia.

Montoya Navarro, D.M. Delgado Restrepo, O.M. Ramírez, G.D. Vargas Orozco, G.A. **Evaluación de liberación aérea del parasitoide trichograma exiguum en caña de azúcar para el control biológico de *Diatraea* spp.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.225-235. Colombia.

Muñoz Santacruz, L.F. Orozco Donneys, A. Cardozo Guzmán, M.C. Montes Posso J.D. Sierra Becerra, J. Daza Merchán, Z.T. **Diseño experimental, aplicación y validación para la temperatura óptima de los jugos de molinos: Extracción e inversión de sacarosa.** -- 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.656-662. Colombia.

Nieto V., A.F.; Angel Sánchez, J.C.; Rincón, L.A.; Castaño, G.; Chica Ramírez, H.A.; Garcés Obando, F.F; Ramírez, J.G. y Pastrana, Nicolás. 2022. **Estrategia Epidemiológica para Avanzar en el Manejo de la Roya Café (*Puccinia Melanocephala*) y la Roya Naranja (*Puccinia Kuehni*) en diferentes Zonas del Valle del Río Cauca (poster).** 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p. 6-13

Ocampo, C. Franco Arango, C.M. Jaimes Quiñones, H.A. Silva, F. López Gerena, J. **Edición genética de caña de azúcar: CRISPR Cas9, la nueva herramienta de mejoramiento genético para obtener variedades con mayor productividad.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.100-108. Colombia.

Ome Narváez, J.D. **Estimación de las propiedades superficiales del suelo a partir de espectroscopía NIR y técnicas de *machine learning*.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.487-502. Colombia.

Ojeda, W. Ospina Patiño, A.F. Pantoja, T. Gil Zapata, N.J. **Caracterización de los depósitos generados en la combustión de RAC, bagazo y carbón en calderas del sector colombiano.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.788-796. Colombia

Ospina, A.F. Gil Zapata, N.J. **Incremento de la eficiencia de combustión en calderas del sector agroindustrial colombiano.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.761-770. Colombia.

Pabón Valverde, A.H. Segura Castro, G. Vargas Orozco, G.A. **Control biológico del barrenador gigante de la caña de azúcar en la altillanura colombiana.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.198-205. Colombia.

Pizarro Esguerra, M.C. **Diagnóstico de factores limitantes y reductores de la productividad como una herramienta para la toma de decisiones en el cultivo de caña de azúcar.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 202. p.275-282. Colombia.

Quevedo Amaya, Y.M. Cepeda, Quevedo A. M. **Eficacia de las resiembras en caña de azúcar.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.334-340. Colombia

Ramírez Sánchez, G.D. Cardozo Guzmán, M.C. Gaviria M., J.D. Pérez, D. Vargas Orozco, G.A. **Comparación de dos métodos de liberación de *Trichogramma exiguum* (*Hymenoptera: trichogrammatidae*) para el control de *Diatraea* spp. en caña de azúcar.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.177-187. Colombia



Rivera Pedroza, L.F. Alvarez Saa, G. Sardi Saavedra, A. Castañeda Portilla, M.A. Vargas Orozco, G.A. **Caña biodiversa: conservación de franjas vegetales, opciones socioeconómicas para comunidades rurales y sostenibilidad de la agroindustria azucarera.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.283-297. Colombia.

Rodríguez Sarasty, J.G. Agudelo Cifuentes, A. Yopez Vela, D.F. Ospina Patiño, A.F. Gil Zapata, N.J. **Ceniprof: evolución para ser más rápido sencillo y funcional.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.797-804. Colombia.

Rodríguez Sarasty, J.G. Agudelo Cifuentes, A. Cuadrado, P.D. Gil Zapata, N.J. **La cristalización en el entorno actual ¿cuáles son los retos que enfrentamos con las dextranas.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.699-710. Colombia.

Saavedra, Diaz, C. Jaimes, H.H. Londoño, A. Trujillo Montenegro, J.H. López Gerena, J. Salazar Villareal, F.A. López Zuñiga, L.O. Zapata Martínez, S.L. Viveros Valens, C.A. Riascos Arcos, J.J. F. Silva Aguilar. **Integración de herramientas de genómica para entender la productividad en caña de azúcar (*saccharum* spp.) para características de interés.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.124-136. Colombia

Salazar Villareal, F.A. López Zuñiga, L.O. Zapata Martínez, S.L. Guerra Guzmán, D.G. Viveros Valens, C.A. Cagueñas Parra, M.A. Angel Sánchez, J.C. Salazar Villareal, F.A. Riascos Arcos, J.J. Delgado, O.M. Silva, B. **Avances del desarrollo varietal de caña de azúcar para las zonas semisecas del valle del río Cauca.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 21-29, 2022, p.21-29. Colombia.

Salazar Villareal, F.A. Zapata Martínez, S.L.; López Zúñiga, L.O.; Viveros Valens, C.A.; Cagueñas Parra, M.A; Riascos Arcos J.J. y Victoria Kafure J.I. **Desarrollo de la variedad CC 05-430 para las zonas semisecas.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.30-41, Colombia.

Salazar Villareal, F.A. Cagueñas Parra, M.A. Granobles Parra Y.X. Roldan, A. Silva, B. Zapata Martínez, S.L. López Zuñiga L.A. Viveros Valens, C.A. Riasos Arcos, J.J. **Incremento de la diversidad varietal y productividad através el uso de mezclas varietales.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.30-41. Colombia.

Sandoval Pineda, J.F. Lasso Lasso, J.J. y López Murcia, M.A. **Interacción entre la fertilización nitrogenada y la aplicación de reguladores de crecimiento sobre la maduración y productividad de caña de azúcar.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memoria. Septiembre 14-16, 2022. p.551-560. Colombia.

Silva Cerón, H.F.; Carrillo Camacho, V.E.; Arias, A.XI **Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (2022). Uso de canales y medios digitales para potenciar el alcance del proceso de transferencia de tecnología: caso Cenicaña en la pandemia COVID-19.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022.

Trujillo Montenegro J.H. Rodríguez Cubillos, M.J. Loaiza, C.D. Quintero, M. Espitia Navarro, H.F. Salazar Villareal, F.A. Viveros Valens, C.A. González Barrios A.F. Vega, J. de. Duitama, J. Riascos Arcos, J.J. **Ensamble del genoma de la variedad CC 01-1940, lo que hemos aprendido de su contenido genético.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022. p.109-123. Colombia.

Tierradentro Muñoz, J.A. Agudelo Cifuentes, A. Calpa Pantoja, J. Gil Zapata, N.J. **Cenicristal: una herramienta para aumentar la confiabilidad en el monitoreo del tamaño del cristal.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.876-887. Colombia.

Viveros Valens, C.A. Angel Sánchez, J.C. Vargas Orozco, G. A. **Variedades Cenicaña Colombia y sanidad en el subsector panelero: una historia de crecimiento productivo.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.64-77. Colombia.

Viveros Valens, C.A. Cuervo Lugo, L.E. Cagueñas Parra M.A. López Zuñiga, L.O. Zapata Martínez, S.L. Guerra Guzmán, D.G. Angel Sánchez, J.C. Salazar Villareal, F.A. Echeverri Rubiano, C. Riascos, J.J. Muñoz Arboleda, F. **Mejoramiento participativo en las zonas húmedas y suelo ácidos e impacto en la productividad.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.8-20. Colombia

Yepez Vela, D.F.; Sierra Becerra, J.; Balcazar, J.D.; Santander, M.B.; Martínez, M. y Gil Zapata, N.J. **Sistema de remoción de todos en materia prima de la destilería ingenio Providencia: evaluación de desempleo y alternativa de operación.** -- Cali, Colombia: TECNICAÑA, 2022. Memorias. Septiembre 14-16, 2022, p.711-718. Colombia.





soñamos con  
superar los  
retos y servir  
de inspiración  
a otros



## Personal Profesional

(al 31 de diciembre de 2022)

### Dirección General

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

### Dirección Administrativa

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

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

**Yorlady Muñoz Ortíz**  
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 Zúñiga**  
Fitomejorador  
*Ingeniero Agrónomo, Ph.D.*

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

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

**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**  
Biotecnólogo  
*Biólogo, Ph.D.*

**Hugo Arley Jaimes Quiñónez**  
Biotecnólogo  
*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**  
Investigadora Temporal  
*Ingeniera Agrónoma.*



**Melissa Montoya Arbeláez**  
Investigadora Temporal  
*Ingeniera Agrónoma.*

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

**Miguel Angel Cagüañas Parra**  
Ingeniero Agrónomo  
*Ingeniero Agronómico.*

**Viviana Marcela Aya Vargas**  
Investigadora Temporal  
*Bióloga.*

**Carolina Camargo Gil**  
Entomólogo  
*Entomóloga, Ph.D.*

**Luis Felipe Bohórquez Carillo**  
Ingeniero Agrónomo  
*Ingeniero Agronómico.*

**Manuela Alejandra  
Castañeda Portilla**  
Investigadora Temporal  
*Ingeniera Agrónoma.*

**Janeth Rocío Caballero Rivera**  
Asistente Administrativa  
*Ecóloga y Manejo Ambiental.*

### **Programa de Agronomía**

**Edgar Hincapié Gómez**  
Director Programa de Agronomía (E)  
*Ingeniero Agrónomo, Ph.D.*

**Maricela Trejos Arroyave**  
Ingeniera de Suelos y Aguas  
*Ingeniera Agrícola.*

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

**Sergio Andrés Herrera Jiménez**  
Ingeniero agrónomo  
*ingeniero agronómico.*

**Luis Fernando Chávez Oliveros**  
Edafólogo  
*Ingeniero Agrónomo, Ph.D.*

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

**Pedro Francisco Sanguino Ortiz**  
ingeniero de mecanización  
*Ingeniero agroforestal, Ph.D.*

**Aura Mercedes Cepeda Quevedo**  
Investigadora Temporal  
*Ingeniera Agrónoma.*

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

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

**Sebastián Anderson Guerrero**

Ingeniero en Inteligencia Artificial  
*Ingeniero Mecatrónico.*

**Julián Esteban Masmela Mendoza**  
Microbiólogo  
*Biólogo, M.Sc.*

**Alberto Mario Arroyo Avilez**  
Ingeniero de suelos y aguas  
*Ingeniero agrícola, M.Sc.*

**Camila Andrea Luna Hernández**  
Asistente Administrativa  
*Administradora de Empresas.*

### **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.*

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

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

**Sebastian Mercado Guerrero**  
*Químico, Químico.*

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

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

**David Palacios García**  
Ingeniero Químico  
*Ingeniero Químico. M.Sc.*

**Joan Sebastian Luna Martínez**  
Ingeniero Químico  
*Ingeniero Químico.*

**Darío Fernando Yopez 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 Erika**  
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.*

**Diana Milena Méndez Quintero**  
*Química. Química*

**Juan Camilo Aristizábal Carvajal**  
Ingeniero Mecánico  
*Ingeniero Mecánico.*

**Juan Manuel Pineda Villamizar**  
Ingeniero Mecánico  
*Ingeniero Mecánico.*

**María Alejandra Correa Betancourt**  
Ingeniera Ambiental y Sanitario  
*Ingeniera Ambiental y Sanitario.*

**Paula Andrea Osorio Bedoya**  
Microbióloga  
*Ingeniera Bioquímica.*

**Juliana Alejandra Piedrahita González**  
Asistente Administrativa  
*Administradora de Empresas.*

## 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.*

**Christian Camilo Cadena Lemos**  
Asistente de Investigación  
*Estadístico.*

**Yulder Andrés Avila Álvarez**  
Asistente de Investigación  
*Ingeniero Industrial.*



## 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.*

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

**Edis Milena Quintero Valencia**  
Ingeniera Agrónoma  
*Ingeniera Agrónoma.*

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

**Paula Tatiana Uribe Jaramillo**  
Ingeniera Agrónoma (E)  
*Ingeniera Agrónoma.*

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

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

## Servicio de Tecnología Informática

**Jaime Hernán Caicedo Ángel**  
Jefe Servicio de Tecnología Informática  
Ingeniero de Sistemas, M.Sc.

**José Luis Rivas Viedman**  
Ingeniero de Sistemas  
*Ingeniero de Sistemas, M.Sc.*

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

**Julian Eduardo Antia Castaño**  
Ingeniero de Redes y Telecomunicaciones.  
*Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones.*

**Jesús Adrian Díaz Bravo**  
Ingeniero de Redes  
*Ingeniero Electrónico.*

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

**Weymar Yesid Narváez Sabogal**  
Auxiliar de Mantenimiento  
*Ingeniero de Sistemas.*

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

**Cristian Alexander Espinosa Rodriguez**  
Ingeniero Electrónico  
*Ingeniero de Sistemas.*

**Diego Fernando Bedoya Mejía**  
Ingeniero de Sistemas  
*Ingeniero de Sistemas*

**Juan Manuel Valencia Correa**  
Analista SIG  
*Ingeniero topográfico, M.Sc.*

**Julian David Ome Narváez**  
Analista percepción remota  
*Ingeniero topográfico.*

**Michael Andres Arredondo Mendoza**  
Ingeniero topográfico  
*Ingeniero topográfico.*

## 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.*

**Francisco Javier Millán Quiroga**  
Supervisor de Campo  
*Ingeniero Agrícola.*

## CATE

**Samuel Andrés Galeano Patiño**  
Coordinador Macroproyecto CATE  
*Ingeniero Agroindustrial, MBA.*

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

**Henry Bladimir Tarapues Ipial**  
Ingeniero Mecánico Cosecha  
*Ingeniero Mecánico.*

## Oficina de Comunicaciones Estratégicas

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

**María Andrea Llanten Márquez**  
Analista de Comunicación Digital  
*Diseñadora industrial.*





nos apasiona  
explorar diversas  
oportunidades  
sostenibles



# Referencias

Hoekstra A., Y. (2021). Manual de evaluación de la huella hídrica. Water Footprint Network. 138 p.

Torres Aguas, J. S.; Madriñan, C.A; Cruz Valderrama, J. R.; Durán Sanclemente, A. 2006. Espaciamiento entre surcos para reducir los daños en el campo. En: manejo del cultivo en condiciones de caña verde. Serie técnica, No. 35. Cali: Cenicaña, p.6-10.

Trujillo-Montenegro, J. H., Rodriguez Cubillos, M. J., Loaiza, C. D., Quintero, M., Espitia-Navarro, H. F., Salazar Villareal, F. A., Viveros Valens, C. A., Gonzalez Barrios, A. F., De Vega, J., Duitama, J., & Riascos, J. J. (2021). Unraveling the Genome of a High Yielding Colombian Sugarcane Hybrid. *Front Plant Sci*, 12, 694859. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.694859>





estamos  
orgullosos  
de lo que  
somos





**«4-72»**  
Correo y mucho más

- ◆ Envío de documentos y paquetes
- ◆ Logística eCommerce
- ◆ Giros, pagos y recargas

[www.4-72.com.co](http://www.4-72.com.co)  
Línea Bogotá: (+57) (601) 472 2000  
Línea Nacional: 01 8000 111 210

## Publicación cenicaña

---

### Comité editorial

Freddy Fernando Garcés Obando  
Einar Anderson Acuña  
John Jaime Riascos Arcos  
Edgar Hincapié Gómez  
Nicolás Javier Gil Zapata  
Fernando Villegas Trujillo  
Héctor Alberto Chica  
Jaime Hernán Caicedo  
Mery Esperanza Fernández  
Adriana Arenas Calderón  
Luis Eduardo González  
Margarita Rodríguez

### Producción editorial

Oficina de Comunicaciones Estratégicas  
Cenicaña.

### Coordinación editorial

Margarita Rodríguez.

### Diseño y diagramación

Taraan Espacio Creativo.

### Fotografías

24 latidos - Luis Semaan.  
Campaña Corazón de caña.  
Banco de imágenes.

### Prensa e impresión

Se terminó de imprimir el 5 de mayo de 2023 en Velásquez Digital S.A. (Cali, Colombia).





# Informe Anual **2022**

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

