

Caña panelera

(*Saccharum spp.*)

Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca



César Augusto Forero Camacho
Hugo Alberto Cárdenas Forero
Santiago Andres Roa Ortiz

Convenio:

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria



BOGOTÁ



Gobernación de
Cundinamarca



Caña panelera

(*Saccharum* spp.)

Caña panelera

(*Saccharum spp.*)

Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca

César Augusto Forero Camacho

Hugo Alberto Cárdenas Forero

Santiago Andres Roa Ortiz

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Convenio:



Gobernación de
Cundinamarca



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Forero Camacho, César Augusto, 1976-

Caña panelera (*Saccharum* spp.) : manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca / César Augusto Forero Camacho, Hugo Alberto Cárdenas Forero, Santiago Andres Roa Ortiz. -- Primera edición. -- Bogotá : Universidad Nacional de Colombia : Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, 2024.

1 recurso en línea (92 páginas) : ilustraciones a color, fotografías

Incluye referencias bibliográficas
ISBN 978-958-505-671-8 (digital)

1. Caña de azúcar -- Cultivo -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales 2. *Saccharum* 3. Caña panelera -- Manuales 4. Producto vegetal procesado 5. Panela -- Manuales 6. Caña de azúcar -- Variedades 7. Caña de azúcar -- Abonos y fertilizantes -- Manuales 8. Caña de azúcar -- Enfermedades y plagas -- Manuales 9. Control integrado de plagas 10. Caña de azúcar -- Cosecha -- Manuales 11. Caña de azúcar -- Rendimiento 12. Característica agronómica 13. Nutrición de cultivos 14. Caña de azúcar -- Producción -- Manuales 15. Caña de azúcar -- Comercio 16. Costos de producción 17. Manejo del cultivo 18. Técnicas de cultivo -- Manuales 19. Práctica agronómica 20. Agricultura -- Investigaciones -- Cundinamarca -- Colombia -- Manuales I. Cárdenas Forero, Hugo Alberto, 1984-, autor II. Roa Ortiz, Santiago Andrés, 1977-, autor III. Título

CDD-23 633.61 / 2024

CORREDOR TECNOLÓGICO AGROINDUSTRIAL CTA-2
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ
Calle 44 N.º 45-67 Unidad Camilo Torres
Edificio 826 Bloque A-1 Oficina 101
Teléfono (57-1) 316 5000 Extensión 10248
Bogotá, D. C. Colombia
Código postal: 111321

PREPARACIÓN EDITORIAL
Mesa Editorial
Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

COORDINACIÓN EDITORIAL:
Luis Gabriel Bautista Montealegre I. A., M. Sc
Rodrigo Orlando Pinzón Caballero I. A.

DISEÑO GRÁFICO:
Maria Victoria Guerra Rivero
Andrés Conrado Montoya Acosta

IMPRESIÓN:
DGP Editores S.A.S
Bogotá D. C.
2024

CITACIÓN SUGERIDA: Forero-Camacho, C., Cárdenas-Forero, H. y Roa-Ortiz, S. (2024). Caña panelera (*Saccharum* spp.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, D. C.: Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.

Primera edición, 2024

ISBN impreso: 978-958-505-670-1
ISBN digital: 978-958-505-671-8

CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD: El Corredor Tecnológico Agroindustrial - CTA-2 no es responsable de las opiniones e información contenidas en el presente documento. Los autores se adjudican exclusiva y plenamente la responsabilidad sobre su contenido, ya sea propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la autorización para su publicación; adicionalmente, los autores declaran que no existe conflicto de interés con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, solo los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.



El contenido del presente documento se acoge a la licencia *Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International* (CC BY-NC-ND 4.0 DEED). Su copia o redistribución debe incluir el crédito correspondiente a los autores y autoras, así como a las entidades editoriales y no debe tener fines comerciales. Se puede consultar la licencia en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/g>

*Dedicado a todas las personas
que trabajan la tierra*

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

Entidad Ejecutora:

Gobernación de Cundinamarca

Jorge Emilio Rey Ángel

Gobernador

Comité Directivo

Gobernación de Cundinamarca

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación

Hjalmar Arturo Melo Román

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.

Secretaría Distrital de Desarrollo Económico

Carolina Chica Builes

Directora de Economía Rural y Abastecimiento Alimentario

Universidad Nacional de Colombia

Vicerrectoría de Investigación

Teresa de Jesús Mosquera Vásquez

Directora de Investigación y Extensión Sede Bogotá

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá

Carlos Alberto Herrera Heredia

Coordinación de Innovación Regional

Comité Técnico Científico

Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2

Gobernación de Cundinamarca
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación
Olga Lucía Guzmán Morales
Asesora de despacho

Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.
Secretaría Distrital de Desarrollo Económico
Astrid Milena Alarcón

Universidad Nacional de Colombia
Dirección de Investigación y Extensión – Sede Bogotá
Bethsy Támara Cárdenas Riaño
Directora de Investigación y Extensión Sede Bogotá

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA
Centro de Investigación Tibaitatá
Carlos Alberto Herrera Heredia
Coordinación de Innovación Regional
C. I. Tibaitatá

Directora de proyecto

Saira Maria Espinosa Sánchez

Supervisión

Gobernación de Cundinamarca
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación
Oscar Alberto Villalba Pulido
Gerente de proyectos

El Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA) es una estrategia de cooperación entre Estado, sector productivo y academia, en la cual participan actores directivos del sector agropecuario y agroindustrial de Cundinamarca y Bogotá, D. C., con el fin de aunar esfuerzos en actividades de desarrollo y fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación. Sus capacidades están orientadas a la formulación y ejecución de proyectos de carácter investigativo, que permitan la transferencia tecnológica al sector agropecuario y agroindustrial.

El presente documento es resultado del Subproyecto “Validación y ajuste de tecnologías en la producción de caña panelera en dos contextos socioeconómicos en el departamento de Cundinamarca”, desarrollado en el marco del Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, Proyecto “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector agropecuario y agroindustrial con el fin de mejorar todo el departameto, Cundinamarca, Centro Oriente”, suscrito por la Gobernación de Cundinamarca, a través de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación; la Alcaldía de Bogotá, a través de la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico; la Universidad Nacional de Colombia, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia, antes Corpoica). El Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 es financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.

Se aclara además que los resultados de investigación obtenidos deben ser comprendidos de acuerdo con el periodo en el que se ejecutó el proyecto y no el de su fecha de publicación.

Contenido

Introducción	13
Diagnóstico del sistema productivo	17
Zonas de influencia del cultivo de caña panelera en Cundinamarca	18
Características generales de los productores paneleros.....	18
Formalización de las PIPA.....	29
Generalidades del cultivo	33
Importancia de la producción departamental y mercadeo	33
Materiales de siembra.....	34
Edafoclimatología	45
Temperatura y altitud	45
Precipitación.....	46
Luz.....	47
Vientos.....	47
Suelo	48

Manejo agronómico.....	51
Instalación del cultivo.....	51
Zanjeado y ahoyado	55
Selección de semillas	56
Tipos de siembra utilizados: chorrillo y mateado.....	58
Manejo integrado de suelos y fertilización	60
Manejo integrado de plagas.....	65
Manejo integrado de enfermedades.....	71
Manejo de arvenses.....	77
Cosecha y poscosecha	79
Apronte.....	80
Extracción de jugos	81
Limpieza de jugos.....	82
Evaporación, concentración, punteo y batido	82
Moldeo y empaque de la panela.....	83
Costos de producción.....	85
Referencias bibliográficas	91

Introducción

Colombia sigue siendo el segundo país del mundo con mayor producción de panela y el primero en consumo *per cápita* (Sánchez y Forero, 2016), lo que indica la importancia de este cultivo para la economía del país. Durante la historia del desarrollo de la producción agropecuaria nacional, la caña de azúcar, de donde se obtiene la panela, ha sido un cultivo protagonista en el desarrollo económico del sector y del país.

De la caña de azúcar se obtienen principalmente dos productos: el azúcar refinado y la panela. El primero, se obtiene principalmente en el Valle del Cauca, en grandes extensiones de tierra alrededor de complejos industriales (ingenios) que son propiedad de pocos. El segundo, la panela, se desarrolla en 28 departamentos, por casi 350 000 familias en sistemas productivos ligados a economías campesinas. El sistema productivo de la panela agrupa pequeñas áreas que, en promedio, para 2016 no superaban las 5 ha cada una, distribuidas a lo largo de, aproximadamente, 265 000 ha según datos de Agronet (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR], 2019). Esta área es cercana a la reportada por el Sistema de Información Panelero (SIPA), de 226 000 h en 2018 a nivel nacional (Federación Nacional de Productores de Panela [Fedepanela], 2019), y muy diferente a la reportada por el Censo Nacional Agropecuario, que para 2015 reportó 367 251 ha (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2017). Este cultivo sustenta uno de los productos más tradicionales y ricos energéticamente de la canasta familiar colombiana.

A nivel nacional, los productores paneleros son representados por Fedepanela, uno de los fondos parafiscales más importante del país. Es una agremiación sin ánimo de lucro que regula y apoya a todos los productores paneleros frente a las entidades nacionales, como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, junto a el cual se definen en conjunto políticas públicas para el fortalecimiento del sector. Según cifras sectoriales del mismo ministerio, para el año 2016 la producción de panela nacional generada en los 28 departamentos productores fue de 1 456 873 t; además, este es uno de los sectores que más empleos directos e indirectos genera en el sector agropecuario nacional (MADR, 2017).

De los 28 departamentos paneleros a nivel nacional, Cundinamarca ocupa el segundo lugar en producción, después de Santander, y el primero en área de cosecha (MADR, 2018). Esto determina la importancia del cultivo para este departamento, que presenta un área de cultivo de 40 932 ha, con una producción de 176 855 t de panela (MADR, 2018). Tal es la importancia del cultivo de caña de azúcar para la producción de panela en el departamento, que 47 de sus 116 municipios (es decir, el 40 %) tienen áreas importantes de siembra. Sin embargo, solo 27 municipios presentan una vocación agroclimática favorable para el desarrollo del cultivo, que en promedio produce 5,8 t/ha de panela, lo que presenta una importante brecha productiva que debe ser mejorada. El promedio de Santander y Boyacá (Hoya del río Suárez), los mayores productores del país, es de 12 t/ha.

En este contexto, en el marco del proyecto del Corredor Tecnológico Agroindustrial 2 (CTA-2) y el subproyecto “Validación y ajuste de tecnologías en la producción de caña panelera en dos contextos socioeconómicos en el departamento de Cundinamarca”, se realizó la instalación de Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias (PIPA), en los municipios de Topaipí, El Peñón, Caparrapí, Útica y La Peña. Esto con el fin de validar, ajustar y fomentar el uso de dos nuevas variedades validadas y registradas para Cundinamarca por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), sede Cimpá, y otras tecnologías desarrolladas a nivel nacional para el mejoramiento del sistema de producción de caña panelera que favorezcan el incremento de la competitividad del sector a nivel nacional y departamental.

Entendiendo que las diferencias en la producción de Cundinamarca frente a Santander y Boyacá son notables, se presenta a continuación un manual de producción de caña panelera que permita a los productores del departamento tener un referente técnico sobre cómo mejorar su sistema de producción con el fin de generar una producción de panela sostenible, teniendo en cuenta que existen diferentes contextos socioeconómicos que inciden en la cultura productiva de los productores paneleros del departamento (Forero et al., 2017a).

En virtud de lo expuesto, este manual presenta los aspectos más relevantes para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar en el departamento de Cundinamarca. Dichos aspectos fueron consensuados con los productores participantes en el proyecto, por lo que su estructura se diseñó pensando en su facilidad de lectura. Para ello, se emplea un lenguaje práctico y se utilizan los conceptos propios de los productores. En este sentido, este manual no se trata de “otro manual de producción de caña de azúcar para panela”, sino de una obra elaborada por técnicos que comprenden y viven el sistema de producción panelero, dirigida específicamente a los productores de panela.

Diagnóstico del sistema productivo

En el marco del proyecto “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector agropecuario y agroindustrial con el fin de mejorar todo el departamento, Cundinamarca, Centro Oriente” desarrollado por el Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 y del subproyecto “Validación y ajuste de tecnologías en la producción de caña panelera en dos contextos socioeconómicos en el departamento de Cundinamarca” (en adelante Subproyecto Caña Panelera), se determinó cómo funciona el sistema de producción en las zonas de producción de panela en la actualidad, a partir del desarrollo de un diagnóstico en cinco municipios paneleros representativos del departamento: Topaipí, El Peñón, Caparrapí, Útica y La Peña. De estos cinco municipios, los tres asistidos por Fedepanela tienen “un buen nivel tecnológico”, y los dos municipios sin asistencia de Fedepanela son considerados “de bajo nivel tecnológico”.

Los resultados del diagnóstico se socializaron con diferentes actores y, con apoyo de técnicos de Fedepanela, instructores del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), profesores de la Universidad Nacional de Colombia (sede Bogotá) y especialistas de Agrosavia, se analizaron y extrapolaron al resto de las áreas de producción panelera en Cundinamarca. De esta forma, y con base a otros documentos técnicos generados en los últimos años donde se generaliza la producción panelera a nivel nacional, se logró redefinir cómo se desarrolla el sistema de producción de caña panelera en Cundinamarca.

Zonas de influencia del cultivo de caña panelera en Cundinamarca

El 65 % del total del área agrícola sembrada de cultivos agroindustriales en Colombia corresponde a cultivos de café, palma, caña de azúcar y caña panelera. En este sentido, la participación porcentual del área con caña panelera en 2016 fue del 10 %, la cual correspondió a 232 703 ha, de las que se produjeron 1 150 465 t de panela en sus diferentes presentaciones, y un promedio nacional de 6,04 t/ha. El 59,1 % de la producción se concentra en los departamentos de Cundinamarca (15,4 %), Antioquia (13,2 %), Santander (16,3 %) y Boyacá (14 %) (MADR, 2018). Esta participación define la importancia de realizar un manual de producción del sistema de producción de caña panelero para Cundinamarca, pues el área en este departamento es cercana a las 40 600 ha, cultivadas por cerca de unos 10 000 pequeños productores, distribuidos en 47 municipios, de los cuales, 27 tienen una definida vocación panelera, entre los que se seleccionaron los municipios de Topaipí, El Peñón, La Peña, Útica y Caparrapí para definir la base del diagnóstico del sistema de producción.

Las zonas productoras en Cundinamarca hacen parte de la ampliación de una cultura agropecuaria que se ha sostenido durante más de 90 años y que ha transferido un conocimiento de generación en generación, pero que está siendo modificado desde su manejo por la ampliación de áreas (zonas más altas) debido a las consecuencias de la variabilidad climática.

Características generales de los productores paneleros

Análisis de suelo

Los resultados obtenidos y validados con las instituciones aliadas identificaron que más del 70 % de los productores del departamento no realizan un análisis de suelos para el establecimiento de nuevos lotes de caña o el mantenimiento de los cultivos establecidos. Una de las posibles causas es la escasa asistencia

técnica y la ausencia de personal calificado para la interpretación de los resultados de laboratorio que puedan realizar recomendaciones claras y factibles para aplicar a los cultivos.

De igual forma, la escasa disponibilidad y accesibilidad a los laboratorios que realicen estos análisis limita la toma de muestras y su análisis, puesto que implica el transporte de las muestras hasta la capital del país donde se encuentra la mayor cantidad de laboratorios. Al respecto, los productores aseguran que el costo del análisis no es un obstáculo; sin embargo, consideran que el valor económico del análisis y la fertilización no se refleja en el aumento de la producción, pues culturalmente no realizan ninguna aplicación de fertilizante al cultivo de caña panelera. Por ende, no hay aumento de la productividad por la aplicación de algún tipo de fertilizantes, que en el mercado tienen costos elevados.

Tanto en los municipios involucrados en el Subproyecto Caña Panelera, como en el resto de los municipios paneleros del departamento, la toma y envío de análisis de suelos para definir programas de fertilización del cultivo son prácticas poco comunes, así que la producción de caña panelera en Cundinamarca es un sistema mayoritariamente extractivo, donde se agotan los nutrientes del suelo sin reposición, lo que puede afectar negativamente la productividad y la sostenibilidad del cultivo a largo plazo. Esta constante ha sido manifestada desde la década de los noventa en varios documentos y escenarios por parte de reconocidos investigadores de Agrosavia, como Roberto Manrique, Orlando Insuasty, Roberto Estupiñán y Hugo García.

Sistema de corte

Es una variable que favorece la homogeneidad del producto terminado y favorece el rebrote de nuevos tallos de las socas recién cortadas, como lo han demostrado Ramírez et al. (2014). A pesar de estas ventajas atribuidas al corte por parejo por parte de los mejoradores y expertos en el sistema productivo, los resultados del diagnóstico muestran que solo en el municipio de Útica, y en algunas zonas cercanas, el 71 % de los productores consultados implementan esta técnica, lo que contrasta con la práctica poco tradicional en el resto del departamento.

En el resto de los municipios del Subproyecto Caña Panelera (El Peñón, Topaipí, La Peña y Caparrapí), al igual que en la mayoría de los municipios paneleros de Cundinamarca, predomina el corte por entresaque (Abaunza et al., 2012), el cual consiste en cortar las cañas maduras dejando las jóvenes para recolectarlas más adelante. Al indagar sobre las razones que motivan la persistencia de esta práctica, las respuestas de los productores revelan que se ha mantenido durante varias generaciones por razones ambientales, relacionadas con la conservación del suelo, ya que el corte por entresaque previene la erosión eólica que se genera por el viento y el aire en lotes sin cobertura vegetal, o la erosión gravitatoria que se da por el deslizamientos de tierra en zonas de ladera y de alta pendiente, características comunes de los suelos donde se cultiva caña panelera en Cundinamarca. Desde esta perspectiva, los productores argumentan que dejar socas con cañas semimaduras favorece la estabilidad o amarre del suelo y, por ende, evita la erosión, causada en gran medida por la ruptura de las estructuras del suelo generada por las gotas de lluvia en terrenos descubiertos.

Desde una perspectiva técnico-económica, el corte por parejo es la mejor opción para favorecer la calidad de la panela, ya que las cañas se cortan aproximadamente a la misma edad fisiológica. No obstante, los productores conciben el corte por entresaque como la mejor opción para la preservación ambiental del suelo, además de permitirles un flujo de ingresos constante por la venta de panela, ya que es la disponibilidad periódica de tallos de caña para cortar y transformar en panela, la que les permite cubrir los gastos fijos del sistema de producción y el sustento de sus familias.

Al respecto, cabe destacar que la mayoría de los productores en Cundinamarca son pequeños agricultores que en promedio tienen alrededor de 5 ha de tierra para su cultivo. Debido al tamaño reducido de sus fincas, los cortes se planifican y ordenan en pequeños lotes, lo que les permite transformar y vender panela por lo menos cada dos meses. En contraste, el corte por parejo se realiza en promedio una vez cada 14 meses por lote, lo que amplía significativamente el periodo de transformación de dos meses a casi seis o siete meses. Esto significa que como máximo habría dos cosechas al año, lo que es desfavorable para los productores paneleros, quienes dependen de la venta de la panela y no tienen en general otra fuente de ingresos permanentes en la finca (Forero et al. 2017b).

Aspectos fitosanitarios

A partir de los resultados, el factor que más influencia tiene sobre la producción, según técnicos y agricultores, es el desconocimiento de los productores respecto al manejo de algunas enfermedades y plagas. Desde su perspectiva, este desconocimiento surge por la limitada asistencia técnica por parte de las entidades estatales, las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA), y la poca experiencia que tienen los asistentes técnicos en el manejo de algunas plagas y enfermedades. Aunque en la mayoría de los municipios paneleros de Cundinamarca se han realizado jornadas de capacitación, donde diversas instituciones como el SENA, Fedepanela, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el mismo Agrosavia han participado, no se ve un adecuado manejo fitosanitario de los cultivos.

Adicionalmente, los adelantos tecnológicos muestran que, a nivel comercial, se han desarrollado productos agroquímicos para el control de varias plagas y enfermedades del cultivo de la caña. Algunos de ellos, por su bajo grado de toxicidad y eficacia, son referidos por parte de algunos técnicos paneleros a los productores, como una forma más eficaz de manejar los problemas fitosanitarios que se presentan esporádicamente y con alta intensidad en los cultivares de caña panelera, por falta de un control cultural. Sin embargo, los productores tampoco utilizan esta alternativa pues tienen una prevención al manejo y la aplicación de controles con agroquímicos, ya que la panela es considerada un producto orgánico; esto, sumado al costo que implica acceder a algunos de estos productos.

Al profundizar en el tema de las enfermedades, no se observó un consenso sobre cuáles son las más limitantes para el cultivo, ya que algunas de ellas son confundidas con deficiencias en algunos elementos nutricionales, lo cual limita su calificación. Sin embargo, se pudo observar que en el municipio de Útica y los municipios aledaños que conservan la variedad ZC, casi el 86 % de los productores precisaron que el carbón bacteriano es una enfermedad muy limitante. Lo cual se debe a que dicha variedad de caña es muy susceptible a esta enfermedad, convirtiéndola en la enfermedad más reconocida por los agricultores en todo el departamento. Con respecto a otras enfermedades, como lo son el raquitismo y la roya naranja, poco o nada saben los productores, lo que deja una duda de que si esta definición es acertada o no.

De igual forma, en el tema de las plagas, los productores en los municipios diagnosticados —y en el resto del departamento, según los especialistas—, identifican con diversos nombres a las plagas más importantes del cultivo de la caña y desconocen el daño causado por estas, lo cual dificulta la identificación de umbrales económicos. Por ejemplo, el barrenador del tallo de la caña (*Diatraea* sp.) es la plaga más reconocida por los agricultores, pero la conocen por lo menos con tres o cuatro nombres diferentes; al salivazo (*Aeneolamia varia*), lo conocen como escupitajo y espumadera, entre otros nombres; y al cucacho cornudo, le dicen la cucha o cucarrón de invierno. Sin embargo, ni para estas tres plagas (excepto la *Diatraea* sp.) ni para ninguna otra se realiza un manejo o control adecuado, si bien conocen cómo tratarlas mediante algunos controladores biológicos o artesanales. En el caso de los controladores biológicos esto se debe a que son de poca accesibilidad y su disponibilidad es periódica; además, a que deben ser aplicados de forma integral en las zonas afectadas, incluyendo los cultivos vecinos donde la plaga puede hospedarse, característica que hace difícil su control y deriva en índices altos de afectación por parte de la plaga.

En cuanto al manejo de arvenses, en los municipios diagnosticados se determinó que los productores realizan prácticas culturales para su control simultáneamente con la cosecha, pero no en la etapa de crecimiento de la caña, lo que demuestra su desconocimiento acerca de los múltiples beneficios que esta práctica puede generar en la productividad y en el control efectivo de plagas y enfermedades. No obstante, esto se puede deber a la escasez de mano de obra, tal como fue manifestado por algunos productores, y que corresponde con factores socioeconómicos que inciden en el buen desarrollo del sistema de producción.

Recurso hídrico

Este aspecto agronómico está estrechamente relacionado con el buen desarrollo del cultivo, y es considerado por los productores como una limitante productiva cada vez más significativa, en especial en los años de sequía generados por el fenómeno de El Niño.

Este problema sobrepasa el dominio técnico del productor y se convierte en un problema social que afecta a todos los productores paneleros del departamento.

No obstante, se han socializado y financiado diversos programas para mitigar este fenómeno a través de la construcción de jagüeyes o reservorios de agua dentro de las fincas para suplir las necesidades hídricas en épocas críticas del cultivo.

En la mayoría de los casos, los productores dependen básicamente de las aguas de lluvia o de nacimientos de agua cada vez más escasos y que se ven afectados por los problemas de deforestación en las zonas altas de los municipios, así como por la carencia de protección de las zonas boscosas aledañas a las fincas donde nace el recurso hídrico. Esta limitante debe ser abordada y mejorada a través de actividades permanentes de concientización tanto del cuidado del medio ambiente, como de las implicaciones económicas que trae la falta de preparación para estas épocas. Trabajar este aspecto negativo desde una perspectiva económica, al cuantificar los beneficios y afectaciones, puede favorecer la adopción tecnológica, como se refirió anteriormente, y otorgar un valor ambiental que los productores puedan apreciar, aunque no sea tangible.

Mano de obra

Siguiendo con el componente mano de obra, se observa que esta es mucho más escasa para ciertas labores de transformación. El diagnóstico permitió identificar que en el municipio de Topaipí predomina, como en la mayoría de los municipios paneleros de Cundinamarca, la mano de obra familiar o propia, que es la mayormente utilizada. En La Peña y Útica se contrata mano de obra temporal a costos relativamente altos, debido a su escasez; mientras que en Caparrapí y otros municipios con mayor actitud panelera, en general, el 50 % de la mano de obra utilizada es de tipo mixto (modalidades temporal y permanente).

Lo anterior refleja una relación entre el tamaño de la explotación y la disponibilidad de mano de obra. Sin embargo, en los municipios con mayor vocación panelera y donde existen explotaciones medianas y grandes, se destaca la importancia de invertir y mantener mano de obra permanente, debido a que en estas explotaciones la panela se concibe como un negocio, lo que incentiva a mantener o invertir en mano de obra para garantizar los ingresos.

Se observa un consenso general entre los productores, considerado preocupante, en relación con la competitividad del sector panelero. Se refiere a la cada vez más escasa mano de obra en las zonas productoras, debido en parte a la migración de los jóvenes a los centros poblados o a las ciudades en busca de nuevas y mejores oportunidades, así como a las pobres condiciones de la calidad de vida, de conectividad y del transporte que presentan estas zonas. Esto desfavorece el arraigo por lo rural, ya que la diferencia entre los costos de producción frente a los ingresos es casi nula en muchas épocas del año, debido a la estacionalidad de la producción y a la escasa adopción de innovaciones en el sector.

La baja rentabilidad, señalada por parte de los productores y técnicos consultados, afecta la posibilidad de reinvertir en el sistema de producción; por ende, no hay posibilidad de mejorar la productividad. Esta concepción denota una baja disposición que limita la posibilidad real de cambio, más allá de que este se genere a partir de la voluntad de cada productor y su familia de mejorar a través de la transformación, no solo productiva sino actitudinal, frente al cultivo. En consecuencia, la baja rentabilidad del cultivo y la poca disposición hacia el cambio limitan el aumento de la rentabilidad, lo cual se traduce en menores posibilidades de cubrir las necesidades básicas de las familias paneleras. Este círculo vicioso va en contra de la sostenibilidad del sistema de producción y, por tanto, genera la disminución progresiva de las áreas de producción panelera en el departamento, como se evidencia en municipios como Villeta, La Vega, La Mesa y otros tantos cercanos a la capital que se han transformado en municipios turísticos y menos agropecuarios.

Toma de decisiones e infraestructuras

La información obtenida y procesada permite apreciar que la toma de decisiones técnicas en el cultivo de caña se fundamenta en la experiencia panelera de más de 60 años que, en promedio, tienen los productores paneleros. Esta variable determina la existencia de un amplio conocimiento ancestral sobre el sistema de producción, por lo que muchos productores tienen la concepción de que no requieren aprender o conocer nuevas formas de manejo (Forero et al., 2017a).

No obstante, las variedades y condiciones climáticas han cambiado y dichos conocimientos deben ser ajustados, de acuerdo con las necesidades actuales y con las recomendaciones técnicas generadas a través de investigaciones realizadas con el propósito de mejorar la sostenibilidad del sector panelero.

Para llegar a la apropiación y ajuste de estos nuevos conocimientos es necesario, partiendo del desarrollo de la confianza y la reciprocidad entre productores y asesores técnicos, llegar a acciones concertadas que influyan en los procesos de apropiación y adopción de las nuevas ofertas tecnológicas disponibles, que den el soporte técnico, ambiental y social para el desarrollo sostenible del sistema de producción panelero en zonas de alto rendimiento productivo en el país.

Respecto a la variable de las decisiones, la estructura productiva del sistema de producción de caña panelera pone de relieve la necesidad, expresada por los productores de Cundinamarca, de contar con un área de transformación o producción de panela. Cabe destacar que la mayoría de los productores en Cundinamarca consideran que una finca panelera solo es tal cuando posee cultivo y enramada, lo que, en cierto modo, configura un tipo de estatus social. En general, más del 70% de la población consultada en los cinco municipios del proyecto y en el resto de municipios paneleros posee cultivo y enramada. La enramada es valorada como una mejora significativa de la finca que beneficia al sistema de producción, pero también aumenta el valor de los predios en caso de venta. Además, pocos productores consideran la posibilidad de realizar la molienda fuera de su predio, ya que esto representa costos adicionales.

Esta condición genera una alta inversión en construcción y mantenimiento de las enramadas, pero la subutilización de estas genera mayores gastos que no están siendo valorados por los productores. Además, esta cultura evidencia, según sus propias palabras, el sentido de individualismo que reina tanto en este sector como en otros, ya que los gobiernos municipales y departamentales, en asocio con Fedepanela, han construido enramadas comunitarias que terminan siendo utilizadas por una o dos personas, en la mayoría de los casos y no en asociaciones por falta de desarrollo de su gobernanza, debido, entre muchos factores, al poco capital social que existe que impide la cohesión en

torno a un propósito comunitario. Además, algunas han sido mal diseñadas o ubicadas, lo que limita que las comunidades las utilicen colectivamente.

En general, los gobiernos municipales y departamentales se limitan básicamente al financiamiento de los aspectos agronómicos, pero no al mejoramiento de las enramadas y hornillas paneleras. Hay que considerar que las enramadas que contienen la hornillas requieren rediseños, a partir de entender conceptos como la transferencia de calor y el flujo de gases, de acuerdo con la cantidad de caña que se vaya a moler y transformar, y el bagazo disponible para la combustión de la hornilla. En este sentido, y según documentos técnicos del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos [Invima] (2015), se establece que las condiciones de las hornillas no son las adecuadas desde los aspectos técnico-productivos, de salubridad y ambientales, de acuerdo con referencias hechas en el documento del Registro Nacional de Trapiches realizado a nivel nacional. Sin embargo, la mayoría de los productores paneleros en los municipios donde se realizó el diagnóstico manifestaron de forma enfática que el tema del mejoramiento de enramadas es de gran interés.

Productividad

Este es el concepto que más refieren los productores paneleros como estímulo para la adopción de tecnología. Los productores entienden este aspecto, desde lo socioeconómico, como la relación positiva que debe darse entre los costos de producción y los ingresos. En este sentido, los agricultores afirman que en la última década la productividad ha disminuido significativamente, debido a diversos factores como lo son: el control errado de las plagas, o incluso por la ausencia absoluta de control; la escasa mano de obra en las zonas paneleras; el bajo precio de la panela, que no permite hacer inversiones en la adopción de mayor tecnología; las actuales afectaciones por la variabilidad climática (cambio climático), entre otros factores.

En general, los productores cuentan con factores con los que podrían mejorar su productividad, como el concepto de producción orgánica y el favorecimiento ambiental inherente al cultivo —porque la caña es una planta C4, que en términos generales captura mucho dióxido de carbono del ambiente—, lo que les

permitiría darle un estatus de cultivo más sostenible. Hay otros tantos factores que, de aplicarse, estimularían a futuro incrementos en el precio de venta de la panela, y mejorarían así la sostenibilidad del sector, en el que aspectos de productividad, y los componentes social (referido al mejoramiento de la calidad de vida) y ambiental estén presentes de forma equilibrada.

Ahora bien, la productividad del sistema de producción panelero ha sido transformada por las nuevas tendencias del mercado, que se basan en las características cada vez más exigentes de los consumidores de panela, tanto nuevos como tradicionales. Este mercado ahora incluye a la agroindustria nacional de confitería. Sin embargo, esta transformación no ha sido percibida por la mayoría de los productores, los cuales siguen en su mayoría produciendo los mismos tipos de presentación de panela, desadaptados para las condiciones de mercado actual. Una evidencia de esta afirmación se basa en las respuestas dadas por los productores de los municipios diagnosticados. Ellos refieren que la panela de cuadro por libra es la más producida (80 %) en los municipios abordados de Útica, Topaipí, La Peña y El Peñón, mientras que en el municipio de Caparrapí predominan las presentaciones de pastillas y panelón (Forero et al., 2017a). Según estas afirmaciones y las de los técnicos consultados, se concluye que, en su mayoría, los productores de Cundinamarca no atienden las tendencias del mercado de la panela como sí lo hacen otras regiones paneleras, como es el caso de la Hoya del río Suárez.

La baja diversificación de los productos obtenidos puede obedecer a razones como la falta de conocimiento en los procesos de transformación y los tipos de caña utilizados, pues no todos responden de la misma forma en todos los ambientes productivos. Además, las diferentes condiciones edafoclimáticas que presenta el departamento de Cundinamarca pueden limitar la maduración o la concentración de sacarosa en las cañas para producir un tipo de panela como la pulverizada, tan demandada en la actualidad.

Estos aspectos influyen en la estrecha cadena de comercialización, que es definida como un círculo cerrado, donde unos pocos compradores limitan o anulan la participación de los productores en la fijación del precio final de venta y compra. Esta definición de precio, para el caso de Cundinamarca, es dada por no más de seis grandes intermediarios, que compran en todas las plazas paneleras del

departamento, fijando un precio bajo que influye en el flujo de caja de miles de productores paneleros quienes, desde la lógica económica y social, subsisten, pero sin muchos excedentes para reinvertir en el sistema de producción.

Esta variable es uno de los puntos neurálgicos que poco se ha trabajado y sobre la cual la investigación técnica y académica carece de influencia, ya que es una variable que solo puede ser modificada con políticas claras desde el gobierno central, donde se regulen los mercados paneleros presentes en los municipios paneleros de Útica, La Peña, Caparrapí, Tocaima y Villeta, como los de mayor relevancia departamental. Es necesario, según este diagnóstico, eliminar peldaños en la escalera de comercialización y buscar que los productores paneleros, con ayuda de las entidades gubernamentales, encuentren canales de comercialización directa, lo cual favorecería la sostenibilidad del sistema de producción panelero en el departamento.

Finalmente, y no menos importante, es el aspecto del financiamiento productivo mediante líneas de crédito, fundamental para la sostenibilidad del sistema de producción. Los resultados del diagnóstico muestran que, por lo menos en los últimos diez años, en los municipios de Topaipí y Úticamás tan solo cerca del 20 % de los productores han solicitado un crédito agropecuario. Esta situación se evidencia de manera general, en la mayoría de los otros municipios del departamento. Hay algunos como La Peña, donde el endeudamiento generado para mejorar los sistemas de producción paneleros, llega a menos al 46 %; en municipios como Caparrapí llega al 65 %. Estos dos últimos municipios solicitan más créditos para el sistema de producción ganadera que para el sistema de producción de caña panelera. Con la información recopilada no fue posible determinar si en alguno de los municipios objeto del diagnóstico hubiese un porcentaje superior al 10 % de los créditos otorgados para el sector agropecuario destinado a mejorar el sistema de producción de caña panelera.

Entre las muchas razones que se considera que afectan la solicitud de créditos por parte de los productores está la desinformación que tienen sobre las tasas de interés, la excesiva tramitología para acceder al crédito, el fuerte temor a perder los predios por falta de cubrimiento de la deuda y las exigencias que se hacen para el otorgamiento de estos créditos, que en su mayoría incluyen requisitos como lo la declaración de escritura pública de los predios.

Los aspectos tecnológicos y socioeconómicos previamente referidos como resumen del diagnóstico realizado en cinco municipios y valorado para el resto del departamento con ayuda de técnicos especializados, determinan algunos elementos que se deben tener en cuenta para la promoción y desarrollo sostenible del sistema de producción panelero en el departamento. También pueden servir de base para la promoción de proyectos parecidos al que sustentó este ejercicio o para programas de desarrollo del sector por parte de entes gubernamentales.

Formalización de las PIPA

El Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, desde su concepción, se planificó y ejecutó teniendo como premisa la vinculación de tecnología generada por diversas instituciones de investigación y la academia. Para ello, se estableció, como uno de los ejes principales en el proyecto, la investigación mediante acción participativa que se desarrolló a través de la formalización de las Parcelas de Investigación Participativas Agropecuarias, denominadas PIPA. Estas son definidas como los espacios de concertación tecnológica con la comunidad, para realizar la implementación de las ofertas tecnológicas desarrolladas en busca del mejoramiento del sistema de producción panelero.

Después del proceso de concertación con la comunidad se escogieron cuatro tecnologías que se vincularían al proyecto, y que son el resultado de procesos de investigación especialmente generados desde del Centro de Investigación y Divulgación para el Mejoramiento de la Industria Panelera (CIMPA) de Agrosavia (Antes Corpoica). Dichas tecnologías se generaron a partir de investigaciones participativas, así como del entendimiento de las necesidades que tenían los productores paneleros y el sistema de producción en su momento.

Siguiendo esta estrategia de vinculación y adopción tecnológica, se realizó un agrupamiento de los productores involucrados en el proyecto (123), dueños de fincas con cultivos de caña panelera. El agrupamiento se llevó a cabo en cinco PIPA, una por municipio, con el objetivo de reunir en un solo lugar a los productores de cada municipio que voluntariamente se presentaron a participar en el proyecto y que posteriormente fueron seleccionados bajo parámetros transparentes y públicos.

La ubicación de la PIPA en cada municipio fue decisión de los productores, en un lugar de fácil acceso para ellos y equidistante para todos. De este ejercicio se definieron las ubicaciones en las siguientes veredas: PIPA 1) Vereda El Oso en el municipio de Caparrapí; PIPA 2) Vereda La Abuelita en el municipio de Útica; PIPA 3) Vereda El Bosque en el municipio de La Peña; PIPA 4) Vereda San Antonio en el municipio de Topaipí y PIPA 5) Vereda Peñoncito en el municipio de El Peñón (Figura 1).

La selección de las ubicaciones de las PIPA se basó en las siguientes variables:

1. Postulación voluntaria: los propietarios de las fincas donde se establecerían las PIPA debían postularse voluntariamente para recibir a otros productores, técnicos y profesionales del proyecto en sus fincas.
2. Curiosidad investigativa: los propietarios debían demostrar un interés genuino en participar en un proceso de seguimiento y toma de datos con las tecnologías planteadas en las PIPA.
3. Condiciones básicas: las fincas debían cumplir con algunas condiciones básicas, como la disponibilidad de recurso hídrico para el riego de las parcelas en épocas de verano, vías de acceso adecuadas y una altitud sobre el nivel del mar que permitiera evaluar el desarrollo fenotípico de las variedades de caña panelera en diferentes altitudes dentro de los cinco municipios.

El proceso de formalización de las PIPA consistió en la firma de un documento o convenio entre Corpoica y cada productor. Este convenio tenía como objetivo asegurar que las parcelas experimentales y el producto obtenido de ellas se repartieran por partes iguales entre los productores que formaban parte de la PIPA. Si bien la firma del convenio se realizó como medida preventiva, el trabajo de fortalecer el capital social de estos grupos fue la clave para la formalización exitosa de las PIPA. Sin un capital social sólido, no es posible lograr la cohesión social necesaria para generar la adopción tecnológica y la sostenibilidad del sistema de producción panelero.

Este enfoque de fortalecimiento del capital social no es nuevo en Cundinamarca. Los técnicos y especialistas consultados, al ajustar los resultados del diagnóstico, coincidieron en que este tipo de enfoque debe ser priorizado en los proyectos del sector, ya que tiene un impacto positivo en el desarrollo rural de estas comunidades.



Figura 1 Grupos productores en las PIPA establecidas en los cinco municipios del proyecto.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Generalidades del cultivo

A partir de esta sección, y con el propósito de favorecer los procesos de capacitación y mejoramiento de la sostenibilidad del sistema de producción panelero, se refieren los aspectos más importantes que se consideraron y concertaron con los productores, técnicos e instituciones aliadas para generar el presente manual de producción de caña, adaptado a las condiciones de Cundinamarca.

Importancia de la producción departamental y mercadeo

La producción en Cundinamarca se distribuye en 27 municipios, ubicados a lo largo y ancho de su territorio, en diversos tipos de topografía, principalmente en laderas con altas pendientes. En las estadísticas nacionales el departamento presenta la mayor área sembrada dedicada a la producción, y el segundo en producción total. Sin embargo, al analizar la producción promedio por hectárea, Cundinamarca ocupa el sexto puesto en producción promedio por hectárea con tan solo 5 t/ha; esta cifra contrasta con la Hoya del río Suárez (Boyacá y Santander) que alcanza las 12,5 t/ha; el Valle del Cauca, con 7,8 t/ha; Huila, con 7,7 t/ha, y Nariño con 7,4 t/ha (Sánchez y Forero, 2016).

A pesar de su importante participación en la producción nacional, Cundinamarca enfrenta un panorama complejo en cuanto a la comercialización. El mercadeo a nivel departamental se encuentra en manos de un reducido número de intermediarios que han monopolizado el mercado, quienes establecen de forma secreta el precio de compra de la panela en sus diferentes presentaciones.

Si bien la compra y venta de panela se realiza en casi todos los municipios productores, las pequeñas cantidades de producción se concentran, en su mayoría, en las seis plazas de mercado de panela más reconocidas del departamento: Villeta, Nocaima, Caparrapí, Útica, La cercanía y la diferenciación en los días de mercadeo facilitan la acción de los mismos compradores o intermediarios, quienes, a su vez, cuentan con una red de intermediarios secundarios para canalizar y monopolizar la mayor parte de la producción panelera del departamento.

No obstante, hay muchos productores que hacen comercialización directa o cuentan con su propia marca de panela, lo que les permite cierta autonomía y ser menos susceptibles al precio de compra fijado por unos pocos intermediarios. Sin embargo, como se mencionó previamente, en términos generales la producción se mercadea a través de estos actores; en gran medida por variables como el elevado costo del transporte, por el mal estado de las vías de acceso a muchas zonas del departamento, por la falta de asociatividad para buscar y generar otros canales de comercialización y la cultura que maneja el intermediario de prestar o favorecer la disponibilidad de dinero para las labores previas a la molienda, lo que genera un compromiso de venta a dicho actor (Forero et al., 2017a).

Los bajos niveles de producción de panela por hectárea en Cundinamarca, comparada con otros departamentos, junto a los cerrados canales de comercialización, configuran un escenario poco favorable para la sostenibilidad del sistema de producción de panela la región. Esta situación coloca a los productores en una posición de desventaja competitiva, por lo que se hace urgente la generación de mecanismos que favorezcan la adopción tecnológica con la cual se pueda revertir la tendencia a la baja productiva y la disminución de la rentabilidad del sistema de producción.

Materiales de siembra

Según datos oficiales del Censo Nacional Agropecuario (DANE, 2017), la Encuesta Nacional Agropecuaria (MADR, 2017) y la Evaluación Agropecuaria Nacional (DANE, 2016), el cultivo de la caña de azúcar para la producción de panela ocupa

un lugar preponderante en la agricultura colombiana, posicionándose como el segundo cultivo más extenso a nivel nacional, solo por detrás del café. Su desarrollo se extiende a 28 de los 33 departamentos del país, abarcando un área total de aproximadamente 133 000 ha. En general, las áreas dedicadas al cultivo de caña para la producción de presentan gran diversidad en cuanto a topografía, clima y otras variables agronómicas. A pesar de esta variedad ambiental, en la gran mayoría de estas zonas predominan pocas variedades de caña, algunas de ellas desarrolladas hace más de 60 años, como el caso de la POJ 2878 y la POJ 2714, que aún subsisten en gran parte del territorio nacional.

En Cundinamarca, el cultivo de caña de azúcar ha estado históricamente marcado por el predominio de variedades tradicionales como POJ 2878, POJ 2714, CP 57-603, PR 61-632, Co 421 y ZC, que han estado presentes en la región durante más de 50 años. La última gran introducción de un nuevo material genético se dio en la década del 90, con la variedad RD 75-11, promocionada en su momento por Agrosavia, el SENA y la Gobernación de Cundinamarca mediante programas como el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONNATA), que representó un intento por renovar el panorama varietal y mejorar la productividad del cultivo.

Las variedades de caña de azúcar actuales enfrentan un desgaste genético significativo debido al cruzamiento natural. Este fenómeno se produce en los lotes de caña por la mezcla de variedades como resultado de los programas de repoblamiento implementados alrededor del año 2000. Estos programas se implementaron en respuesta a los bajos promedios de productividad causados por el manejo agronómico deficiente del cultivo y el desgaste del suelo, lo que derivó en un sistema netamente extractivo. La situación se agravó por la alta incidencia de plagas y enfermedades, particularmente la *Diatraea* sp., que alcanzó su punto máximo durante estos años debido a la falta de conocimiento o respuestas tecnológicas viables para su control. En conjunto, estos factores han resultado en una baja producción de caña y panela por hectárea.

Esta crisis de principios de siglo evidenció la necesidad de investigar en la adaptación de variedades de caña de azúcar. Esta iniciativa, que cobró auge a partir del año 2006, dio lugar a un acuerdo entre el Centro de Investigación de la

Caña de Azúcar (Cenicaña) y Agrosavia para atender la demanda de los productores paneleros en todo el país.

La adaptación de estas variedades se basó en la renovación de materiales genéticamente viejos y de bajo rendimiento. El objetivo fue reemplazarlos por variedades más productivas y adecuadas a las zonas paneleras nacionales. Cabe destacar que la adaptación se realizó a partir de variedades desarrolladas para la producción de azúcar, las cuales, en términos generales, no difieren de las utilizadas para la producción de panela.

Para la selección de variedades con potencial productivo de panela se realiza un proceso de varios años que tiene diferentes etapas: primero, se hace una introducción a campo de los materiales de las colecciones nacionales o de Cenicaña; segundo, se establecen viveros con nuevos materiales genéticos; tercero, se realiza una caracterización preliminar de los materiales que considere aspectos agronómicos importantes, y cuarto, se selecciona y realiza la multiplicación de la semilla básica de materiales calificados como promisorios.

Este proceso se complementa con pruebas de eficiencia agronómica de los materiales promisorios, en por lo menos tres ciclos, en los cuales se evalúan parámetros como macollamiento, ancho de los tallos, altura de los entrenudos, número de brotes, susceptibilidad al volcamiento y demás variables definidas para la producción de panela. Finalmente, el proceso concluye con una caracterización avanzada del rendimiento y la calidad de la panela, para llegar a las pruebas regionales y los semilleros con los mejores materiales en fincas de productores, quienes apoyan el proceso de evaluación y apropiación de los nuevos materiales evaluados y adaptados.

El proceso de adaptación de variedades de caña de azúcar para la producción de panela lleva varios años y debe desarrollarse siempre con el firme propósito de resolver las mayores necesidades de los productores. Entre ellas, están el rendimiento en jugo, el rendimiento a panela, el deshoje y otras variables que desde el manejo condicionan su adopción.

Variedades de caña para panela utilizadas actualmente en Cundinamarca

Se podrían referir variedades de las se tenía la certeza que hasta hace unos 20 años se sembraban en el departamento de Cundinamarca, pero con la constante mezcla de materiales a partir de los repoblamientos de socas para mejorar la densidad por hectárea —un programa promocionado por la Secretaría de Agricultura de Cundinamarca y el SENA entre los años 2004 a 2006—, se perdió el rastro de muchas variedades y son pocos los especialistas que aún pueden identificarlas. A continuación, se describen las variedades de caña para panela más referidas y utilizadas por los productores en el departamento, teniendo en cuenta que las variedades POJ 2878 y RD 75-11 son las que tienen mayor área sembrada en el departamento, y sobre las cuales los productores paneleros establecen los puntos de comparación para la evaluación, adaptación y adopción de nuevas variedades.

Variedad POJ 2878

Esta variedad, originaria de la isla de Java, fue introducida en 1929 a Colombia, actualmente es la más cultivada en Cundinamarca.

En términos morfológicos la conformación de sus tallos es heterogénea, presenta un color amarillo verdoso, entrenudos de longitud media con promedio de 10 a 12 cm de altura, tiene un comportamiento de crecimiento semierecto, presenta hojas abiertas que son fáciles de deshojar. Sin embargo, posee abundante pelusa en sus tallos, lo que lo que resulta incómodo para los trabajadores.

Esta variedad se adapta bien a diversas condiciones edafoclimáticas, lo que la convierte en una opción viable para una amplia gama de zonas. En términos de rendimiento, las fichas técnicas de la variedad establecen una producción promedio de caña cercana a las 85 t/ha y de panela de 8,9 t/ha. Sin embargo, se establece que el promedio en Cundinamarca no supera las 5,5 t/ha de panela, según registros estadísticos del MADR (2017) y Fedepanela (2019). Esta variedad registra resistencia a las enfermedades del carbón, la roya y el mosaico; sin embargo, es susceptible al raquitismo de la soca y la raya clorótica,

y moderadamente susceptible a la mancha de anillo (Manrique et al., 1998; Ramírez et al., 2014).

Variedad POJ 2714

Esta variedad, al igual que la POJ-2878, tiene su origen en Java. Su comportamiento productivo presenta similitudes con esta, pero se distingue por la coloración café verdoso de su tallo. Pese a su potencial, es poco común encontrarla en la actualidad debido a la dureza del tallo.

Variedad CP-713

La variedad de caña de azúcar CP-713, como su predecesora POJ-2878, tiene su origen en la isla de Java. Su comportamiento productivo presenta similitudes con la POJ-2878, pero se distingue por la coloración café verdoso de su tallo. A pesar de su potencial, la CP-713 no es común en la actualidad debido a la dureza de su tallo, característica que le ha valido entre los agricultores los apodosos de “rompe trapiches” y “amansa yernos”.

La ficha técnica de la variedad establece un rendimiento potencial de 8 t/ha de panela. Sin embargo, al igual que la POJ-2878, los promedios de producción actuales no alcanzan este nivel óptimo. Entre las razones que explican esta brecha se encuentran el manejo inadecuado del cultivo y la deficiente fertilización (Manrique et al., 1998).

Variedad PR 61-632

Originaria de Puerto Rico (de ahí la sigla PR), llegó a Colombia a mediados de los años cuarenta aunque la fecha exacta de su introducción no está del todo clara. Esta variedad se caracteriza por sus tallos semierectos de corte alto y color morado, tiene entrenudos largos y gruesos que la hacen una variedad de alto potencial productivo. Su ficha técnica reporta un rendimiento potencial de 145 t/ha de caña y 16,46 t/ha de panela (Manrique et al., 1998). Esta productividad se ve favorecida por su destacable adaptabilidad a diversas condiciones edafoclimáticas; además, presenta tolerancia a enfermedades que comúnmente

afectan los cultivos de caña de azúcar, como la roya, el mosaico, el carbón, el raquitismo de la soca y a algunas enfermedades fungosas.

Variedad MY 54-65

Es originaria de Cuba, país con grandes explotaciones de caña y con un largo historial en el cultivo y los programas de mejoramiento genético del cultivo. Se caracteriza por su ciclo vegetativo corto, cercano a los 14 meses. El color de su tallo es morado, el desoje es completo y se presenta de forma natural, lo que facilita su manejo (Manrique et al., 1998).

Presenta una notable tolerancia a diversas enfermedades; sin embargo, presenta susceptibilidad al volcamiento en zonas de ladera, condición topográfica habitual en Cundinamarca, por lo que, a pesar de su potencial productivo, su popularidad no es tan grande entre los productores.

Según la ficha técnica, su rendimiento potencial asciende a 168,9 t/ha, que transformadas a panela equivaldrían a 20,61 t/ha.

Variedad RD 75-11

Esta variedad es originaria de República Dominicana (RD). Su introducción a las zonas paneleras del país se dio hacia mediados de los noventa y en la actualidad es la variedad que se utiliza como testigo de evaluación para las nuevas variedades que se están adaptando a la producción de panela. Es el resultado del cruzamiento de las variedades CB 38-22 y CP 57-603, lo que la define como un material ejemplar de cruzamiento para panela. Sus tallos son largos, de color amarillo verdoso, y los entrenudos son cilíndricos; desarrolla una yema ovalada y protuberante, que fácilmente rebrota en edades de corte para semilla.

El desoje no es tan natural, pero la ausencia de pelusa favorece la realización de la labor por parte de los trabajadores; macolla muy bien entre 10 y 12 tallos por soca, tiene tendencia al volcamiento en laderas y en ciertas ocasiones presenta floración indeseada. Es susceptible al ataque de *Diatraea* spp., que puede llegar al 10 % de infestación si la plaga no es controlada; esto merma mucho su producción que, según la ficha técnica, puede llegar a 193,5 t/ha.

Es resistente a enfermedades como el carbón, la mancha de ojo y de anillo, el mosaico y la roya. La calidad de la panela es excelente y la concentración de azúcares alcanza porcentajes de 21,4 °Brix, lo que al momento de la transformación se traduce en 24,19 t/ha de panela (Manrique et al., 1998; Ramírez et al., 2014).

Nuevas variedades adaptadas en Cundinamarca para la producción de panela

De acuerdo con la necesidad del país para mejorar la productividad del cultivo de la caña de azúcar para la producción de panela, Agrosavia, en convenio con Cenicaña, viene adelantando desde hace más de una década programas de adaptación de variedades de caña de azúcar para las condiciones paneleras del país. Como resultado de este convenio, actualmente se cuenta con dos nuevas variedades validadas y registradas para Cundinamarca, denominadas CC 93-7510 y CC 93-7711. Estas variedades han presentado buenos resultados en pruebas de campo, pruebas semicomerciales y siembras de productores de las regiones de Gualivá y Río Negro, en el departamento de Cundinamarca (Ramírez et al., 2014).

Variedad CC 93-7510

Producida en el año 1993 por Cenicaña, es un material de tallos medianamente gruesos, de color verde amarillento y crecimiento curvado y reclinado. Las yemas, bien definidas y de forma triangular, sobresalen del anillo de crecimiento en cada entrenudo. Sus hojas son largas y anchas, de color verde claro, con textura gruesa, pero de bordes finos (Figura 2); su desoje es natural y tiene escasa pelusa, lo que facilita las labores de cultivo.

Se adapta muy bien a suelos de baja fertilidad, comunes en Cundinamarca, y macolla muy bien. La germinación es superior al 90 %, lo que la hace una variedad muy atractiva si se compara con las variedades tradicionales que alcanzan porcentajes inferiores al 80 %. Es definida como una variedad precoz debido a que su maduración se estableció en promedio de 483 días o 16,1 meses después de sembrada.

No presenta floración y las socas muestran buen comportamiento, ya que es tolerante al volcamiento a pesar de su buen macollamiento. Tiene susceptibilidad al ataque de *Diatraea* sp., con un nivel de infestación cercana al 4,5 %; es resistente a la mayoría de las enfermedades, y a pesar de sembrarse en laderas de Cundinamarca no presenta manchas foliares, lo que le permite tener un color verde atractivo durante todo el periodo de maduración; esta característica, apreciada por los productores, le ha valido el nombre de “Vende Finca”.

Los rendimientos de caña según la ficha técnica son de 208 t/ha, que con un buen trapiche asegura un índice de extracción del 60 % y una producción promedio de panela de 26,4 t/ha, lo que supera por más de 2 t la producción de la variedad RD 75-11 (Ramírez et al., 2014).



Figura 2 Variedad CC 93-7510.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Variedad CC 93-7711

Desarrollada en 1993 por Cenicaña, la variedad se caracteriza por tener tallos medianos, gruesos, con cierta curvatura y de color verde (Figura 3). Los nudos son prominentes y anchos, de los que se destaca una yema de forma romboide y algo achatada que está muy cerca del anillo de crecimiento. Los entrenudos son cortos y gruesos, pero no presenta rajadura en los tallos; las hojas son largas y angostas y presenta un buen deshoje natural, lo que compensa la abundante presencia de pelusa. Tiene

buena adaptación a los suelos de baja fertilidad, lo que no incide en el buen macollamiento que expresa por soca.

La germinación es superior al 90 % y se crece bien bajo escasez de agua. Es de crecimiento semitardío, ya que la madurez fisiológica se alcanza a los 18 meses después de la siembra. No presenta floración y, en términos generales, tiene buen comportamiento de soca. Es muy susceptible a la *Diatraea sp.*, pues el 73 % de los tallos pueden presentar afectación por esta plaga, y llegar a un nivel de infestación cercano al 11 %. En cuanto a enfermedades es catalogada como sana; de forma no regular puede presentar manchas foliares de ojo y anillo. Los promedios establecidos en la ficha técnica de producción de caña son de 270,59 t/ha lo que se traduce en 30,8 t/ha de panela, superando a la variedad RD 7511 en más de 6 t/ha. Presenta una buena calidad de jugos, alcanzando porcentajes de 19,9 °Brix (Ramírez et al., 2014).



Figura 3 Variedad CC 93-7711.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Estas dos variedades de caña de azúcar, CC 93-7510 y MY 54-65, se validaron en estrecha colaboración con los productores asociados al Subproyecto Caña Panelera y como objetivo específico del mismo. Esta evaluación generó buenos resultados en la respuesta de germinación y macollamiento, este proceso de validación incluyó evaluaciones fenotípicas exhaustivas que permitieron confirmar las excelentes características productivas de estas variedades, tal como se detalla en sus respectivas fichas agronómicas. Además, los resultados obtenidos en la

Hoya del Río Suárez, donde estas variedades han sido ampliamente adoptadas, demuestran su excelente rendimiento en la transformación a panela. Los productores experimentaron un aumento significativo en sus rendimientos, lo que se traduce en una mayor rentabilidad para sus sistemas de producción.

Si bien las evaluaciones iniciales de producción de caña por hectárea tuvieron que ser proyectadas, pues se vieron limitadas por el tamaño de las parcelas PIPA (500 m² cada una), la oportunidad surgió de un productor en el municipio de Topaipí que sembró 5 ha adicionales de ambas variedades. Los registros de producción de este caso de estudio proporcionaron evidencia adicional de la excelente adaptación y el alto rendimiento de estas variedades en la producción de panela (Forero et al., 2017b).

Edafoclimatología

Temperatura y altitud

La caña de azúcar, *Saccharum spp.*, para producción de panela es una gramínea que se cultiva en las zonas tropicales y subtropicales de 121 países alrededor del mundo. Su capacidad de generar rebrotes de sus tallos la convierte en una gramínea perenne que se adapta desde los 700 a los 2000 m s. n. m. en temperaturas que oscilan entre los 15 y los 31 °C (Manrique et al., 1998). En Colombia se cultiva en 25 departamentos ubicados en la región Andina y en tres de los Llanos Orientales del país, que cumplen estas condiciones.

En Cundinamarca, el área de producción está ubicada en las laderas de 48 municipios, según las Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVA) del MADR (2018), municipios donde predominan altitudes entre los 800 y los 1900 m s. n. m. De acuerdo con la variabilidad en la ubicación de las unidades productivas, la temperatura es un factor que puede favorecer o limitar la producción de caña panelera y su posterior transformación. Un factor limitante importante en el cultivo es la variación térmica limitada entre el día y la noche; así, una variación térmica entre el día y la noche inferior a los 10 °C promedio limita la concentración de azúcares en la caña, lo que impacta directamente en el rendimiento final de la panela y socava la estabilidad financiera del sistema productivo debido a los bajos rendimientos de panela por hectárea.

La variabilidad climática, caracterizada por el aumento de los periodos de lluvia y sequía, está alterando los patrones de temperatura en las zonas paneleras. Este cambio climático genera un impacto negativo en la producción de panela, ya que las altas temperaturas durante los periodos de sequía pueden provocar

sobremaduración de la caña o una reducción en la cantidad de rebrotes, afectando directamente el rendimiento final.

Precipitación

La precipitación anual adecuada para el cultivo de la caña de azúcar, según algunos autores, es de 1500 mm anuales, los cuales deben estar distribuidos uniformemente durante el período de crecimiento de nueve meses. Manrique et al. (1998) y Manrique et al. (2000) definieron que en Colombia los niveles de precipitación para la producción de panela varían entre los 1500 y 2500 mm, según las condiciones agroclimatológicas de cada zona. Investigaciones más recientes en el tema han definido que la precipitación óptima para el desarrollo del cultivo de caña no es un estándar y que varía de acuerdo con las variedades utilizadas y las zonas donde es sembrada (Ramírez et al., 2014).

Según datos climáticos registrados hasta el 2016 en los 48 municipios paneleros de Cundinamarca y el análisis de registros históricos, el departamento presenta dos períodos de lluvias bien definidos: uno entre mayo y junio y otro entre septiembre y noviembre. Estos periodos de precipitación, que en conjunto alcanzan un promedio de 1500 mm para las zonas paneleras, son suficientes para el desarrollo adecuado del cultivo de caña de azúcar.

Según los productores asociados al Subproyecto Caña Panelera (133), los patrones de precipitación en las zonas paneleras han sido alterados por la variabilidad climática. En regiones como Río Negro y el Bajo Magdalena, los periodos de sequía se extienden por más de nueve meses, concentrando las precipitaciones en apenas tres meses del año. Esta alteración del régimen hídrico genera estrés hídrico en las plantas durante la sequía, lo que puede inducir floración prematura, y exceso de agua durante las lluvias, que ocasiona bajos índices de madurez al momento del corte. Ambas condiciones son desfavorables para el rendimiento de panela por hectárea (Forero et al., 2017b).

Luz

La luminosidad juega un papel crucial en el desarrollo óptimo del cultivo de caña de azúcar, ya que favorece los procesos fotosintéticos que son esenciales para la producción de sacarosa (mayor nivel de grados Brix) y un alto porcentaje de pureza (Manrique et al., 1998). La caña de azúcar posee un área foliar extensa donde se llevan a cabo estos procesos. Sin embargo, los periodos prolongados de nubosidad, al reducir la tasa fotosintética, afectan negativamente el desarrollo de las cañas al disminuir la translocación de hidratos de carbono de las hojas a los nudos del tallo, lo que inhibe el transporte de sacarosa al mismo. Según Manrique et al. (1998), los rendimientos del cultivo en zonas de alta nubosidad y bajo brillo solar se reducen entre 25 y 35 %.

En su mayoría, las áreas paneleras de Cundinamarca están ubicadas en zonas con buena luminosidad; sin embargo, los cultivos que están ubicados en altitudes más cercanas a la transición cafetera (1600 a 2000 m s. n. m.), pueden presentar deficiencias en la disponibilidad de luz. Esta condición causa bajos rendimientos debido a la limitación de los procesos fotosintéticos requeridos para la formación de sacarosa en los tallos.

Vientos

Los vientos fuertes, especialmente durante vendavales, pueden ocasionar el volcamiento de las socas de caña de azúcar, lo que representa una pérdida significativa para los productores. Además, estos vientos, particularmente si coinciden con épocas de altas temperaturas, incrementan la transpiración de las hojas y la desecación de los suelos, afectando negativamente el desarrollo del cultivo. En el contexto de la producción de panela en Colombia, que se concentra principalmente en zonas de ladera, este factor climático juega un papel crucial. Las corrientes cálidas que ascienden por las laderas generan microclimas que influyen directamente en el crecimiento y la productividad de las plantas de caña.

Los productores paneleros de Cundinamarca prefieren el entresaque al corte por parejo por diversas razones. En primer lugar, porque el corte por parejo genera una mayor desecación de los suelos, mientras que el entresaque, al permitir la permanencia de algunas cañas en pie, favorece la retención de humedad. En segundo lugar, porque el entresaque ayuda a romper las corrientes de aire durante la cosecha, lo que reduce el riesgo de volcamiento de las socas, especialmente en zonas de ladera. Este problema es particularmente crítico en lotes de resiembra o nuevos, donde las cañas de azúcar aún no han desarrollado un sistema radicular robusto para anclarse al suelo. En contraste, las variedades antiguas, con al menos 20 años de establecimiento, han superado esta limitación y son menos propensas al volcamiento.

Sin embargo, las pruebas agronómicas realizadas para registrar las dos nuevas variedades en Cundinamarca (CC 93-7510 y MY 54-65) obtuvieron bajos niveles de volcamiento, y en las PIPA establecidas en condiciones de ladera se evidenció, en las evaluaciones hechas por mismos productores, que este factor no fue limitante para la adopción de estas dos variedades (Forero et al., 2017b).

Suelo

La caña para la producción de panela es considerada, por productores y profesionales, un cultivo poco exigente en cuanto a las condiciones edáficas, ya que puede ser cultivada exitosamente tanto en suelos arenosos, como franco-arcillosos y arcillosos, con un poco de manejo. No obstante, el cultivo se desarrolla mejor en suelos profundos, bien drenados, de textura franca, con una densidad aparente de 1,1 a 1,2 g/cm³ (1,3 a 1,4 g/cm³ en suelos arenosos), con una porosidad total superior al 50 %, una capa freática entre los 1,5 y los 2 m desde la superficie, y una capacidad de retención de la humedad disponible del 15 % o superior (15 cm/m de profundidad del suelo).

El pH óptimo del suelo para su cultivo es cercano a 6,5. Sin embargo, en Cundinamarca y otras partes del país, la caña panelera puede tolerar rangos considerables de acidez y alcalinidad del suelo. Por esta razón se encuentran cultivares en suelos con pH entre 5,0 y 8,5, por lo que es necesario y recomendado para los

productores realizar encalado o aplicación de yeso en casos extremos. Infortunadamente, de forma general se presenta una cultura extractiva del cultivo donde la aplicación de cal agrícola es poco utilizada, por factores como el desconocimiento del por qué aplicarla, su costo —aunque el valor es relativamente bajo frente a otros productos— y la falta de mano de obra para realizar estas labores.

Varios trabajos realizados por el SENA y otras entidades han demostrado de forma contundente que la sola aplicación de cal favorecería la corrección del pH del suelo y, por ende, la movilidad de elementos químicos que están presentes o que se encuentran disponibles allí, por efecto de la descomposición de hojarasca en los lotes cosechados. Esto genera un aumento en la productividad de número de tallos por hectárea, que al final se traduce en un mayor rendimiento en la producción de panela.

Es fundamental que cualquier aplicación, bien sea de cal u otro componente, a los lotes paneleros esté siempre referida y soportada en los análisis de suelo que son la base fundamental para el adecuado manejo del suelo en toda región y en todo cultivo.

Manejo agronómico

Instalación del cultivo

El cultivo de caña panelera en Cundinamarca se caracteriza por una serie de etapas agronómicas que permiten obtener panela y mieles como productos principales, además de subproductos para la alimentación animal. Estas etapas, consideradas fundamentales para el éxito del cultivo, están influidas por las características socioeconómicas del departamento. La influencia de estos factores ha dado lugar a la adaptación, adopción o rechazo de ciertas prácticas por parte de los productores cundinamarqueses. Por lo tanto, el presente manual aborda dichas prácticas de manera particular, considerando el contexto socioeconómico y productivo de la región (Forero et al., 2017b).

Preparación del terreno

La preparación del suelo constituye el paso inicial en el cultivo de caña panelera y tiene como objetivo fundamental crear las condiciones óptimas para la germinación de la semilla, y para garantizar un equilibrio adecuado entre el suelo, el agua y el aire. Esta etapa es crucial, ya que en ella se establecen el tamaño de las moliendas, la recolección y los caminos de acceso y salida de los lotes para facilitar el apronte. Adicionalmente, con la preparación de suelos se logra la destrucción de arvenses y residuos de cultivos anteriores, el aumento en la capacidad de infiltración y retención de agua en el suelo, una mejor aireación e intercambio de aire entre el suelo y la atmósfera, una mejor penetración de las raíces, el aumento en la disponibilidad

de los nutrientes y la actividad microbiana en el suelo, así como la destrucción de las capas compactadas, resultantes de la deficiente preparación de suelos y del tráfico de la maquinaria.

En Cundinamarca este aspecto es poco desarrollado, ya que los cultivos de caña son poco renovados y pocas veces se hacen siembras nuevas de lotes dentro de la finca, debido a que las socas de caña llevan establecidas en promedio 40 o más años, principalmente con las variedades POJ 2878, POJ 2714 (50 años), Puerto Rico “PR”, Mayagues “My”, ZC (40 años) y la variedad RD 75-11 (28 años), introducida en Cundinamarca por Corpoica (hoy Agrosavia) hacia la década de los noventa.

Cuando se hace siembra de lotes nuevos, según las condiciones topográficas presentes, se busca conectar los caminos por donde las mulas hacen el traslado de la caña a la enramada o zona de poscosecha. Una vez identificado el lote para siembra nueva, se procede a rozar, limpiar y despegar de ramas y residuos de cultivos anteriores. En algunos casos se hace un pase de arado de vertedera con tracción animal; posteriormente, se hace el marcaje para los surcos y el ahoyado o zanjeado, según el tipo de sistema de siembra definido para estos casos (chorrillo doble o sencillo y mateado) (Figura 4).

Después de esta roza, los productores de Cundinamarca solían provocar quemas del material rozado. Sin embargo, gracias al control y las regulaciones implementadas por la Corporación Autónoma Regional (CAR) de Cundinamarca, estas prácticas han disminuido significativamente en los últimos años. Esta iniciativa ha contribuido a la conservación de la biodiversidad, y a la prevención y control de incendios provocados por la intervención humana en la región.

Si bien las quemas han disminuido considerablemente, aún se observan en algunos sectores, una práctica que los propios productores cada vez más rechazan. De hecho, en algunos casos, han colaborado en el control de incendios que se han salido de control, avivados por fuertes vientos y exacerbados por las épocas secas que incrementan los riesgos.



Figura 4 Selección (a) y preparación del terreno (b) para siembras nuevas.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

A continuación, se mencionan las etapas para una adecuada preparación del suelo para el cultivo de caña panelera en Cundinamarca:

Primer desmonte o soqueo de cultivar viejo

Generalmente se realiza de forma manual mediante machetes y azadones. Debido a la topografía del terreno y a las pendientes pronunciadas, el uso de maquinaria agrícola halada por tractore es infrecuente (Forero et al., 2017a).

Nivelación de terreno

Esta práctica se realiza generalmente con azadón, pero en los lotes planos donde se puede hacer con maquinaria agrícola se utilizan niveladoras hidráulicas. Esta práctica tiene como fin prevenir encharcamientos en los lotes, los cuales son perjudiciales para una caña recién plantada. En las zonas de ladera puede hacerse con un tronco o viga de madera halada por bueyes o caballos, dependiendo la topografía del terreno (Forero et al., 2017a).

Encalado

Consiste en agregar cal agrícola al suelo con el objeto de corregir su acidez, teniendo presente de antemano que la caña requiere un pH de 5,5 a 7. Para llevar a cabo el encalado se pueden utilizar productos como calcinita o dolomítico, aplicando las dosis sugeridas por un ingeniero agrónomo de acuerdo con los resultados de análisis del suelo. El encalamiento puede hacerse al voleo,

pero los productores cundinamarqueses lo hacen aplicando uno o dos puñados de cal por cada hoyo donde se sembrarán los toletes, o en calle si es sistema a chorrillo sencillo o doble.

En suelos más planos, el encalado se suele realizar de manera mecanizada con rastras de 26 a 28 pulgadas, que consiste en hacer un volteo del suelo para que la cal sea incorporada de manera más efectiva. Sin embargo, en Cundinamarca a causa de la topografía y de arraigadas prácticas tradicionales, el encalado se lleva a cabo manualmente en el hoyo o surco de siembra coincidiendo con el momento de la siembra (Forero et al., 2017a).

Subsolado

Esta labor no se realiza en Cundinamarca, pero consiste en fracturar el suelo hasta una profundidad de 60 cm, con el fin de destruir las capas compactadas o impermeables y, de esta manera, mejorar la estructura y facilitar el movimiento de aire y agua (Forero et al., 2017a).

Marcación de curva de nivel

Esta técnica consiste en trazar líneas horizontales a lo largo del terreno, siguiendo su pendiente natural, para definir los surcos de siembra. La marcación de curva de nivel es una práctica fundamental en Cundinamarca, especialmente en terrenos con pendientes pronunciadas, ya que permite minimizar la erosión y prevenir el volcamiento de la caña de azúcar. Actualmente, existen implementos que facilitan la siembra sobre las curvas de nivel, optimizando el uso del terreno y maximizando su productividad.

La marcación de la curva de nivel en Cundinamarca se realiza con nivel manual y con base en la experiencia de los productores. No obstante, existen dificultades en su implementación efectiva por prácticas de manejo inadecuado de los cultivos y por algunas resiembras mal realizadas, que han ocasionado que muchos lotes en diversas zonas del departamento presenten problemas de erosión y de manejo del suelo, por la ausencia o deficiencia en la implementación de las curvas a nivel (Forero et al., 2017a).

Surcada: en algunas zonas de Cundinamarca, dependiendo la topografía y las pendientes, esta labor se realiza para la siembra por chorrillo o chorrillo doble. Esta operación se hace al unísono junto a la fertilización química u orgánica. Los surcos deben tener una profundidad entre 30 y 35 cm y un espaciamiento entre 1,3 a 1,8 m. No obstante, dichos valores dependerán del tipo de cosecha que se quiera realizar.

Zanjeado y ahoyado

Las condiciones topográficas en zonas de alta pendiente obligan a que las longitudes de los surcos no superen los 60 m y a que los lotes sean moderados en cuanto a su extensión de área (Manrique et al., 1998). Dicha condición está asociada también a las áreas de producción que, para el caso de Cundinamarca, son consideradas zonas de minifundios, donde el aprovechamiento de las áreas obliga a los productores a sembrar en zonas de alta pendiente (Forero et al., 2017b).

Bajo las condiciones productivas del departamento de Cundinamarca, las distancias entre surcos y hoyos pocas veces son homogéneas ya que la topografía presenta pendientes superiores al 50 % y en muchas zonas superiores al 100 %. Esto obliga a que el trazado del terreno deba realizarse en curvas de nivel; adicionalmente, la presencia de piedras, árboles y otros elementos físicos presentes en los lotes desfavorece la homogeneidad de los trazados de surcos para la siembra. De acuerdo con lo anterior, para el sistema de siembra a chorrillo se recomiendan distancias entre 0,8 y 1,2 m entre surcos, y para el sistema mateado (hoyo) de 1 a 1,3 m entre surcos (Figura 5).

Para el caso del ahoyado, las siembras en chorrillo doble o sencillo tienen una profundidad de 20 cm y un ancho de 20 a 30 cm; mientras que para el sistema en mateado requiere huecos de 30 a 40 cm de profundidad y de 30 a 40 cm de ancho (Manrique et al., 2008). En Cundinamarca, donde predomina la siembra en mateado, esta labor se realiza manualmente, lo que implica un alto requerimiento de mano de obra. Esto dificulta la nivelación de los surcos y deja la ubicación de los hoyos para la siembra a discreción del operario, afectando también el número de socas por hectárea.

A pesar de su generalidad, y en función de las edades de las socas, Cundinamarca no presenta un promedio general de socas por hectárea, lo que limita la proyección productiva a nivel departamental y municipal. Esto se debe a que esta variable, asociada con las características edafoclimáticas, influye en el número de socas por establecer. Las distancias definidas previamente se han establecido generalmente a partir de diversas investigaciones que concluyeron que a mayores distancias entre surcos se presenta bajo rendimiento del cultivo, a raíz de la competencia que presentan las arvenses.



Figura 5 Surcado (a) y ahoyado (b) para siembra de nuevas socas de caña panelera.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Selección de semillas

La caña panelera es una planta que procede genéticamente de muchas otras especies, lo que la define como una planta heterocigota. Esta condición genética afecta la producción de semillas verdaderas, lo que obliga a que la propagación de esta especie sea mediante la germinación de tallos, estacas o toletes.

En la actualidad, esta técnica se ha mejorado al punto de que la propagación se hace a partir de un trozo pequeño de caña donde se encuentre la yema.

Para el caso de la caña panelera, los trozos o estacas son denominados “semilla”, la cual debe ser tomada del tercio superior de las cañas en lotes de producción, o de cañas completas que son destinadas para semilla y que no superen los nueve meses de edad.

Para realizar una buena selección de la semilla en condiciones de finca se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a. Los lotes seleccionados para la extracción de semilla no deben presentar afectación por plagas y enfermedades.
- b. Las plantas deben mostrar un excelente estado nutricional.
- c. La edad de corte debe ser de nueve meses, donde hay un excelente estado vegetativo pero las yemas están en pleno vigor para una buena germinación.
- d. Se debe seleccionar semilla de una sola variedad y evitar las mezclas.
- e. Se deben seleccionar yemas funcionales, preferiblemente del primer tercio superior en lotes de producción, pero en el caso de lotes destinados para semilla de nueve meses de edad, se puede aprovechar todo el tallo en general.

Una vez seleccionada la semilla, se procede a su toleteado o picado, que básicamente consiste en cortar trozos de 30 a 40 cm con tres o cuatro yemas. Posteriormente, se recomienda hacer una fumigación al material con un producto de síntesis química, como Clorpirifos, preferiblemente en el lote de donde se corte la semilla, para evitar el traslado de insectos a sitios de nuevas siembras o resiembras (Murcia y Ramírez, 2015) (Figura 6).



Figura 6 Corte y selección de semilla de caña.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Posteriormente, se debe realizar una desinfección de la semilla, que consiste en la inmersión de esta durante 10 o 15 min en una solución con 3 ml de Clorpirifos y 3 g de un fungicida como Vitavax 300 en 1 l de agua (MADR, 2017). Adicionalmente, existen tratamientos térmicos para la desinfección del material. Dichos tratamientos se realizan para prevenir la propagación de enfermedades bacterianas como el raquitismo de la soca (RSD) y la escaldadura de la hoja (LSD).

No obstante, estas técnicas térmicas son poco utilizadas por los productores de caña en Cundinamarca, ya que para ellas se requiere de una infraestructura y de tiempo de extra para realizar los procesos.

En el caso de Cundinamarca, la caña destinada para la semilla, de forma general, es extraída de los mismos lotes y cañas que van para la molienda, ya que la cantidad requerida no es abundante, pues prevalece la resiembra y no la siembra de lotes nuevos. La semilla se obtiene de la parte superior o los cogollos, donde las yemas son más tiernas, y poco o nada se realiza una desinfección de esta.

Tipos de siembra utilizados: chorrillo y mateado

La siembra puede efectuarse con sembradoras mecánicas o manualmente; esta última es la forma más empleada en toda Colombia y Cundinamarca no es la excepción.

Sistema a chorrillo

Se emplea cuando el productor va a sembrar áreas que se encontraban destinadas a ganadería y otros cultivos, o cuando realizan la renovación de lotes por bajo rendimiento (Figura 7). En este sistema, una vez aplicada la cal al suelo, se coloca la semilla acostada en el fondo del surco, cubriéndola posteriormente con una capa de suelo de 3 a 5 cm, ya que una capa más gruesa retrasaría la emergencia y podría afectar la germinación. Cabe resaltar que para promover el brote de las yemas en esta etapa es importante contar con una buena humedad en el suelo para evitar la deshidratación del material, ya que la siembra se extiende muchas veces hasta entradas las horas de la tarde, después de pasar por el sol intenso del mediodía. El sistema de chorrillo es el de elección para zonas semiplanas o con pendientes inferiores al 50 %, donde la mecanización es una opción para la preparación del terreno.

Sistema mateado

En el sistema de siembra en mateado se realiza el encalado de los hoyos, e inmediatamente se colocan de tres a cuatro toletes por sitio, que aseguren de 10 a 12 yemas, las cuales deben ser colocadas de forma lateral o hacia arriba. Posteriormente, se cubre el hoyo con la misma tierra retirada, presionando el suelo para sacar el exceso del aire, pero evitando apretar en exceso, ya que esto puede llegar a afectar la emergencia de las yemas, que posteriormente se definirán como los nuevos tallos. La tendencia en Cundinamarca es realizar siembras o resiembras con el sistema mateado (Figura 7), ya que poco se realizan siembras nuevas.

En ambos sistemas de siembra es indispensable tener en cuenta las épocas de lluvia, ya que en el departamento de Cundinamarca los requerimientos hídricos de la caña panelera son suplidos con el agua de las precipitaciones y poco se utilizan sistemas de riego, por las condiciones topográficas, por la escasez de agua y por el costo. Sin embargo, en fincas donde existen fuentes de agua permanentes, o reservorios, es factible suplir las deficiencias hídricas a través del riego por gravedad o por aspersión, dependiendo de la presión del caudal de agua.



Figura 7 Siembra en chorrillo (izquierda) y mateado (derecha).

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Manejo integrado de suelos y fertilización

Manejo de suelos compactados

La presencia de capas impermeables o compactadas bajo la superficie del suelo es un fenómeno común en campos con regímenes de mecanización intensiva o poca rotación, como es frecuente en Cundinamarca. Cuando se presenta este fenómeno se presentan varios efectos que se describen a continuación:

- Reducción de la porosidad, tasas de infiltración y capacidad de almacenamiento de agua.
- Menor absorción de agua y nutrientes.
- Aumento de la densidad aparente en suelos delgados a medios con densidades de 1,5 a 1,7 g/m³ y suelos pesados con densidades de 1,45 a 1,57 g/m³ y, por ende, incremento en la resistencia del suelo a la penetración y proliferación radicular, lo cual causa el desarrollo de sistemas radiculares superficiales que hacen que la planta sea susceptible a la sequía (Manrique et al., 2000).

Para remediar el efecto de los suelos compactos en Cundinamarca se recomiendan las siguientes medidas correctivas:

- Arado profundo, subsolado o cincelado, a una profundidad de 50 a 75 cm en zonas de ladera; realizarlas con yunta de buey, ya que los sistemas de mecanización en pendientes no son recomendados.
- Aplicación de 25 t/ha de estiércol fresco (abonos orgánicos) e incorporación de plantas que sirvan como abonos verdes.
- Incorporación de 5 t/ha de yeso.

No obstante, en Cundinamarca se evidencian cada vez más lotes con problemas de compactación, generada por el pisoteo de las mulas en el proceso de corte y apronte, y por los malos manejos de los suelos con prácticas como las quemadas, entre otras.

Manejo de suelos ácidos

Generalmente los suelos ácidos se encuentran en áreas de alta pluviometría y en suelos con alto contenido de materia orgánica. La acidez del suelo afecta adversamente el crecimiento de la caña, pues impide la movilidad de nutrientes, lo que ocasiona bajo rendimiento y baja calidad de la panela. Además, la alta acidez favorece la toxicidad por aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn). La toxicidad por aluminio puede producir síntomas de deficiencia de fósforo (P) debido a la precipitación del complejo aluminio-fosfato en el suelo y en la planta. A su vez, la deficiencia de calcio (Ca) está asociada con la toxicidad por aluminio en suelos ácidos (Manrique et al., 2000).

En suelos con condiciones ácidas o pH menor a 5,2, el aluminio desplaza al calcio en el complejo de intercambio catiónico generando toxicidad si supera el 30% de la capacidad de intercambio. Los suelos arenosos, de baja capacidad de intercambio catiónico, son más propensos a la toxicidad por aluminio, incluso con concentraciones menores en la solución del suelo. En suelos ácidos con bajo contenido de calcio, las aplicaciones excesivas de potasio (K) pueden inducir a una deficiencia de calcio.

La diversidad de tipos de suelo presentes en Cundinamarca genera considerables limitaciones productivas en varias zonas del departamento. Lamentablemente, la costumbre entre los productores de omitir los análisis de suelo agrava las problemáticas asociadas a su acidez, afectando negativamente la producción agrícola.

En Cundinamarca, el encalado es la práctica habitual para mitigar los efectos adversos de la acidez del suelo. Sin embargo, su aplicación no tienen en cuenta los resultados de los análisis de suelo o las recomendaciones establecidas de forma general para cada tipo de suelo, lo que limita su efecto y concluye en una práctica de poco efecto, pues no se evidencian los resultados.

A continuación, se refieren algunas cantidades que se recomienda aplicar de forma general, dependiendo del tipo de suelos. Sin embargo, esta referencia no supe la recomendación que pueda darse como resultado de los análisis de suelo.

- Suelos arenosos: 450-675 kg/ha cada dos años.
- Suelos franco-arcillosos: 1800-2250 kg/ha cada tres a cuatro años.

- Suelos arcillosos: 2700-3600 kg/ha cada cuatro a cinco años.
- En suelos ácidos la harina de huesos y las rocas fosfatadas son más adecuadas como fuentes de fósforo.

Requerimientos nutricionales de la caña panelera

Pese a conocer la importancia de la fertilización en el cultivo de la caña, en Cundinamarca la práctica casi nula de realizar análisis de suelos y conocer los requerimientos nutricionales que requiere el cultivo reducen la productividad. En este sentido, a continuación se refieren de forma general los elementos más importantes para el desarrollo del cultivo de caña panelera, sin considerar las características específicas de cada suelo y las demandas del cultivo, pues en Cundinamarca se refleja la arraigada cultura de no fertilizar, práctica definida por algunos autores como cultura extractivista.

Nitrógeno (N): el nitrógeno es un elemento que en la planta de caña se combina con los azúcares para formar aminoácidos y proteínas, que llegan a constituir hasta el 50 % del protoplasma celular. Este nutrimento hace parte de la clorofila y en la planta de caña estimula el crecimiento y la formación de azúcares y sacarosa. Sin embargo, aplicaciones excesivas, extemporáneas y tardías, producen efectos indeseables tales como el encamado (volcamiento), el retardo en la maduración, la producción de mamones (retoños de agua) y la formación de tallos acuosos y succulentos, que, a pesar de generar altos tonelajes de caña, producen panela de inferior y mala calidad, debido a que su nivel de grados Brix es bajo y los jugos formados tienen altos contenidos de azúcares reductores.

Fósforo (P): el fósforo se encuentra en todas las zonas de crecimiento, tanto de raíces como de meristemas terminales, y hace parte del protoplasma celular. En las hojas, en forma de fosfatos, interviene en la fotosíntesis y en la liberación de energía por oxidación de la glucosa. El fósforo es indispensable en la transformación de azúcares simples a sacarosa. Este elemento es requerido por las plantas de caña especialmente en los primeros meses de crecimiento, porque estimula el desarrollo radicular, el macollamiento vigoroso y la formación de tallos. Se afirma, además, que acelera los procesos de maduración y es necesario para la producción de

almidones. Cuando el contenido de fósforo es bajo en la planta, la caña no utiliza todo el nitrógeno absorbido y, como consecuencia, se retarda la maduración.

Potasio (K): El potasio desempeña un papel crucial en el sistema enzimático de las plantas de caña de azúcar, activando particularmente la invertasa, una enzima clave en la producción de carbohidratos y la formación de almidones y azúcares. Una ligera deficiencia de potasio ocasiona sensibles disminuciones en la formación de almidones, afectando negativamente el porcentaje de sacarosa, componente fundamental para la elaboración de panela. En la planta, un balance adecuado de nitrógeno y potasio promueve la formación de tejidos resistentes y previene el volcamiento.

El cultivo de caña extrae del suelo grandes cantidades de nutrientes en cada corte, de lo cual son conscientes los productores paneleros a nivel nacional. Sin embargo, solo en algunas partes del país, como la Hoya del río Suárez, se hace un manejo adecuado del suministro de nutrientes que requiere el cultivo para generar buenas producciones. Cundinamarca, de forma general, mantiene una cultura del manejo extractivo del cultivo que genera como resultado un gradual detrimento de los suelos que soportan los cultivos de caña, lo que se traduce en bajos rendimientos de caña y panela por hectárea, respectivamente.

Los nutrientes que se extraen del suelo a través de las cosechas deben ser retribuidos a través de programas de fertilización, de acuerdo con los resultados de los análisis de suelo (Sánchez y Forero, 2016). No obstante, en la zona de influencia del Subproyecto Caña Panelera se estableció —como se refirió en la parte del diagnóstico—, que menos del 10 % de los productores paneleros han realizado muestreos de suelo de forma general para su análisis fisicoquímico y la posterior definición de un plan de fertilización.

Dentro de las diversas razones que sustentan los productores en Cundinamarca para evitar esta práctica está la de considerar que el reciclaje de nutrientes resultado del despaje de las cañas es suficiente, ya que este material se descompone dentro del lote y se reincorpora al suelo en un ciclo válido de recuperación de nutrientes. No obstante, en la realidad esta práctica es insuficiente y al carecer de otro tipo de incorporación de enmiendas orgánicas, o de fertilizantes de síntesis química, los rendimientos del cultivo de caña son bajos y gradualmente lo serán más.

Los productores también señalan el inconveniente de fertilizar lotes sometidos a entresaque, donde quedan cañas inmaduras con un desarrollo promedio de 90 días. La aplicación de fertilizantes en estas condiciones induce reacciones fisiológicas que disminuyen la concentración de azúcares, lo que resulta en puntos de miel en lugar de panela durante la molienda.

Diversos autores coinciden en que para el cultivo de caña panelera se requieren principalmente nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, manganeso, azufre y hierro (Durán, 2010; Manrique et al., 1998; Manrique et al., 2000; Murcia y Ramírez, 2015; Mendieta et al., 2016; Villamizar et al., 2004). Sin embargo, su movilidad depende en gran parte del pH del suelo. Al respecto, a partir de los resultados del análisis de suelo se recomienda iniciar gradualmente con la corrección del pH, para inducir la movilidad de algunos elementos que estén presentes en el suelo.

Cabe mencionar que la fertilización en los cultivos de caña para producción de panela en Cundinamarca se ve limitada por la baja adquisición de fertilizantes comerciales por parte de los productores. Al respecto se recomienda complementarla con la elaboración y aplicación de abonos orgánicos dentro de la finca, hechos con subproductos de esta, para suplir de alguna manera los requerimientos nutricionales del cultivo y favorecer el valor del producto final al promover, en cierta medida, la producción orgánica.

Para realizar la fertilización existen diferentes métodos y productos, los cuales involucran aplicaciones mecánicas (enterrado y aspersion), manuales (al voleo y puyado), de fertirriego (goteo) y líquidas.

La primera fertilización: se realiza entre 30 y 45 días después de la siembra (dds), dependiendo de la época. Se utiliza principalmente urea como fuente de nitrógeno, y se llegan a aplicar hasta un total de 12 bultos de 50 kg; sin embargo, como se ha mencionado previamente, la mayoría de productores en Cundinamarca no aplica ningún tipo de fertilizante, aunque existen algunos agricultores que aplican N-P-K, según recomendaciones del análisis de suelo.

La segunda fertilización: se puede aplicar desde los 60 hasta los 90 dds y, en algunos casos, hasta los 120 dds, para completar la fracción definida en las recomendaciones. No obstante, en algunos casos, el fraccionamiento de los fertilizantes

se puede realizar hasta tres veces sin alterar la dosis total; en caso contrario se verá afectada la edad de la cosecha y la concentración de sacarosa (Figura 8).



Figura 8 Aplicación de fertilizantes en el cultivo de caña panelera.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Manejo integrado de plagas

La literatura sobre el cultivo de la caña de azúcar para panela registra alrededor de seis plagas que afectan el cultivo. Sin embargo, en Cundinamarca, los productores señalan cuatro plagas como limitantes para la productividad del cultivo: el barrenador de la caña, el cucacho cornudo, el salivazo y el complejo simbiótico hormiga loca. A continuación, se describen estas plagas, así como algunas recomendaciones para su manejo y control (Forero et al., 2017b).

Barrenador de la caña (*Diatraea* sp.)

Descripción y daño: es un lepidóptero del género *Diatraea*, representado en Colombia por cinco especies que afectan el cultivo de caña panelera: *Diatraea saccharalis*; *Diatraea busquella*; *Diatraea rosa*; *Diatraea tabernela* y *Diatraea indígena*.

Considerado el insecto más perjudicial en las plantaciones de caña de los países americanos, este lepidóptero es común en los ecosistemas colombianos donde se cultiva la caña, tanto para la industria azucarera como para la panelera. En efecto, se ha llegado incluso a reportar la afectación de varios entrenudos por una sola larva.

Cuando el insecto afecta las plantas jóvenes que aún no han formado entrenudos, perfora el tallo por la parte basal, haciendo una galería en el interior y secando la hoja bandera, lo que causa el síntoma conocido como “corazón muerto”. Por otro lado, cuando la caña se encuentra formado entrenudos, el daño se centra en la perforación del tallo por parte de la larva cuando esta ingresa a este (Figura 9).

El ciclo de vida del barrenador de la caña inicia con la puesta de huevos por parte de la polilla hembra, quien los deposita en el envés o haz de la hoja. Cada hembra puede colocar alrededor de 500 huevos, los cuales eclosionan entre 5 y 10 días, dependiendo de las condiciones climáticas. Las larvas recién nacidas (Figura 9a) perforan el tallo y se alimentan de él durante 20 a 35 días. Posteriormente, se convierten en pupas y se ubican cerca del orificio de perforación entrada y salida. Las hembras adultas son más grandes que los machos y tienen un color pajizo, blanco o habano; son de hábitos nocturnos y les atrae la luz, lo que facilita su control.

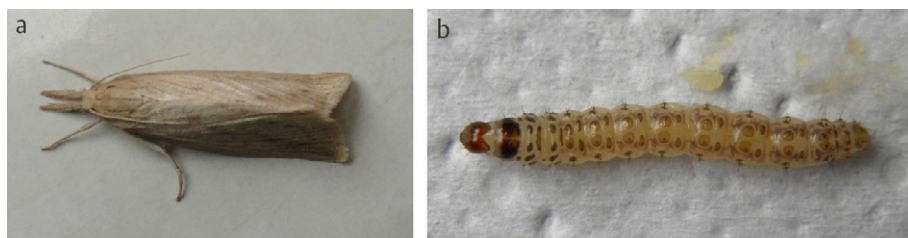


Figura 9 Barrenador del tallo en estado larval (a) y adulto (b).

Fuente: Pablo Osorio (2019).

Recomendaciones de manejo: el control del barrenador de la caña (*Diatraea sp.*) requiere un enfoque integral que combine diversos métodos de control. Existen cuatro tipos principales de control:

- **El control físico:** que consiste en la incorporación de trampas de luz negra que atraen a los adultos, que son capturados y eliminados posteriormente.
- **El control cultural:** que, como ya se definió, es producto de la utilización de material sano y la destrucción de los residuos de la cosecha.
- **El control químico:** es el menos utilizado ya que con este tipo de control también se eliminan otros insectos que contribuyen al control natural de la plaga, así que debe considerarse como última opción.

- **El control biológico:** que resulta de la liberación de parasitoides de huevos, como el *Trichogramma* sp. o las larvas de *Paratheresia claripalpis* que son las más comunes.

Si bien el control biológico ha ganado terreno en Cundinamarca, enfrenta desafíos en cuanto a la distribución y comercialización de los insectos benéficos. Esto se debe a que los laboratorios que los producen están principalmente en el Valle del Cauca, lo que encarece el valor del producto. Los productores cundinamarqueses reconocen la efectividad del control biológico pero, ya que no se hace de forma generalizada y en el marco de programas que tengan mayor cobertura, los esfuerzos individuales de algunos productores paneleros no reflejarán la disminución de la plaga de manera significativa. La capacidad de vuelo de las polillas adultas, que puede extenderse por kilómetros gracias a las corrientes de aire, implica que un cultivo controlado siempre está expuesto a un potencial ataque.

Cucacho cornudo o cucarrón de invierno (*Podischnus agenor* Olivier)

Descripción y daño: el cucacho o cucarrón de invierno (Figura 10), es reportado en casi todos los países de Centro y Suramérica. El daño es causado por el adulto ya que se alimenta de los tallos, en especial los jóvenes, lo que provoca su muerte y, en ocasiones, la de la soca, dependiendo de la severidad del ataque. Los huevos de este insecto se encuentran ubicados bajo tierra, donde no representan daño para el cultivo, ya que se alimentan de materia orgánica; además, pueden llegar a estar a profundidades de hasta 90 cm, lo que dificulta su control en este estado.

Recomendaciones de manejo: en Cundinamarca es considerado una plaga de importancia económica en las épocas posteriores al invierno, cuando debe realizarse el control de la plaga. Este control consiste básicamente en la elaboración de trampas caseras con botellas plásticas que se entierran a nivel del suelo en las orillas de los lotes. En su interior se depositan algunos cogollos y jugo de caña (Figura 10) para atraer a los adultos, que al caer al fondo de la botella no pueden salir. Este control ha mostrado buenos resultados; se capturan hasta 40 adultos por semana y es de bajo coste económico, lo que lo hace de fácil adopción por

parte de los productores. Sin embargo, a pesar de lo eficiente y económico del método, no hay una cultura permanente de control entre los agricultores, quienes asocian los ataques principalmente a la época lluviosa.

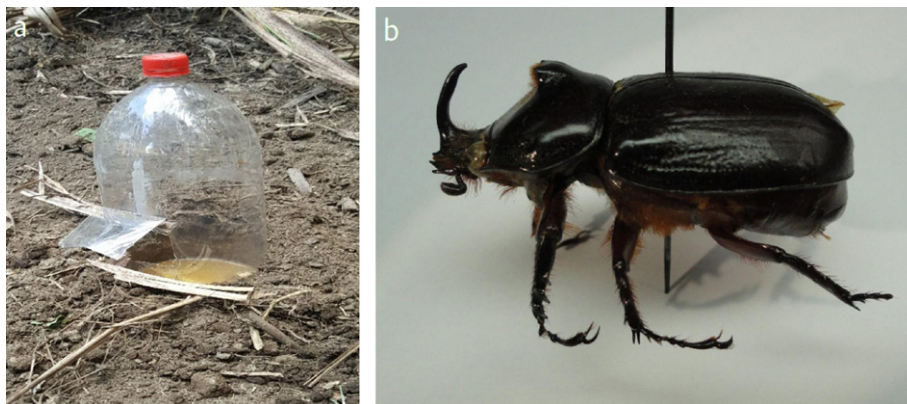


Figura 10 a) Trampas caseras para captura del cucarrón de invierno. b) Adulto de cucarrón de invierno (*P. agenor*).
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018) y Pablo Osorio (2019).

Salivazo de la caña (*Aeneolamia varia*, *Mahanarva bipars* y *Mahanarva trifisa*)

Descripción y daño: las ninfas del salivazo extraen azúcares de la caña para alimentarse y, para protegerse, se recubren con un líquido espumoso característico (Figura 11). En 2007 se reportó la presencia de adultos de salivazo (*A. varia*) en la base de los tallos de caña de azúcar localizados en la zona rural del municipio de Yotoco (Valle del Cauca); este hallazgo marcó el inicio de la afectación de este insecto en la producción de azúcar en el departamento. En ese mismo año, se reportó otra especie de salivazo que afectaba las yaguas de los cultivos de caña panelera en el municipio de Oiba (Santander), la cual fue identificada como *M. trifisa*. Adicionalmente, en los cultivos de caña panelera en el departamento de Risaralda fue identificada *M. bipars* como otra especie de salivazo.

Recomendaciones de manejo: en Cundinamarca, como en otras partes del país, se recomienda hacer aplicaciones periódicas de insecticidas de acción sistémica y de

contacto, complementados con la aplicación de productos entomopatógenos a base de *Metarhizium anisopliae*. Para el control de adultos se pueden utilizar plásticos amarillos pegajosos de 50 por 70 cm; que en promedio se deben ubicar a razón de 25/ha. Sin embargo, los productores en Cundinamarca no realizan ningún tipo de control para esta plaga, ya que hasta ahora no es considerada de daño económico.



Figura 11 Ataque de salivazo en la base del tallo de caña de azúcar.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Hormiga loca (*Paratrechina fulva*)

Descripción y daño: con la idea de que la hormiga loca se comportara como un agente de control contra las hormigas arrieras y las serpientes venenosas, fue introducida en Colombia hace aproximadamente 20 años, pero a la fecha no se tienen registros que demuestren que la hormiga loca haya tenido efectos sobre las poblaciones de hormiga arriera. El primer registro oficial de la especie en Colombia fue en 1971 en Puerto Boyacá, donde las hormigas afectaban el ganado y protegían a los insectos plaga de los pastos.

Posteriormente, fue detectada en Fusagasugá en 1977 sobre plantaciones de café; en 1978 en Bogotá en plantas ornamentales y en 1987 en los departamentos de

Boyacá y Santander. En los cultivos de caña panelera (Figura 12) convive con los insectos chupadores y se beneficia de las sustancias azucaradas que segregan los chupadores, como la cochinilla harinosa (*Saccharicoccus sacchari*), el pulgón amarillo (*Sipha flava*) y la escama verde (*Pulvinaria sp.*).

Recomendaciones de manejo: el control se orienta a reducir las condiciones para la colonización de nuevas áreas, a partir de la remoción de las basuras del lote, así como de la destrucción de nuevas colonias superficiales con herramientas como el azadón. Sin embargo, el control más efectivo es el químico, que consiste en la utilización de cebos tóxicos muy conocidos y comercializados actualmente.

En Cundinamarca esta plaga es controlada de forma manual y, aunque cobra importancia económica, su reconocimiento es definido por la incomodidad que causa en los trabajadores de los lotes de caña, pues dificulta las labores culturales.



Figura 12 Síntomas de hormiga loca en caña de azúcar.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Manejo integrado de enfermedades

Principales enfermedades que afectan el cultivo de caña panelera en Cundinamarca

Existen diversas enfermedades que atacan el cultivo de la caña de azúcar y que afectan de forma significativa la producción de panela; estas enfermedades se catalogan en dos tipos: las causadas por hongos y las causadas por bacterias. Ambos tipos de enfermedad atacan el cultivo en todos sus estados fisiológicos. Sin embargo, los ataques son más importantes cuando afectan a la semilla vegetativa y en los estados de madurez previos a la cosecha, por la afectación económica que producen.

Dentro de las enfermedades causadas por hongos se encuentran: la pudrición roja o muermo rojo (*Physalospora tucumanensis*); el mal de piña (*Ceratocystis paradoxa*); la pudrición de raíces (*Pythium* spp.); la mancha amarilla (*Cercospora kopkei*); la mancha de anillo o anular (*Leptosphaeria sacchari*); la mancha de ojo (*Helminthosporium sacchari*); Pokka Boeng o cogollo retorcido en “fase perfecta” (*Giberrella moniliformis*) y en “fase imperfecta” (*Fusarium moniliforme*); el carbón (*Ustilago scitaminea*), y la roya (*Puccinia melanocephala*).

Por su parte, dentro de las enfermedades producidas por bacterias se destaca el raquitismo de la soca (R.S.D.) (*Clavibacter xyli*); mientras que los virus del mosaico (SCMV) y la raya clorótica son las enfermedades más representativas causadas por agentes virales (Manrique et al., 1998).

Entre las enfermedades mencionadas anteriormente y que afectan el cultivo a nivel nacional, se destacan cuatro para Cundinamarca que, según los productores paneleros, revisten especial importancia. El manejo inadecuado de estas enfermedades puede poner en riesgo la estabilidad económica de la explotación panelera y afectar otras zonas productoras debido a su alta capacidad de diseminación. (Manrique et al., 1998; Manrique et al., 2000; Villamizar et al., 2004; Durán, 2010 y Murcia y Ramírez, 2015, citados por Sánchez y Forero, 2016).

A continuación, se describen las cuatro enfermedades en cuestión junto a algunas recomendaciones para su manejo:

Pudrición roja o muermo rojo (*Physalospora tucumanensis*)

Descripción y síntomas: la enfermedad es asociada al daño causado por *Diatraea* sp., ya que sus síntomas se manifiestan mediante una pudrición de coloración roja a lo largo de las galerías generadas por el barrenador (Figura 13), que principalmente atacan el interior de las semillas en estados jóvenes. El ataque se concentra principalmente en el interior de las semillas en estados jóvenes, pero también puede afectar cualquier zona lacerada o afectada del tallo. La enfermedad se ve favorecida por condiciones de humedad relativa alta. La infección es transmitida por contacto con las esporas que se desarrollan en las hojas caídas, especialmente en presencia de bajas temperaturas y humedad. El ataque en la semilla puede afectar su germinación, ya que los toletes quedan expuestos a condiciones de intemperie por periodos prolongados antes de la siembra. En el caso de cañas maduras, el hongo causa mayor daño durante las épocas de corte, ya que los periodos prolongados de apronte antes de la molienda aceleran la afectación. Esto provoca una regresión de la sacarosa, lo que a su vez afecta el rendimiento del jugo de las cañas.

Recomendaciones de manejo: no hay aún variedades inmunes a la enfermedad, aunque sí existen algunas que son un poco más resistentes. La recomendación general es evitar las laceraciones en los tallos, por donde pueda penetrar el hongo, durante las labores del cultivo donde se utilicen guadañas y machete, principalmente. Se recomienda además evitar periodos prolongados de apronte, para que la afectación de las cañas por esta enfermedad disminuya notoriamente y, finalmente, hacer un buen control de *Diatraea* sp. (barrenador de la caña), que es la plaga que genera las perforaciones en los tallos, por donde penetra el hongo.



Figura 13 Ataque de muermo rojo asociado con *Diatraea* sp.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Carbón (*Ustilago scitaminea*)

Descripción y síntomas: el nombre común de esta enfermedad, carbón, se debe a las masas negras de aspecto similar al hollín que se forman en el tejido afectado. Estas masas contienen las esporas del hongo, las cuales se liberan y dispersan la enfermedad al entrar en contacto con otros elementos o partes del tejido vegetal (Figura 14).

Las afectaciones por esta enfermedad van desde muy insignificantes hasta severos ataques por mal manejo y falta de control. Cuando se presentan focos, de no ser bien manejados, se pueden presentar pérdidas hasta del 70 % de la soca. En etapas tempranas de la enfermedad, la afectación en los tallos genera incremento de los azúcares reductores y reducción de los niveles de sacarosa (Manrique et al., 1998).

Cuando hay afectación los entrenudos se elongan, y generan progresivamente una especie de látigo, que es la representación visual más clara del ataque de esta enfermedad; dichos látigos pueden variar en tamaño hasta alcanzar más de 1 m de longitud. En Cundinamarca esta enfermedad se presenta en zonas

y donde aún se cultivan las variedades ZC y Puerto Rico, principalmente. Por su parte, aunque la variedad POJ 2878 se considera resistente a esta enfermedad según su ficha técnica, se han observado casos de afectación debido a la mezcla de variedades en los lotes o al cruzamiento natural con variedades susceptibles.

Recomendaciones de manejo: para el manejo de la enfermedad se recomienda el control manual y mecánico, mediante el embolsado de la soca y su retiro de los lotes. Este procedimiento requiere extremo cuidado, ya que una mala manipulación de la soca afectada puede diseminar el hongo por todo el lote, y agravar el problema a futuro. El control cultural, el más recomendado, se fundamenta en la utilización de variedades resistentes a esta enfermedad, junto con la siembra de una sola variedad por lote, lo que facilita su seguimiento y control posterior.

El procedimiento para el embolsado consiste en utilizar una bolsa de basura lo más grande posible. Se realiza una abertura en la boca para introducir el látigo sin tocar los bordes ni las paredes de la bolsa. Posteriormente, se introducen las hojas cercanas y se amarra firmemente la boca de la bolsa alrededor de uno de los tallos. Se corta esta sección y se procede a retirar la soca completa, ya que el hongo se encuentra diseminado en toda ella. Una vez retirada, se empaqueta la soca en otra bolsa plástica y se retira del lote para su posterior incineración o entierro en lotes alejados de los cultivos de caña. En lotes con alta afectación, esta práctica de control resulta muy costosa, por lo que se recomienda la renovación completa del lote de caña.



Figura 14 Látigo de carbón desarrollado en hoja principal.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Raquitismo de la soca (R.S.D.) (*Clavibacter xyli*)

Descripción y síntomas: esta enfermedad es una de las más importantes y de mayor importancia económica dentro del cultivo de la caña. Anteriormente se pensaba era causada por un virus, pero luego se comprobó que la causante del problema es la bacteria *Clavibacter xyli*. Los síntomas generalmente se asocian con retardo en el crecimiento de los cogollos (Figura 15) y disminución en el número de tallos por cepa, además de presentar contracción del tamaño (grosor y largo). Algunas veces los tallos pueden presentar coloraciones en forma de comas o puntos de colores, rojos o naranjas, que son difíciles de observar a simple vista.

Recomendaciones de manejo: en Cundinamarca y en el resto del país se han presentado ataques en la variedad POJ 2878, lo que define de suma importancia su control. Este se basa principalmente en la utilización de variedades resistentes a esta enfermedad, además de realizar un tratamiento térmico donde la semilla es sumergida en agua caliente a temperaturas cercanas a los 54 °C, durante

periodos de ocho horas. Es necesario realizar una desinfección regular de las herramientas de trabajo, ya que a través de estas puede diseminarse la bacteria por todo el lote. Esta desinfección puede realizarse utilizando algunos productos comerciales a base de yodo o con el flameado de las herramientas utilizadas en campo. Sin embargo, el método más económico es la utilización de variedades resistentes.



Figura 15 Plantas de caña afectadas por raquitismo de la soca (*C. xyli*).

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Mosaico (SCMV)

Descripción y síntomas: Anteriormente conocida como rayado amarillo de la caña, esta enfermedad es catalogada como de alta afectación económica, aunque con un manejo adecuado se puede mantener bajo control. Se caracteriza por la decoloración de las hojas debido a la degradación de la clorofila en las zonas afectadas, presentando zonas verdes alternadas con zonas amarillas por la decloroficación. Esta afectación altera los procesos nutricionales de la planta, evidenciándose en un retraso en su desarrollo y una consecuente reducción en la producción.

Recomendaciones de manejo: esta enfermedad se caracteriza por ser una de las más complejas de controlar, ya que puede requerir la eliminación de socas completas en áreas considerables, lo que implica la necesidad de mano de obra

adicional para su ejecución. En Cundinamarca, no existen registros confiables de su incidencia. Esto podría deberse a dos factores principales: la resistencia a la enfermedad que presentan las variedades POJ 2878 y RD 7511, las más cultivadas en el departamento, y la posibilidad de confundir los síntomas con problemas nutricionales, algo frecuente en Cundinamarca debido a la deficiente cultura de realizar análisis de suelo y establecer programas de fertilización adecuados.

Manejo de arvenses

El control de arvenses debe ser integral, alternando la aplicación de métodos culturales, químicos, manuales y mecánicos.

El control cultural se ejerce mediante un manejo agronómico del cultivo, es decir: preparación eficiente de suelos, sistema de siembra y distancia adecuada entre surcos, uso de semilla de buena calidad, fertilización oportuna y suficiente, riego oportuno y control integrado de plagas y enfermedades.

El control químico es poco aplicado en Cundinamarca, debido a los costos que tienen los productos utilizados, pero sobre todo debido al desconocimiento que los productores tienen sobre estos, su dosis y aplicación, lo cual implica una afectación significativa de la economía del productor, al tratar de corregir problemas que vienen desde la misma preparación del terreno.

Finalmente, el control manual y mecánico es el más utilizado de los tres métodos, ya que se realiza a medida que se realizan otras labores en el cultivo y utilizando las mismas herramientas, como el azadón, la guadaña y el machete (Figura 16). Una de las dificultades que tiene este sistema es que el control se realiza cuando las malezas ya están establecidas, lo que significa que es un control curativo y no preventivo.

Se ha determinado que el período crítico de competencia entre las arvenses y el cultivo de caña corresponde aproximadamente a los cuatro a cinco meses que van desde la siembra hasta el macollamiento. Después de dicho tiempo, el cultivo cierra calles y controla naturalmente la emergencia y el crecimiento de las arvenses. Por tal motivo el primer control debe realizarse al momento

de la siembra y días posteriores al corte o cosecha, cuando la maleza esté retoñando y presente formación de follaje; en dicha etapa se puede realizar la aplicación de herbicidas comerciales con el fin de que sean absorbidos por las arvenses (seguir recomendaciones del técnico del municipio o Fedepanela). El segundo control se debe hacer a los 60 dds, luego el cultivo cierra calles y no es necesario realizar más controles de arvenses.

El control manual se hace con pala, azadón o machete; es el más utilizado, aunque depende del estado de crecimiento de las malezas y del estado de desarrollo del cultivo, pues en ocasiones se maltratan los rebrotes o hijos secundarios y terciarios de la cepa.



Figura 16 Control de malezas en el cultivo de caña de azúcar.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Cosecha y poscosecha

Las operaciones posteriores al corte de la caña se engloban bajo los términos beneficio y poscosecha (Manrique et al., 1998; Mendieta et al., 2016). En el caso de Cundinamarca, estas etapas presentan, de manera general, dificultades técnicas que afectan tanto la calidad del producto final como, en mayor medida, la productividad del sistema de producción.

Es importante destacar que Cundinamarca, según el registro de trapiches en Colombia (Invima, 2015), presenta significativos atrasos en los diseños, construcción y equipamiento de las enramadas y trapiches en la mayoría de las zonas del departamento. Esto puede deberse a los tamaños de las unidades productivas, que no permiten realizar inversiones tan altas para su mejoramiento, lo que conduce a la construcción de enramadas y trapiches de baja calidad e incompletos debido al costo de adecuación. Por esto, el departamento de Cundinamarca promociona, diseña y pone en funcionamiento enramadas comunitarias, que son establecidas, pero desaprovechadas por los productores, debido a la falta de capital social presente en estas poblaciones (Forero et al., 2017b).

A continuación, se relacionan de forma general las operaciones desarrolladas en el proceso de poscosecha en Cundinamarca, ya que en la actualidad existen manuales desarrollados por Agrosavia y el SENA que son específicos para este tema, del cual hay mucho por adoptar y adaptar por parte de los productores. Hay que tener en cuenta que el diseño y construcción de cada enramada, compuesta por el trapiche y los fondos, es definido por las variables particulares de cada sistema de producción, como son el tamaño, la topografía, la cantidad de bagazo, el tipo de trapiche o molino, etc.

Apronte

El apronte, también conocido como acopio o almacenamiento, es la etapa posterior al corte de la caña de azúcar donde se realiza la acción de recolección de los tallos cortados en el lote y su transporte hacia el trapiche (Figura 17 a y b). Esta operación debe realizarse con celeridad, ya que la exposición prolongada al sol provoca la deshidratación de los tallos, lo que disminuye la extracción de jugo en el trapiche. Además, como se mencionó anteriormente, el retraso en el procesamiento puede favorecer la aparición de la enfermedad del muermo rojo.

Periodos prolongados de apronte generan los mayores incrementos en azúcares reductores, lo que afecta la calidad de la panela, ya que los jugos no concentran bien los azúcares y no alcanzan la consistencia adecuada para el moldeo en las gaveras. Parte de este problema puede solucionarse con el uso de cal durante la cocción o evaporación de los jugos. Sin embargo, el Invima restringe cada vez más esta práctica, ya que altera artificialmente el pH del producto y la panela se considera un producto orgánico.

Una recomendación que para mitigar las afectaciones por los tiempos prolongados de apronte es realizar el corte cuando el índice de madurez sea el adecuado, según el tiempo de madurez de cada variedad.



Figura 17 Cargue de machos para el transporte de la caña (a) y apronte (b).
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Extracción de jugos

La molienda, etapa crucial en la elaboración de panela, es el proceso en el cual se comprimen los tallos de caña en las mazas de los molinos para obtener niveles óptimos de extracción, cercanos al 65%. En otras palabras, de cada 100 kg de caña se deben obtener al menos 65 l de jugo. Sin embargo, la mayoría de los molinos en Cundinamarca presentan deficiencias en el ajuste de las mazas o las velocidades de movimiento, lo que genera pérdidas por mala extracción del jugo. En promedio, el porcentaje de extracción en el departamento no alcanza el 60%, lo que significa que por cada 100 kg de caña procesada en molinos bien calibrados y ajustados, se pierden 5 l de jugo, equivalentes a 5 kg menos de panela. Multiplicado por el número de cargas molidas, esto puede representar una pérdida de casi 50 o 60 kg de panela por molienda.

Es preocupante que en algunos municipios de Cundinamarca aún se empleen trapiches tipo *Chattanooga*, con mazas verticales movidas por tracción animal, que alcanzan extracciones inferiores al 45% (Figura 18). Desde la perspectiva de los productores, este es uno de los aspectos que deben mejorarse y financiarse en el marco de programas para el mejoramiento del sistema de producción panelero en el departamento.



Figura 18 Trapiche convencional tipo *Chattanooga*.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Limpieza de jugos

La limpieza de los jugos tiene como objetivo eliminar las impurezas presentes, como residuos de hojas, tierra adherida a los tallos y otros elementos que podrían contaminar el tanque de depósito de jugos. Esta etapa se compone de tres pasos principales: prelimpieza, clarificación y encalado. La descripción detallada de cada uno se omite aquí, ya que, como se comentaba previamente, existen más de tres manuales especializados disponibles sobre estas técnicas de poscosecha y beneficio.

Cabe destacar que en Cundinamarca se ha logrado la adopción total del prelimpiador diseñado y socializado por Agrosavia (antes Corpoica) entre los años 2004 y 2007 en el CIMPA de Barbosa (Santander). Este prelimpiador ha servido como base para el desarrollo de otras tecnologías que favorecen el cultivo de caña de azúcar para la producción de panela.

Evaporación, concentración, punteo y batido

Esta etapa se basa en los diferentes procesos y tiempos que se desarrollan en la hornilla panelera (Figura 19) que, para el caso de Cundinamarca, no presenta un diseño estándar sino una variación según el presupuesto y el tamaño de las unidades productivas. Desde hace años Agrosavia CIMPA ha determinado una serie de recomendaciones que han sido progresivamente adoptadas a través del tiempo. Dichas recomendaciones abarcan los materiales para la construcción de los fondos (acero inoxidable), tamaños y posición de estos, alturas de chimeneas, entre otras. Agrosavia cuenta con un software especializado para el diseño de hornillas según el tamaño y topografía de cada unidad productiva.

Aún es necesario continuar trabajando para mejorar de los trapiches a nivel de Cundinamarca, ya que de este proceso depende en gran medida que se pueda o no agregar mayor valor al producto terminado, lo que resultaría en mayores o menores ingresos para los productores paneleros cundinamarqueses.



Figura 19 Hornilla panelera.

Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Moldeo y empaque de la panela

El moldeo y el empaque de la panela dependen en gran medida de las exigencias del cliente o del intermediario que compra producto terminado. Esta etapa se desarrolla en un área contigua al trapiche denominada “cuarto de moldeo”, donde se encuentran dos tablones de madera, de concreto o, los más modernos, de acero inoxidable, sobre los cuales se hace el moldeo de los diferentes tipos de panela (Figura 20).

Este cuarto debe estar aislado del trapiche y debe cumplir con ciertas exigencias sanitarias, como el recubrimiento de paredes con pintura especial antihongos, pisos que favorezcan el lavado, tanques de lavado y moldes preferiblemente en acero inoxidable. Además, este cuarto debe disponer de suministro de agua potable y permitir la buena aireación, con ventanales que están recubiertos de mallas para impedir la entrada de insectos, como las abejas, que gustan del dulce de panela.

Sin embargo, a pesar de las diversas campañas de mejora implementadas en Cundinamarca, los cuartos de moldeo de panela aún presentan serios problemas

de higiene y calidad, lo que genera la pérdida de clientes que buscan productos inocuos y ocasiona el rechazo del producto final por la presencia de sustancias no permitidas.

De igual forma, en la actualidad existen muchos manuales que se refieren a las especificaciones y recomendaciones sobre mejoras en estos cuartos de moldeo. Lo significativo de estas publicaciones es la visualización gráfica de dichos espacios, lo cual da una idea clara de los procesos y proyectos que pueden desarrollarse en cada unidad productiva, ya sea a manera personal, o financiados por instituciones gubernamentales que busquen la promoción del cultivo de caña de azúcar para la elaboración de panela en Cundinamarca.



Figura 20 Moldeo y empaque de panela en el denominado cuarto de moldeo.
Fuente: Equipo CTA-2, Subproyecto Caña Panelera (2018).

Costos de producción

Los costos de producción, o costos de operación, son aquellas erogaciones para producir un bien o servicio. Según Zugarramurdi et al. (1998):

“El costo de producción tiene dos características opuestas, que algunas veces no están bien entendidas en los países en vías de desarrollo. La primera, es que para producir bienes uno debe gastar; esto significa generar un costo. La segunda, es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminar los innecesarios. Sin embargo, esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente”

El análisis de los costos de producción requiere de una estructura que facilite la comparación entre diferentes zonas e incluso entre distintos productos. Este manual presenta una estructura de costos específica para el departamento de Cundinamarca, basada en la información recopilada en la región y en las estructuras de costos propuestas por Sánchez y Forero (2016). A su vez, estas últimas se basan en la metodología empleada por Fedepanela a nivel nacional para la determinación de costos de producción.

Los valores presentados se ajustaron a precios de junio de 2019 y se aplican a las distintas actividades que se llevan a cabo en las zonas de producción. El análisis realizado permitió determinar que el costo promedio para establecer una nueva hectárea de caña de azúcar es de \$9.451.000 (Tabla 1). Por su parte, los costos de sostenimiento del cultivo ascienden a \$2.920.000 (Tabla 2), mientras que los de producción de panela o transformación llegan a \$1.854.500 (Tabla 3).

Es de aclarar que los costos y actividades presentes en las tablas 1, 2 y 3 se socializaron con los líderes paneleros técnicos de las UMATA en los cinco municipios donde se desarrolló el Subproyecto Caña Panelera, y los valores y cantidades son los establecidos hasta junio de 2018, pero actualizados para esta publicación. Sin embargo, estos datos pueden diferir en la actualidad ya que el valor de la carga de panela disminuyó a partir del segundo semestre de 2018 y se ha mantenido constante, lo que hace que algunas actividades no se realicen o que tengan una reducción en cantidad.

Sin embargo, el valor del jornal se mantiene en la mayoría de los municipios paneleros, sin establecerse como fijo a la fecha, ya que puede disminuir por la reducción en los ingresos finales que dependen del precio de venta de la panela.

Dentro de los costos del establecimiento de una hectárea de caña panelera se aprecia que el mayor costo es el de siembra, con un 52 % del total, seguido por el de las prácticas culturales, con un 24 %. También se puede apreciar que el mayor costo en el proceso de siembra es el de la semilla, el cual representa el 33 % de los costos totales; mientras que en las prácticas culturales es el de los fertilizantes, con un 13 % de los costos totales.

Por otro lado, dentro de los costos de mantenimiento por hectárea de caña panelera el más representativo fue la cosecha con un 73 % y, a su vez, el costo del corte, con el 49 % de los costos totales.

Por último, el análisis de los costos de producción de 30 cargas o 3 t de panela muestra que el costo principal está representado por la mano de obra, que abarca el 95 % de los costos totales. Dentro de estos, los mayores costos son los de silleros y preneros; cada uno con el 16 % de los costos totales.

Es difícil definir y establecer una estructura de costos de producción única para Cundinamarca, ya que las labores, distancias y tipos de trapiches varían las cantidades al final del ejercicio. Sin embargo, esta elaboración es el resultado de diálogos formales y no formales con 133 productores en los cinco municipios donde se desarrolló el Subproyecto Caña Panelera, así como de la concertación y la cuantificación final con líderes y directores de las UMATA de los mismos municipios. Así, se obtuvo una estructura que fue finalmente evaluada con expertos de otras instituciones en un ejercicio virtual y anónimo.

Tabla 1 Costos para el establecimiento de una hectárea de caña de azúcar para la producción de panela en Cundinamarca.

Insumos	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Siembra				\$ 5 011 000
Rocería y limpieza manual	Jornal	5	\$ 35 000	\$ 175 000
Rocería y limpieza con guadaña	Jornal	5	\$ 60 000	\$ 300 000
Trazado y zanjado	Jornal	10	\$ 35 000	\$ 350 000
Preparación de semilla	Jornal	1	\$ 35 000	\$ 35 000
Semilla	Kilogramo	8000	\$ 400	\$ 3 200 000
Siembra	Jornal	15	\$ 35 000	\$ 525 000
Cal	Kilogramo	1000	\$ 200	\$ 200 000
Aplicación de cal	Jornal	2	\$ 35 000	\$ 70 000
Transporte de semilla al lote	Flete	2	\$ 30 000	\$ 60 000
Análisis de suelos	Unidad	1	\$ 96 000	\$ 96 000
Prácticas culturales				\$ 2 180 000
Resiembra	Jornal	3	\$ 35 000	\$ 105 000
Semilla	Kilogramo	200	\$ 400	\$ 80 000
Fertilizante	Kilogramo	900	\$ 1400	\$ 1 260 000
Aplicación de fertilizante	Jornal	3	\$ 35 000	\$ 105 000
Control de malezas 1 y 2	Jornal	8	\$ 35 000	\$ 280 000
Herbicidas	Global	1	\$ 300 000	\$ 300 000
Transporte de fertilizantes	Flete	1	\$ 50 000	\$ 50 000
Control sanitario				\$ 210 000
Control biológico para <i>Diatraea</i> spp.	Liberación	4	\$ 35 000	\$ 140 000
Mano de obra liberación	Jornal	2	\$ 35 000	\$ 70 000
Cosecha				\$ 1 750 000
Corte	Jornal	30	\$ 35 000	\$ 1 050 000
Alce y transporte	Jornal	10	\$ 35 000	\$ 350 000
Silleros (apiladores de caña)	Jornal	5	\$ 35 000	\$ 175 000
Cocinera	Jornal	5	\$ 35 000	\$ 175 000
Otros costos				\$ 300 000
Herramienta menor	Global		\$ 300 000	\$ 300 000
Costo total del cultivo				\$ 9 451 000

Notas: los valores monetarios están dados en pesos colombianos (COP) y corresponden a junio de 2019. Los costos de los jornales son: \$ 45 000 sin alimentación y \$ 35 000 asumiendo la alimentación del trabajador por parte del productor. En el valor de la semilla se asume el costo de transporte desde Barbosa (Santander), donde existen productores certificados de semilla de las variedades CC93 7510 y CC93 7711.

El valor del controlador biológico para *Diatraea* sp. es el valor promedio de la compra y transporte de diferentes opciones biológicas, que pueden ser avispas *Trichogramma* sp. o larvas de moscas *Paratheresia claripalpis*.

Fuente: datos propios obtenidos del Subproyecto Caña Panelera y concertados con productores, técnicos y especialistas, ajustados a junio de 2019.

Tabla 2 Costos para el sostenimiento de una hectárea de caña de azúcar para la producción de panela después del primer corte, en Cundinamarca.

Insumos	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Preparación para siembra				\$ 120 000
Cal	Kilogramo	250	\$ 200	\$ 50 000
Aplicación de cal	Jornal	2	\$ 35 000	\$ 70 000
Prácticas culturales				\$ 350 000
Resiembra	Jornal	0	0	0
Semilla	Kilogramo	0	0	0
Abono	Kilogramo	0	0	0
Encallado	Jornal	0	0	0
Cepillado (cepas con guadaña)	Jornal	0	0	0
Aplicación de fertilizante	Jornal	0	0	0
Repaso drenajes	Jornal	0	0	0
Control de malezas 1 y 2	Jornal	10	\$ 35 000	\$ 350 000
Herbicidas	Global	0	0	0
Transporte de fertilizantes y de semilla	Flete	0	0	0
Control sanitario				0
Control biológico para <i>Diatraea</i> spp.	Liberación	0	0	0
Mano de obra liberación	Jornal	0	0	0
Cosecha				\$ 2 450 000
Corte	Jornal	30	\$ 35 000	\$ 1 750 000
Alce y transporte	Jornal	10	\$ 35 000	\$ 350 000
Silleros (apiladores de caña)	Jornal	5	\$ 35 000	\$ 175 000
Cocinera	Jornal	5	\$ 35 000	\$ 175 000
Otros costos				0
Arriendo de tierra	Meses	0	0	0
Mantenimiento de cercas y vías	Jornales	0	0	0
Asistencia técnica	Visita	0	0	0
Administración	Global	0	0	0
Costo total del sostenimiento del cultivo				\$ 2 920 000

Notas: los valores monetarios están dados en pesos colombianos (COP) y corresponden a junio de 2019. Las actividades y variables que presentan valores en cero no son costeadas en Cundinamarca, como es el caso del arrendamiento de tierras, ya que son pocos los cultivos de caña con esta condición.

Fuente: datos propios obtenidos del Subproyecto Caña Panelera y concertados con productores, técnicos y especialistas, ajustados a junio 2019.

Tabla 3 Costos de producción de procesamiento de 30 cargas (3 t) de panela en Cundinamarca, producidas en tres días de labor en 2018.

Insumos	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Mano de obra				\$ 1 755 000
Silleros (2 por 3 días)	Jornal	6	\$ 50 000	\$ 300 000
Preñeros (2 por 3 días)	Jornal	6	\$ 50 000	\$ 300 000
Bagacero (1 por 3 días)	Jornal	3	\$ 50 000	\$ 150 000
Tolinchero o colinche (2 por 3 días)	Jornal	6	\$ 50 000	\$ 300 000
Relimpiador (1 por 3 días)	Jornal	3	\$ 50 000	\$ 150 000
Hornillero (1 por 3 días)	Jornal	3	\$ 50 000	\$ 150 000
Empacador (1 por 3 días)	Jornal	3	\$ 50 000	\$ 150 000
Disponibile (1 por 3 días)	Jornal	3	\$ 50 000	\$ 150 000
Aseo	Jornal			0
Cocinera	Jornal	3	\$ 35 000	\$ 105 000
Insumos				\$ 48 000
Balso	Arroba	0		0
Aceite vegetal	Litro	4	\$ 7 000	\$ 28 000
Cal	Kilogramo	20	\$ 1 000	\$ 20 000
Maquila	Kilogramo	0		0
Otros gastos				\$ 51 500
Depreciación	Global	0	0	0
Empaque	Unidades	1000	\$ 50	\$ 50 000
Embalaje	Unidades	0	0	0
Pegantes cajas (engrudo o pegante)	Libra	1	\$ 1 500	\$ 1 500
Leña*	Carga	0	0	0
Dotación				0
Asistencia técnica				0
Costo total de producción de panela				\$ 1 854 500

Notas: los valores monetarios están dados en pesos colombianos (COP). El valor del jornal es un promedio que se estableció para pequeños productores, quienes mensualmente producen 30 cargas de panela (15 cargas cada dos semanas en jornadas de 1,5 días), ya que en la molienda se contratan y se pagan las labores por carga producida al día.

(*) Los costos se calcularon según los requerimientos de las hornillas tipo CIMPA autosuficientes (de bagazo de caña), que no requieren leña.


Fuente: datos propios obtenidos del Subproyecto Caña Panelera y concertados con productores, técnicos y especialistas, ajustados a junio de 2018.

Referencias bibliográficas

- Abaunza, C., Forero, C., García, G. y Carvajal, G. (2012). *Zonificación y organización de clúster empresariales para las cadenas de caña panelera, frutales y papa criolla en Cundinamarca*. Bogotá, Colombia: Agrosavia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2016). *Encuesta Nacional Agropecuaria*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE] (2017). *Tercer Censo Nacional Agropecuario*, Tomo 2, Resultados. Recuperado de http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/MICRO-DATOS/about_collection/30/3.
- Durán, N. (2010). *Reingeniería panelera*. Tunja, Colombia: Produmedios.
- Federación Nacional de Productores de Panela [Fedepanela] (2019). *Sistema de Información Panelero (SI-SPA)*. Recuperado de <http://www.sipa.org.co/wp/index.php/2019/06/16/mapas-interactivos>.
- Forero, Piedrahita, Riveros y Nausa (2017a). *Diagnóstico línea base socioeconómica y productiva del SP de caña panelera en los municipios de Topaipí, El Peñón, La Peña, Útica y Caparrapí*. Documento interno del proyecto, Agrosavia Tibaitatá, Mosquera, Colombia.
- Forero, C. et al. (2017b). *Validación y ajuste de tecnologías en la producción de caña panelera en dos contextos socioeconómicos en el departamento de Cundinamarca*. Informe final del proyecto, Agrosavia Tibaitatá, Mosquera (Colombia).
- Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos [Invima] (2015). *Registro Nacional de Trapiches Paneleros*. Bogotá, Colombia.
- Manrique, R., Ramírez, J., Rangel, M. y Bayona, A. (2008). *Buenas prácticas agrícolas para el manejo agronómico de la caña de azúcar (Saccharum spp.), con destino a la producción de panela y otros usos alternativos como el alcohol carburante*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Manrique, R., Insuasti, B., Mora, C., Rodríguez, G., Blanco, R., Mejía, L., Pinto, J. y Sandoval, G. (2000). *Manual de caña de azúcar para la producción de panela* (2ª ed.). Bucaramanga, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) y Federación Colombiana de Productores de Panela (Fedepanela).

- Manrique, R., Insuasti, B., Mora, C., Rodríguez, G., Blanco, R., Mejía, L., Pinto, J. y Sandoval, G. (1998). *Manual de Caña de Azúcar para la producción de panela*. Bucaramanga, Colombia. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).
- Mendieta, O., García, M., Peña, A. y Rodríguez, J. (2016). *Las buenas prácticas de manufactura en la producción de panela*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] (2017). *Cifras del sector panelero*. Recuperado de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Panela/.../002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%20>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] (2018). *Evaluaciones Agropecuarias Municipales 2007-2016 Excel: Cultivos permanentes, caña panelera*.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MADR] (2019). *Evaluación Agropecuaria Nacional*. Recuperada de la página web de Agronet: <http://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/default.aspx>.
- Murcia, M. y Ramírez, J. (2015). *Producción y manejo de semilla de caña panelera*. Bogotá, Colombia.
- Ramírez, J., Insuasty, O. y Murcia, M. (2014). *Varietades de caña de azúcar empleadas para la agroindustria panelera en Colombia*. Barbosa, Santander, Colombia.
- Sánchez, R. J. y Forero, C. A. (2016). *Manejo agronómico de la caña de azúcar y producción agroindustrial de panela en la Hoya del río Suárez*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).
- Villamizar C., Amado Pacheco, M. A., Avila Avila, W., González Moreno, J. C., González Lozano, F. A., Gualdrón Díaz, M. I., Insuasty Burbano, O. I., Manrique Estupiñan, R., Morales Amaya, J. A., Peña Tinoco, H., Prada Forero, L. E., Rangel Moreno, M. C. y Rodríguez Ariza, S. (2004). *Aspectos metodológicos en la construcción de un modelo computacional para la transferencia y enseñanza en la agroindustria panelera*. Barbosa, Santander (Colombia). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia).
- Zugarramurdi, A., Parín, M. A. y Lupín, H. M. (1998). *Ingeniería económica aplicada a la industria pesquera*. Documento Técnico de Pesca n.º 351. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Este manual se imprimió
por DGP Editores S.A.S
usando tipos Ancizar
en diciembre de 2024
Bogotá (Colombia)



El Corredor Tecnológico Agroindustrial (CTA) es una estrategia de cooperación entre Estado, sector productivo y academia, en la cual participan actores directivos del sector agropecuario y agroindustrial de Cundinamarca y Bogotá, D. C., con el fin de aunar esfuerzos en actividades de desarrollo y fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación. Sus capacidades están orientadas a la formulación y ejecución de proyectos de carácter investigativo, que permitan la transferencia tecnológica al sector agropecuario y agroindustrial.

El presente documento es resultado del Subproyecto “Validación y ajuste de tecnologías en la producción de caña panelera en dos contextos socioeconómicos en el departamento de Cundinamarca”, desarrollado en el marco del Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2, Proyecto “Investigación, desarrollo y transferencia tecnológica en el sector agropecuario y agroindustrial con el fin de mejorar todo el departamento, Cundinamarca, Centro Oriente”, suscrito por la Gobernación de Cundinamarca, a través de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación; la Alcaldía de Bogotá, a través de la Secretaría Distrital de Desarrollo Económico; la Universidad Nacional de Colombia, y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA, antes Corpoica). El Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2 es financiado con recursos del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías.