

Manual técnico para la producción de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Barbosa (Santander)

**Julio Ramírez Durán
Dubert Yamil Cañar Serna
Leidy Yibeth Deantonio Florido
John Fredy Hernández Nopsa**

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Manual técnico para la producción de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Barbosa (Santander)

Julio Ramírez Durán
Dubert Yamil Cañar Serna
Leidy Yibeth Deantonio Florido
John Fredy Hernández Nopsa

Mosquera, Colombia, 2019

AGROSAVIA
EDITORIAL

Colección Transformación del Agro

Ramírez Durán, Julio

Manual técnico para la producción de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Barbosa (Santander) / Julio Ramírez Durán [y otros tres]-- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2019.

88 páginas

Incluye referencias bibliográficas, tablas, ilustraciones y fotos

ISBN e- Book: 978-958-740-290-2

1. Caña de azúcar 2. *Sacharumm officinarum* 3 Producción de plántulas 4. Semillero 5. Producción de semillas 6. Germinación 7. Crecimiento 8. Prevención de enfermedades 9. Control de plagas 10. Santander (Colombia) I. Cañar Serna, Dubert Yamil II. Deantonio Florido, Leidy Yibeth III. Hernández Nopsa, John Fredy.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc
Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AGROSAVIA
Centro de Investigación Tibaitatá
Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera. Código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es resultado del proyecto de Corpoica (actualmente AGROSAVIA) Programa Nacional Semillas: Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales, para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas. Proyecto: 17. Conformación de núcleos productores de semilla de caña a partir de plantas obtenidas mediante la extracción de yemas y establecimiento de semilleros comerciales en los Departamentos de Santander, Boyacá, Antioquia, Cundinamarca, Cauca y otras regiones

Colección: Transformación del Agro

Fecha de recepción: 16 de mayo de 2018
Fecha de evaluación: 14 de septiembre 2018
Fecha de aceptación: 04 octubre de 2018

Publicado Junio de 2019
Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Editora: Liliana Gaona García
Corrección de estilo: Laura Fernanda Duperret
Diagramación: María Paula Berón
Impresión: Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas (JAVEGRAF)

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-17>

A partir de mayo de 2018, la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria cambió su acrónimo Corpoica por AGROSAVIA.

Citación sugerida: Ramírez Durán, J., Cañar Serna, D. Y., Deantonio Florido, L. Y., & Hernández Nopsa, J. F. (2019). *Manual técnico para la producción de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Barbosa (Santander)*. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones y de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, 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 vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
www.agrosavia.co



https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Presentación	13
Objetivo	14
Alcance	14
Recomendaciones de uso	15
¿Qué es la semilla?	16
Variedades de caña de azúcar para panela	17
Variedad de caña CC 93-7510	17
Variedad de caña CC 93-7711	18
Variedad de caña CC 91-1555	19
Variedad de caña CC 93-714	20
Proceso de producción de semilla	21
 Capítulo I	
<hr/>	
¿Cómo producir semilla de calidad? Consideraciones previas	23
 Capítulo II	
<hr/>	
Suministros operativos para la producción de semilla	27
 Capítulo III	
<hr/>	
Semillero básico y selección de la caña	31
 Capítulo IV	
<hr/>	
Extracción y germinación	35
Corte de la caña de azúcar para semilla	35
Deshoje	36
Extracción mecánica de yemas	37
Absorción de agua o imbibición de las yemas	39
Tratamiento térmico con agua caliente a las yemas	39

Tratamiento químico a las yemas	40
Siembra de yemas de caña	41

Capítulo V

Crecimiento	45
Trasplante de las plántulas a bandejas de crecimiento	45
Manejo de plántulas durante el crecimiento	46

Capítulo VI

Entrega de plántulas y establecimiento en campo	49
Empaque y transporte de las plántulas	49
Establecimiento del semillero básico con plántulas de caña	50

Capítulo VII

Esquemas de aseguramiento sanitario para plagas y enfermedades	55
Los autores	63
Referencias	67
Glosario	71
Anexo	75





METALICAS
METROPOLITANA



Lista de figuras

Figura 1	Características fenotípicas de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 93-7510	18
Figura 2	Características morfológicas de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 93-7711	19
Figura 3	Morfología de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 91-1555	20
Figura 4	Características morfológicas de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 93-714	21
Figura 5	Extracción y germinación de yemas	37
Figura 6	Características de las yemas de la caña para la extracción	38
Figura 7	Tratamiento térmico para la desinfección de la semilla	39
Figura 8	Tratamiento químico a las yemas	40
Figura 9	Siembra de yemas de caña	42
Figura 10	Trasplante de las plántulas	46
Figura 11	Manejo de plántulas durante el crecimiento	47
Figura 12	Empaque de las plántulas	50
Figura 13	Establecimiento del semillero básico en campo	51
Figura 14	Esquema de Aseguramiento Sanitario (EAS) para semilla de caña. Este modelo representa la producción de semilla de caña panelera. Se representan los tiempos de producción de la semilla, el número de muestreos recomendados por fase o estado de producción, y las plagas y los patógenos (PP) de importancia a muestrear en cada fase	57



Lista de tablas

Tabla 1	Insumos mínimos para el establecimiento y producción de semilla de caña de azúcar para panela	28
Tabla 2	Estructura del modelo de los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS) y sus seis componentes o herramientas	58
Tabla 3	Plagas y patógenos (PP) de importancia seleccionados en el modelo de producción de semilla de caña	60



Presentación

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) pone en sus manos este “Manual técnico para la producción de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales bajo las condiciones agroecológicas del municipio de Barbosa (Santander)”, en el cual se recopilan las recomendaciones técnicas para el manejo integrado y las buenas prácticas –además de otros aspectos– aplicables a la producción de plántulas de caña de azúcar para panela (*Saccharum officinarum*), a partir de yemas individuales. El presente documento está dirigido a productores y asistentes técnicos del sector panelero dedicados a la producción o multiplicación de semilla de calidad para el establecimiento de semilleros y cultivos comerciales de caña de azúcar para panela. Asimismo, se incluye información del manejo integrado de la semilla y de los semilleros para fortalecer las unidades productivas.

El lenguaje utilizado es didáctico y sencillo para una fácil asimilación de los actores de la cadena de suministro de semillas de calidad, la cual no abastece a la mayoría de los pequeños productores de panela. Las causas de esta baja disponibilidad son: la informalidad caracterizada por flujos espontáneos de semillas, la baja adopción de tecnologías para la propagación de material vegetal, el desconocimiento de la normatividad y, en algunos casos, las deficiencias institucionales.

Este manual es producto de los resultados de investigaciones, de la experiencia de AGROSAVIA y del trabajo articulado de ésta con las instituciones pertenecientes al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SNCTA) del sector agropecuario panelero colombiano; para recuperar, conservar y dar uso de los materiales locales y mejorados de caña panelera, enfocados a productores de escalas de producción baja, media y alta. De este modo, se mantendrá una provisión o “stock” de semilla de calidad de los materiales de importancia económica, adaptado a las condiciones climáticas de las regiones productoras.

El aspecto más destacable del presente manual es que provee a los productores de semilla de caña de azúcar para panela los conocimientos técnicos básicos para sus actividades. Adicionalmente, es una herramienta para la identificación y solución de los problemas que afectan la calidad de la semilla, calidad que es reglamentada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). De igual forma, el manual le ayudará al comprador de semilla a verificar la calidad de los materiales recibidos y facilitará el cumplimiento de las buenas prácticas en la producción.

Los autores esperan que este manual técnico se convierta en un material de consulta imprescindible para productores y demás usuarios relacionados con el establecimiento y producción de semilla de calidad de caña de azúcar para panela, no solo para las condiciones del municipio de Barbosa en el departamento de Santander, sino para áreas agroecológicas equivalentes. Finalmente, los autores agradecen la colaboración y apoyo dado por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña) y a sus investigadores Carlos Arturo Viveros y Juan Carlos Ángel; por permitir conocer la tecnología de producción de plantas de caña de azúcar a partir de yemas individuales y por acompañar el proceso de ajuste y validación para el subsector panelero de Colombia.

Objetivo

Guiar a los productores de semilla en la ejecución óptima de las actividades básicas de producción de semilla (plántulas) de caña de azúcar (*S. officinarum*) para panela, con el fin de mejorar la calidad genética, física, fisiológica y sanitaria de la semilla en los semilleros básicos destinados a la multiplicación de variedades promisorias.

Alcance

El presente manual se formula dentro del macroproyecto transversal “Plan Semilla”, con investigadores de AGROSAVIA vinculados a las redes de Cultivos Transitorios y Agroindustriales y de Frutales, para cubrir la necesidad de propagar nuevos materiales y la de renovar los cultivos de caña de azúcar para panela en las principales regiones productoras del país. Aquí se detalla todo el esquema de producción de semilla de calidad a partir de yemas individuales de caña: corte del material en semilleros madre, cosecha, recepción, extracción de yemas vegetativas,

tratamientos térmico y químico, germinación, crecimiento, y el empaque y el embalaje para la entrega final de plántulas o semillas.

La semilla de calidad debe garantizar su pureza varietal y su óptimo estado sanitario; es decir, la semilla debe provenir de una variedad conocida, sin mezclas y libre de plagas y patógenos. Las plántulas de caña de azúcar para panela son de uso exclusivo para el establecimiento de semilleros básicos, y, posteriormente, plántulas de ocho a diez meses pueden ser empleadas en la multiplicación masiva (trozos de tallo o cogollos) para el establecimiento de cultivos comerciales de caña con fines de producción de panela (Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2015).

La producción de plántulas a partir de yemas individuales es una metodología tomada de Viveros, Cassalet y Victoria (1997), la cual fue desarrollada para el sector azucarero de Colombia, ubicado en el valle geográfico del río Cauca. Esta metodología ha sido ajustada por AGROSAVIA, con el acompañamiento del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña) (Ramírez Durán & Murcia Pardo, 2014), para las condiciones de la subregión natural de la hoya del río Suárez, en la zona de influencia de la sede CIMPA, adscrita al Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA.

Recomendaciones de uso

Para una adecuada comprensión y utilización del presente manual, es necesario tener en consideración las siguientes anotaciones y recomendaciones:

- El manual ha sido preparado como un documento de referencia para los productores de semilla de caña de azúcar para panela, bajo las condiciones del municipio de Barbosa, departamento de Santander. En este documento se exponen los lineamientos para llevar a cabo las actividades del proceso de producción de semilla, desde la planificación de la cadena de valor, la selección y corte de caña proveniente de semilleros madre, el acondicionamiento y preparación de las yemas, su siembra, hasta el trasplante y transporte de plántulas al sitio definido por el productor.
- Los capítulos tienen una estructura definida, pero no es necesariamente rígida. La metodología del proceso de producción de semilla de calidad es una guía que el productor de semilla debe evaluar en cada momento con base en su experiencia y bajo las condiciones disponibles. Por ello, en caso de ser necesario, pueden hacerse los cambios requeridos que más se ajusten a la realidad. No obstante,

muy comedidamente se solicita que los cambios sean registrados y, en lo posible, reportados a AGROSAVIA para realizar las mejoras necesarias en futuras versiones de este manual.

- El manual está dividido en nueve apartados, cada uno cubre un área temática específica y se complementa de manera lógica con los demás. Así se le proporciona al productor de semilla de caña de azúcar el conocimiento mínimo necesario en cada una de las actividades y acciones del proceso de producción de semilla.
- El anexo es una ayuda adicional que debe ser utilizada en función de la necesidad del productor de semilla.

¿Qué es la semilla?

La semilla es la unidad fundamental de propagación de las plantas. Es de suma importancia para el hombre, ya que permite la reproducción de las plantas y, además, es fuente importante de alimentos, de productos medicinales, de materias primas textiles, de pinturas y de combustibles ecológicos (Duffus & Slaughter, 1980). En Colombia, el ICA, en su Resolución 3168 del 2015, define la semilla como: “...el óvulo fecundado y maduro o cualquier otra parte vegetativa de la planta de un cultivar obtenido por el mejoramiento genético como consecuencia de la aplicación de conocimientos científicos que se use para la siembra y/o propagación”. Cabe anotar que la semilla es esencial para la supervivencia de la especie humana, por cuanto almacena el más alto potencial genético que la ciencia pudiera llegar a desarrollar, y es vital en la agricultura moderna y la seguridad alimentaria.

Para la caña de azúcar, se entiende por material vegetal de propagación cualquier parte de la planta que se utilice para la siembra o multiplicación, incluyendo semilla asexual como yemas embolsadas, plántulas, cangres, estacas o cogollos. En Colombia, de acuerdo con la Resolución ICA 1696 de 1984, la semilla de caña de azúcar se refiere al trozo de tallo o estaca proveniente de una planta de longevidad variable con una o varias yemas.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2003), un sistema sostenible garantiza la producción de semillas de calidad en una amplia gama de cultivos y variedades, así como su plena disponibilidad en el tiempo para agricultores y otros interesados. Sin embargo, en muchos países en vía de

desarrollo, los agricultores todavía no han adoptado el uso de semilla de calidad y no han disfrutado plenamente de los beneficios y las ventajas de su uso. Esto se debe, entre otras razones, a los ineficientes sistemas de producción y distribución, la falta de políticas adecuadas que incentiven el uso de semilla de calidad, la presión ejercida por el mercado debido a las fluctuaciones de los precios de los alimentos y los efectos del cambio climático (Aristizábal, Tobar, Sarmiento, Díaz, & Ramírez, s.f.).

Variedades de caña de azúcar para panela

Las variedades ofertadas por AGROSAVIA fueron desarrolladas en el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), ubicado en el departamento del Valle del Cauca. Dichas variedades fueron introducidas y caracterizadas por AGROSAVIA para la producción de caña y panela en las regiones paneleras de los departamentos de Boyacá y Santander; y, posteriormente, en Cundinamarca, Tolima, Nariño y Antioquia. A continuación se describen las características agronómicas de los materiales ofertados por la Corporación.

Variedad de caña CC 93-7510

Este material presenta una buena adaptación a suelos de fertilidad natural baja con un buen macollamiento (figura 1). Su capacidad de germinación supera el 90%. Es una variedad precoz, su maduración —según el índice de madurez (IDM)— se da a los 16,1 meses (483 días) después de la siembra y presenta buen comportamiento en soca. En cuanto a plagas y enfermedades, según lo observado en parcelas experimentales, la infestación por *Diatraea* sp. fue del 44%, con una intensidad de infestación o daño del 4,4%. No presentó manchas foliares, características en las zonas de ladera (Ramírez Durán, Insuasty Burbano, & Murcia Pardo, 2014).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 1. Características fenotípicas de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 93-7510.

Variedad de caña CC 93-7711

Es un material con buena capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad natural, y su capacidad de macollamiento es buena. Adicionalmente, se le considera una variedad eficiente en el uso de agua (Viveros, 2011). Su capacidad de germinación es buena y puede superar el 90 %. A su vez, es un material semitardío, y su “madurez fisiológica” se alcanza antes de los 18 meses de edad del cultivo (figura 2). Este término se maneja para indicar que la caña está en el punto óptimo para ser cosechada o “punto de sazónada”, como se le conoce en la industria panelera. Dicho punto es el momento en el cual la concentración de azúcar en las partes apical y basal del tallo se encuentran en una relación entre 0,95 y 1,00. La evaluación fitosanitaria de esta variedad en parcelas experimentales presentó una infestación del 73 % en los tallos por *Diatraea* sp., con un índice de intensidad de infestación o daño del 11 %, lo que indica que la variedad es susceptible al ataque de este barrenador. En enfermedades, se encontró un 64 % de las hojas con “manchas foliares” (mancha de ojo y mancha de anillo, causadas por *Bipolaris sacchari* y *Epicoccum sorghinum*, respectivamente [tabla 3]), con una severidad por debajo de 2 % del área afectada en la lámina foliar (Ramírez Durán et al., 2014).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 2. Características morfológicas de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 93-7711.

Variedad de caña CC 91-1555

Esta variedad tiene una capacidad de macollamiento regular y se adapta bien en condiciones de suelos de ladera con baja fertilidad natural. Su germinación puede ser menor del 80%. Es una variedad precoz (figura 3), y su maduración, según el IDM, se dio a los 15,4 meses (461 días) después de sembrada. Durante la evaluación en campo presentó una infestación de 73,2% por *Diatraea* sp., con 10% de intensidad de infestación o daño. Así mismo, presentó enfermedades foliares (mancha de ojo y mancha de anillo, causadas por *Bipolaris sacchari* y *Epicoccum sorghinum*, respectivamente [tabla 3]), con una incidencia del 75,7% en las hojas, y con una severidad promedio de daño en la lámina foliar menor de 1,0% (Ramírez Durán et al., 2014).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 3. Morfología de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 91-1555.

Variedad de caña CC 93-714

Esta variedad (figura 4) tiene una capacidad de adaptación a suelos de baja fertilidad natural, y su capacidad de macollamiento es buena. Además, su germinación supera el 90%. Adicionalmente, es una variedad semitardía y su madurez fisiológica la alcanza antes de los 18 meses de edad del cultivo. El 58,6% de los tallos presenta infestación por *Diatraea* sp., y la intensidad de infestación o daño puede alcanzar el 11,3%, lo que demuestra que este material tiende a ser susceptible a este barrenador. Esta variedad se considera sanitariamente como un material de buen comportamiento frente al ataque de enfermedades, ya que en evaluaciones previas la incidencia de manchas foliares (mancha de ojo y mancha de anillo, causadas por *Bipolaris sacchari* y *Epicoccum sorghinum*, respectivamente [tabla 3]) fue del 62%, pero la severidad es muy baja y no supera el 1% de cobertura de la lámina foliar (Ramírez Durán et al., 2014).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 4. Características morfológicas de tallos, yemas y hojas de la variedad CC 93-714.

Proceso de producción de semilla

El método de propagación de plántulas de caña de azúcar para panela a partir de yemas individuales es una modificación de la metodología de Viveros et al. (1997), realizada por AGROSAVIA con investigadores de la sede Cimpa, con quienes se complementó y perfeccionó el trabajo hasta consolidar el presente manual. A continuación, se describen los lineamientos de cada una de las etapas de producción de semilla de calidad.



Capítulo I

¿Cómo producir semilla de calidad? Consideraciones previas

El punto de partida para la obtención de semilla de calidad inicia con la selección del material genético o la(s) variedad(es). Una variedad deseable de caña de azúcar para panela debe responder favorablemente a las condiciones ambientales de una zona (finca, vereda, municipio, región, etc.) y a las necesidades de los productores de panela. Por tanto, las principales características de la variedad a multiplicar son:

- Resistencia al volcamiento, para evitar el destroncamiento radicular.
- Desarrollo uniforme de las plantas.
- Floración baja o nula. Puede, en su defecto, ser tardía (es decir, posterior a la época de cosecha).
- Tolerante al déficit hídrico y a condiciones adversas en el suelo (por ejemplo, alta concentración de aluminio).
- Alta eficiencia en el corte, alce manual y transporte de los tallos en mulas.
- Reducida inversión de sacarosa después del corte.

- Alto potencial productivo, en términos de producción de caña de azúcar para panela (t/ha), rendimiento en panela (%), producción de panela (t/ha), calidad de jugos y panela, obtención de subproductos derivados de la cosecha y del procesamiento de la caña.

Una vez se selecciona la variedad, se deben considerar los siguientes criterios para establecer un semillero o cultivo de caña panelera:

- Verificar la existencia de estudios previos sobre el comportamiento de la variedad para evitar la introducción y siembra de materiales susceptibles a las plagas y enfermedades de la región.
- Considerar la siembra de al menos dos variedades sin mezclarlas, es decir, en parcelas independientes, con el fin de tener diversidad en el material para minimizar el impacto de plagas y enfermedades. De sembrar una sola variedad susceptible a una plaga de importancia económica, las pérdidas en producción podrían superar el 80 %, dependiendo de la variedad.
- Antes de establecer lotes de grandes extensiones, iniciar con siembras de pequeñas parcelas comparativas en las que se pueda observar el desarrollo de las nuevas variedades frente a las variedades regionales. También se recomienda determinar el comportamiento agroindustrial de las variedades en condiciones reales, y observar otras características como volcamiento, floración, rajadura de tallos y su comportamiento frente al pisoteo de las mulas y la calidad de producto terminado o panela (Ramírez Durán et al., 2014).
- Luego de establecidos los semilleros, se recomienda extraer semilla por tres ciclos, donde cada ciclo comprenderá máximo 10 meses. Después de esos tres ciclos, la caña se destinará a cultivos comerciales para la producción de panela. La utilización reiterada de semilla asexual de caña de azúcar después del tercer ciclo origina un “deterioro” progresivo de la calidad genética de la semilla, así como de la calidad sanitaria por la transmisión e incremento de problemas fitosanitarios. Después del tercer ciclo, el cultivo puede ser destinado exclusivamente a la producción de panela, elaboración de mieles o de forrajes para alimentación animal.
- En el establecimiento del semillero básico, emplear semilla que proceda de lotes con plantas sanas y con un buen manejo fitosanitario. Los semilleros comerciales, es decir aquellos que van a comercializar o vender semilla, deben poseer registro ICA actualizado y vigente, de acuerdo con la Resolución ICA 3168 del 2015.
- Idealmente, se debe contar con reservorios de agua que permitan acceder a riegos artificiales como medida de contingencia en épocas de sequía prolongadas que puedan afectar el desarrollo del semillero.

- Delimitar las áreas en donde se realizarán los procesos de: 1) descargue de caña, 2) extracción de yemas, 3) siembra y trasplante, 4) germinación, 5) crecimiento, 6) empaque de plántulas y 7) riego.
- Elaborar un programa de monitoreo y muestreo de plagas y enfermedades en el lote, así como de las prácticas agronómicas requeridas, para garantizar la calidad genética, sanitaria, fisiológica y física de la semilla.
- Implementar un manejo adecuado de los suelos mediante la aplicación de enmiendas y planes de nutrición acordes a las necesidades del cultivo. Adicionalmente, se debe contar con un buen sistema de drenaje.
- Usar semilla pura; es decir, libre de mezclas con otras variedades.
- Mantener el lote de multiplicación libre de rebrotes de la plantación anterior, especialmente para la renovación de cultivos o la introducción de nuevos materiales. Así se disminuirá el riesgo de contaminación varietal y se garantizará la calidad genética del semillero.
- Emplear lotes para el establecimiento de semilleros que no hayan tenido cultivos de caña en, por lo menos, dos años. Si hay rebrotes, preparar el suelo de forma que se expongan al sol para eliminarlos.
- Usar soluciones para desinfectar las herramientas de corte. Esta práctica —que se sugiere sea obligatoria— disminuirá el riesgo de dispersión e incremento de enfermedades transmitidas por contacto o a través de herramientas.
- Preparar el sustrato para la siembra bajo las condiciones ambientales óptimas (humedad, temperatura y aireación) y de sanidad (desinfección o esterilización del sustrato), para el proceso de germinación y desarrollo de las yemas sembradas.
- Preparar las canastillas germinadoras siguiendo los protocolos de limpieza y desinfección.
- Adecuar, limpiar y desinfectar el lugar donde se encuentra el equipo de tratamiento térmico, las áreas de crecimiento y mantenimiento de plántulas en crecimiento, y el equipo de extracción de yemas.
- Usar los elementos de protección personal (EPP).



Capítulo II

Suministros operativos para la producción de semilla

La producción de semilla de caña de azúcar requiere de ciertos estándares, entre ellos infraestructura, maquinaria, equipos y herramientas. En la tabla 1 se presentan aquellos necesarios para cumplir con la producción de semilla.

Tabla 1. Insumos mínimos para el establecimiento y producción de semilla de caña de azúcar para panela

Suministro	Descripción
Material vegetal	Tallos de caña de azúcar para panela
Elementos varios	Baldes plásticos (12 L)
	Canastilla plástica de 12 cm de altura
	Canasta plástica de 32 cm de altura
	Caneca plástica (200 L)
	Caneca de PVC (60 L)
	Bandejas de crecimiento de 67 alvéolos
	Bayetilla
	Cajas de cartón (55 cm de largo × 28 cm de ancho × 20 cm de alto) con capacidad para 250 plántulas
	Costales en polipropileno
	Cinta adhesiva transparente (4,8 mm de ancho)
	Cinta adhesiva de enmascarar (4,8 mm de ancho)
	Frascos atomizadores plásticos (1.000 ml)
	Overol de dril
	Tapabocas desechables
	Tapabocas con filtro para material particulado
	Guantes con recubrimiento de espuma de nitrilo
	Guantes de carnaza
	Guantes de nitrilo
	Gafas de seguridad
	Gel refrigerante
	Lámina de acetato (6 cm de largo × 22 cm de ancho)
	Nevera de poliestireno expandido (Icopor) mediana (18,5 L)
	Papel periódico
Polisombra (80 %) de polietileno de alta densidad y aplicación de aditivos para la protección ultravioleta	
Maquinaria, equipos y herramientas	Bombas de fumigación de espalda
	Cámara de tratamiento térmico en hierro y forrada en PVC, con una medida aproximada de (1,2 m de largo × 0,9 m de ancho × 0,9 m de profundidad).

(Continúa)

(Continuación tabla I)

Suministro	Descripción
Maquinaria, equipos y herramientas	Carretilla acondicionada con lámina galvanizada para transportar bandejas de crecimiento (0,6 m de ancho × 1,0 m de largo)
	Estibas plásticas
	Lima triangular de 6 pulgadas
	Machetes
	Manguera para riego en jardinería
	Máquina extractora de yemas de doble entrada
	Pala de punta cuadrada
	Sistema de riego por aspersión
	Tanque de agua de 1.000 L
	Tijeras para poda
Infraestructura	Zona de descargue de la caña
	Zona de extracción de yemas
	Zona de siembra y trasplante
	Zona de germinación (capacidad 115-500 yemas)
	Zona de crecimiento (capacidad de 220-500 plántulas)
	Caseta de riego
	Zona de empaque de plántulas
Insumos	Arenilla de cantera, a una medida de 10,8 kg/canastilla
	Ceniza de caña, a una medida de 5,2 kg/canastilla
	Tierra negra, aproximadamente 1068 g por bandeja
	Carboxin* + captan*: 3 g/l
	Procimidona*: 2 g/l
	Ciproconazol*: 3 cc/l
	Permetrina*: 3 cc/l
	Yodo* Polietoxi Polipropoxi Polietoxi Etanol: 5 cc/l
	Urea: 3 g/l
Fertilizante foliar: 2,5 cc/l	

* Ingrediente activo

Fuente: Elaboración propia



Capítulo III

Semillero básico y selección de la caña

El semillero básico se establece a partir de semillas seleccionadas de lotes comerciales que garanticen la pureza y la calidad de la variedad deseada. Es ideal que el material del cual se tomarán las yemas cuente con menos de un corte, y con una edad entre ocho y máximo diez meses. Entre el séptimo y noveno mes, se deben coleccionar las muestras de tejido vegetal (20 hojas por hectárea) para detectar las enfermedades bacterianas, raquitismo de la soca (RSD, producida por *Leifsonia xyli*), y la escaldadura de la hoja (LSD, generada por *Xanthomonas albilineans*) (tabla 3). De este modo, el material inicial tendrá un riesgo bajo de presentar problemas sanitarios con estas enfermedades para esta fase.

Adicionalmente, el manejo de los semilleros básicos o semicomerciales debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener un plan de nutrición basado en el análisis de suelo, el cual debe implementarse previamente al establecimiento del semillero. Se sugiere realizar la fertilización de forma fraccionada, a los dos y cuatro meses después de la siembra, para lograr un mayor aprovechamiento de los nutrientes.
- Controlar las arvenses tres veces: el primer control debe hacerse en la séptima semana después de la siembra, es decir, una semana antes de la fertilización; el segundo debe realizarse en la semana octava, y el último en la semana decimosexta después de la siembra. De esta forma, se disminuye la competencia durante los períodos críticos y se garantiza el crecimiento adecuado de los tallos, lo cual permitirá obtener el mayor número de yemas durante la extracción.
 - Este control puede ser mecánico (con el uso de machete, azadón o guadaña) o químico, en función de las arvenses existentes en el lote o parcela. El control químico por medio de herbicidas debe usarse de acuerdo a las dosis recomendadas por las casas comerciales. Se sugiere emplear herbicidas selectivos para caña de azúcar, y se recomienda que las aplicaciones y el producto sean seleccionados en función de la población de malezas (bien sean de hoja ancha o angosta). Finalmente, se recomienda que el herbicida se aplique siempre antes de la fertilización del cultivo de caña de azúcar.
 - La dosis del herbicida deberá ajustarse de acuerdo a la edad de las plantas y al producto a aplicar.
- Monitorear y muestrear periódicamente problemas fitosanitarios en semillero, con el fin de identificar tempranamente los daños e incidencias de insectos (*Diatraea* sp. y *Blastobasis graminea*); y de enfermedades como “Pudrición roja” (*Glomerella tucumanensis*), “Mal de piña” (*Ceratocystis paradoxa*), “Roya café” (*Puccinia melanocephala*), “Roya naranja” (*Puccinia kuehnii*), “Cogollo retorcido” (*Gibberella fujikuroi*), “Mancha de ojo” (*Bipolaris sacchari*), “Mancha de anillo” (*Epicoccum sorghinum*), “Carbón de la caña” (*Ustilago scitaminea*), SCYLV (*Virus de la hoja amarilla*) y SCMV (*Virus del mosaico de la caña*), entre otras (tabla 3).
- Implementar las estrategias de manejo integrado incluyendo los manejos culturales, biológicos, físicos y químicos necesarios para contrarrestar los efectos negativos sobre la producción de semilla.
- Cortar la caña entre los ocho y diez meses de edad para así obtener la mayor cantidad de yemas viables, las cuales se usarán en el proceso de germinación. Esta edad óptima de corte se recomienda para las condiciones geográficas de Barbosa, Santander. Sin embargo, a mayor altura sobre el nivel del mar se incrementa la edad de corte y a alturas más bajas se disminuye. La edad de corte también puede

variar por las condiciones climáticas asociadas a las épocas de crecimiento de la caña en los semilleros.

- Llevar un libro de campo con el registro de las actividades y prácticas agronómicas (productos, dosis, manejos aplicados, etc.), con el fin mantener una trazabilidad de los procesos (ver anexo).
- Para detectar y diagnosticar las enfermedades bacterianas RSD y LSD en las muestras tomadas, se sugiere emplear el laboratorio de Fitopatología del Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), el cual está certificado y cuenta con la experiencia para el diagnóstico de dichas enfermedades en caña de azúcar para la producción de panela, en material vegetal proveniente de semilleros y de cultivos comerciales. Las muestras deben ser colectadas y enviadas según el protocolo diseñado por Cenicaña (2013) para dicho fin.



Capítulo IV

Extracción y germinación

Esta fase comprende las actividades de producción de semilla, las cuales van desde el corte de la caña en el lote de multiplicación básico hasta la obtención de yemas germinadas. Estas se presentan, de manera consecutiva, a continuación:

Corte de la caña de azúcar para semilla

Para obtener el mayor número de yemas viables por tallo (de cinco a ocho), el tiempo de corte sugerido es entre los meses ocho y diez después de la siembra o del último corte de la caña, dependiendo del caso. La decisión de cortar la caña para semilla debe incluir criterios como el comportamiento de la variedad en la zona geográfica específica (crecimiento precoz o tardío), vigor de las plantas bajo un manejo agronómico adecuado (obtención y manejo de la semilla, control de arvenses y fertilización oportuna) y las condiciones

climáticas que puedan promover la maduración precoz de las yemas, especialmente en el tercio medio e inferior de los tallos; lo que ocasiona un retraso en el crecimiento del tallo (entrenado corto y longitud inferior a lo registrado en los ciclos anteriores).

El corte de los tallos de caña se realiza a ras del suelo, con un machete u otra herramienta de corte. Las herramientas deben desinfectarse antes, durante y después de su uso con alguna de las siguientes soluciones:

- Yodo octilfenoxietanol al 2 %
- Yodo-nonilfenoxi-polietoxietanol al 2 %
- Polietoxi-etanol al 2 %
- Formol al 5 %

La desinfección constante de las herramientas previene la diseminación de las enfermedades RSD y LSD de plantas enfermas a plantas sanas. Dicha desinfección debe ser permanente, puesto que estas bacterias pueden permanecer activas hasta ocho días en las herramientas después de haber entrado en contacto con una planta enferma. Es necesario desinfectar las herramientas, como mínimo, al inicio de cada jornada de corte, al cambio de variedad durante cortes y cuando se cambie de lote.

El material que se utilizará para semilla debe ser examinado previamente mediante un muestreo en el laboratorio para determinar la presencia de RSD y LSD. Si la incidencia a partir de un muestreo de 20 puntos por ha, de acuerdo con las indicaciones del protocolo de Cenicaña, es mayor al 5 %, la caña debe destinarse a la producción de panela y no a la multiplicación de material de propagación (Ángel, Álvarez, Victoria, & Cassalett, 1995). Sin embargo, si el material tiene una incidencia igual o menor al 5 %, debe ser llevado a una cámara de tratamiento térmico para desinfectar la semilla y evitar la diseminación de enfermedades. Este proceso de desinfección se explica más adelante.

Deshoje

Después del corte, los tallos de la caña se transportan desde el lote de multiplicación al sitio de recepción, donde se inicia el deshoje manual para dejar las yemas al descubierto. Esta labor permite a los operarios encargados de la extracción visualizar mejor las yemas. Aquellas que presenten daños físicos se descartan.

Extracción mecánica de yemas

La extracción de las yemas se realiza con una máquina extractora, la cual dispone de un tubo sacabocados que requiere ser afilado y desinfectado a diario con las soluciones mencionadas anteriormente en la sección “corte de caña para semilla”. Preparada la máquina y seleccionados los tallos, se procede a la extracción de yemas, para lo cual el operario pone el tallo en posición horizontal, ubicando la yema en medio del tubo sacabocados, y luego ejerce la presión suficiente para extraer la porción del tallo con la respectiva yema (figura 5). El proceso de extracción de yemas se puede ver en el siguiente enlace desde su computador o teléfono móvil: <http://www.agrosavia.co/ver?vid=11210>.



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 5. Extracción y germinación de yemas. a. Deshoje manual; b. Yemas vegetativas de la caña en el tallo; c. Máquina extractora de yemas; d. Yemas extraídas listas para selección; e. Yemas vegetativas seleccionadas y disponibles para desinfección y acondicionamiento.

Durante la extracción, se realiza el primer control de calidad, teniendo en cuenta la ubicación e integridad de la yema en el tallo. En este caso, se pueden diferenciar dos tipos: 1) yemas viables que presentan externamente integridad, es decir, sin evidencia de un daño mecánico o causado por plagas; y 2) las yemas no viables, las cuales tienen alguna de las siguientes características (figura 6):

- Yemas sobremaduras (yemas de más de diez meses de edad) o demasiado tiernas (menores de ocho meses).
- Yemas con daño mecánico (causados por la manipulación de los tallos, lo cual afectaría negativamente la germinación).
- Yemas con daños causados por insectos barrenadores (*Diatraea* spp., *Blastobasis graminea* [Bustillo, 2013], *Podischnus agenor*, entre otras especies [tabla 3]).
- Yemas germinadas o con raíces en la base de los tallos.
- Yemas provenientes de tallos malformados, flácidos, deshidratados, delgados o con pudriciones causadas por el muermo rojo (*Glomerella tucumanensis*) o por bacteriosis (tabla 3).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 6. Características de las yemas de la caña para la extracción. a. Yema viable; b. Yema inviable a causa de pudriciones; c. Yema inviable debido a daños causados por plagas.

Las yemas extraídas se depositan en canastillas plásticas, las cuales se trasladan al área de siembra y trasplante. La cantidad de yemas extraídas por día puede ser cercana a 8.000; sin embargo, esta actividad depende del número de yemas viables, además del conocimiento y experticia del personal que opera la máquina extractora. Los tallos de caña perforados y otros residuos pueden emplearse como suplemento para la alimentación animal, compostaje, ensilaje o producción de mieles.

Absorción de agua o imbibición de las yemas

La hidratación de las yemas extraídas permite la activación del metabolismo y la movilización de nutrientes para la germinación, lo que acciona los procesos de multiplicación y diferenciación celular necesarios para el desarrollo de la parte aérea y radicular de la nueva plántula. Para tal fin, las yemas extraídas se sumergen en agua corriente (caneca de 200 L) durante una hora.

Tratamiento térmico con agua caliente a las yemas

Para su desinfección, las yemas vegetativas se ubican en canastillas plásticas acondicionadas al volumen de la cámara de tratamiento térmico (figura 7). Simultáneamente, se llena la cámara con agua corriente y se enciende hasta alcanzar una temperatura constante de $50,5 \pm 0,5$ °C. El control de RSD y LSD se hace de acuerdo con los siguientes parámetros:

- RSD: se inicia con un pre-tratamiento en la cámara con agua a 50 °C por 10 min. Después, el material vegetal reposa fuera del agua por un periodo de 8 a 12 h, y se finaliza con el tratamiento con agua caliente a 51 °C durante 1 h.
- LSD: las yemas se sumergen en agua corriente a temperatura ambiente durante 24 h y, posteriormente, se introducen en agua a 51 °C por 1 h.



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 7. Tratamiento térmico para la desinfección de la semilla. a. Sistema de tratamiento térmico; b. Preparación de la cámara a 50 °C; c. Inmersión de las yemas en la cámara térmica a la temperatura indicada; d. Canastillas plásticas durante el tratamiento térmico en la cámara para el control de LSD y RSD.

Cuando no se detecta RSD o LSD, el tratamiento térmico es innecesario y la semilla pasa directamente al tratamiento químico.

Tratamiento químico a las yemas

Luego de la imbibición y del tratamiento térmico, las yemas se dejan en reposo de 10 a 15 minutos a temperatura ambiente, para luego sumergirlas en una solución fungicida (Ciproconazol, 3 g/l) durante 10 minutos (figura 8). Este tratamiento previene la aparición de enfermedades causadas por hongos, como el mal de piña (*Ceratocystis paradoxa*), la pudrición roja o muermo rojo (*Glomerella tucumanensis*) (Victoria & Calderón, 1995) y *Sclerotium* sp. (Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2017). Los residuos generados deben tratarse de acuerdo con el plan de disposición de los residuos contaminantes.



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 8. Tratamiento químico a las yemas. a. Preparación de la solución fungicida; b. Inmersión de la semilla en la solución fungicida; c. Extracción de la semilla de la solución para su secado; d. Semilla tratada lista para la siembra en cajas plásticas.

Siembra de yemas de caña

La siembra de yemas en cajas plásticas inicia con la preparación del sustrato de germinación, el cual está compuesto por una parte de ceniza de bagazo de caña cernida (obtenida del trapiche panelero) y otra parte de arenilla (proveniente de las canteras), en una relación 1:1. Bajo las condiciones agroecológicas de Barbosa (Santander), este sustrato garantiza la retención de humedad, buena aireación y adecuada temperatura, lo que permite una germinación mínima del 80 % (Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2017). Una vez preparado el sustrato, se deposita en canastillas plásticas o germinadoras. A estas canastillas se les cubre los orificios laterales con acetato plástico desinfectado con yodo para evitar la pérdida de sustrato. Adicionalmente, la base de la canastilla se perfora con el fin de facilitar la salida del exceso de agua de riego, así se logra reducir la humedad del sustrato y evitar pudrición de la semilla.

Las canastillas plásticas se llenan hasta un tercio (1/3) de su capacidad con el sustrato de germinación, luego se ubican las yemas sobre el sustrato en posición horizontal y en fila. Aproximadamente, se ponen entre 350 y 370 yemas por canastilla y, por último, se cubren con sustrato (figura 9). En este punto se realiza un segundo control de calidad, seleccionando las yemas sin daños mecánicos ocasionados en la máquina extractora, sin perforaciones causadas por barrenadores, y que sean viables.

Las canastillas plásticas se rotulan con el nombre de la variedad, número de la canastilla, procedencia, fecha de siembra y el tipo de tratamiento térmico realizado, antes de ubicarlas en la zona de germinación. Para evitar la salpicadura del agua lluvia, se coloca una polisombra negra, con un porcentaje de sombra del 80% sobre las canastillas plásticas, en cada una de las hileras de la zona de germinación (1,5 × 6 m). La germinación de las yemas ocurre entre 20 y 30 días después de la siembra, dependiendo de la variedad.

Durante la germinación no se aplican fertilizantes, las dos únicas actividades de mantenimiento son: el riego (al menos dos veces al día y en horas frescas, aplicando en promedio 0,018 l/planta/mes) y el manejo preventivo del hongo *Sclerotium* sp. (Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2017). Este hongo pudre tallos y raíces durante las fases de germinación y crecimiento de las plántulas en el vivero. El control de *Sclerotium* sp. es de tipo químico, se aplica procimidona (2,5 g/l) semanalmente en épocas de lluvia; y quincenalmente, en épocas de sequía.



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 9. Siembra de yemas de caña. a. Llenado de las canastillas plásticas con el sustrato; b. Siembra de las yemas de caña en canastillas manteniendo la misma orientación; c. Cubrimiento de las semillas con sustrato; d. Preparación de la canastilla para su traslado al patio de germinación; e. Cubrimiento de las canastillas con polisombra para evitar el contacto con las salpicaduras de agua lluvia y así disminuir la probabilidad de infección con patógenos de suelo.





Capítulo V

Crecimiento

Trasplante de las plántulas a bandejas de crecimiento

Después de la germinación —la cual se espera esté entre el 60 y el 80%—, las plántulas se extraen individualmente de las canastillas para su trasplante en bandejas de crecimiento. La extracción debe realizarse cuidadosamente para evitar que los tallos se desprendan o que las raicillas se rompan. En este punto se hace el tercer control de calidad, clasificando las plántulas de acuerdo a su altura: grandes (de 9 a 12 cm), medianas (de 5 a 8 cm) y pequeñas (menores de 5 cm). Las yemas que no germinaron o que presenten daños o síntomas de enfermedad (micelio o pudriciones), se descartan. Se usa tierra negra cernida como sustrato para el trasplante, se llena una tercera parte de la bandeja de crecimiento, se siembran las plántulas —una por contenedor— y, posteriormente, se cubre con tierra negra toda la bandeja (figura 10).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 10. Traslante de las plántulas a bandejas de crecimiento. a. Plántulas en canastilla listas para ser trasplantadas a bandejas de crecimiento; b. Proceso de trasplante de plántulas en bandejas de crecimiento, c. Tamaño óptimo de plántulas para entrega.

Manejo de plántulas durante el crecimiento

Las plántulas de caña completan su ciclo de crecimiento entre 70 y 90 días después de la siembra, o hasta que el cespedón (conjunto de raíces) alcance un desarrollo adecuado. Durante este periodo se realizan las siguientes prácticas agronómicas:

- Riego: de una a dos veces por día en época de lluvias, y hasta tres veces al día en épocas secas.
- Fertilización: nitrogenada, la dosis de esta fertilización es 3 g/L de agua. Adicionalmente, cada tercer día se aplica fertilizante foliar (2,5 cc/L).
- Monitoreo: semanalmente se evalúa la presencia de plagas, como hormiga loca (*Nylanderia fulva*), barrenador del tallo (*Diatraea* sp.) y salivazo de la caña de azúcar (*Aeneolamia varia*). De igual forma, se evalúan enfermedades, como la roya café (*Puccinia melanocephala*), roya naranja (*P. kuehnii*) y pudriciones de raíces y tallo (*Sclerotium* sp.). Para las enfermedades, se ajusta la frecuencia de aplicación de procimidona (2,5 g/L) o de fungicidas a base de ciproconazol. En el caso de ataque de hormiga loca, se aplican cebos tóxicos; y para *Diatraea* sp., insecticidas de contacto.

- Podas: deben realizarse cada 15 o 20 días para favorecer el engrosamiento del tallo y evitar el crecimiento apical excesivo. Se debe tener precaución de no realizar una poda cerca al punto de crecimiento del tallo, porque esto podría causar la muerte de la planta. Por lo tanto, la poda debe realizarse solo en las hojas (figura 11). La herramienta de corte debe desinfectarse en cada cambio de variedad y después de cada jornada de trabajo con las soluciones indicadas anteriormente.



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 11. Manejo de plántulas durante el crecimiento. a. Patio de crecimiento; b. Acondicionamiento y desinfección de la herramienta de corte; c. Poda de plántulas de caña en el área de crecimiento.



Capítulo VI

Entrega de plántulas y establecimiento en campo

Empaque y transporte de las plántulas

Una vez el tallo de la plántula alcanza un diámetro aproximado de 5 mm, una altura de 4 cm, una longitud de las hojas de 10,2 cm, y tenga el cespedón bien formado, las plántulas se retiran de las bandejas de crecimiento y se empacan para la entrega. Aquí se hace el último punto de control de calidad de las plántulas.

Las plántulas a raíz desnuda se ubican en cajas de cartón con capacidad para 250 unidades. La etiqueta, acorde con lo establecido en la Resolución ICA 3168 del 2015, debe indicar, además, el contenido y las características del material a entregar. Las cajas se transportarán cuidadosamente hasta el sitio de siembra definitivo. Se recomienda ubicar máximo cuatro cajas verticalmente, unas sobre otras, para evitar daños físicos en las plántulas por el exceso de peso (figura 12).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 12. Empaque de las plántulas. a. Proceso de empaquetamiento de 250 plántulas por caja de cartón; b. Plántulas empaçadas y listas para ser enviadas al destino final de siembra.

Establecimiento del semillero básico con plántulas de caña

El establecimiento del semillero básico se realiza máximo ocho días después del empaque de las plántulas, esto con el fin de evitar su deshidratación e incrementar su prendimiento en campo. Cuando las plántulas se transportan por un periodo de varios días, se sugiere que al momento de la recepción de las plántulas se les dé una buena ventilación e hidratación.

El lote destinado para el semillero básico debe estar libre de arvenses y escombros. De acuerdo con la topografía y el tipo de suelo, puede requerirse una labranza mínima, e incluso la adecuación de drenajes para evitar encharcamientos, ya que pueden causar hipoxia y anoxia (falta de oxígeno) en las plantas.

Para crear un óptimo plan de fertilización, se recomienda hacer un análisis de suelos para determinar los fertilizantes a usar, sus dosis y épocas de aplicación durante el ciclo de producción. Así mismo, al momento de la siembra, y siempre con base en los resultados del análisis, se puede aplicar materia orgánica y se debe corregir el pH con cal de uso agrícola, siempre y cuando sea necesario.

Una vez el suelo está preparado, se trazan las distancias de siembras consideradas (se aconseja 60 cm entre plántulas y 1,30 m entre surcos, para una densidad de 12 821 plantas/ha). Un semillero de una hectárea de caña de azúcar para panela puede producir semilla para el establecimiento de diez hectáreas de nuevos semilleros o de

cultivos comerciales mediante esquejes. Los sitios y surcos se pueden trazar con cal y pita, respectivamente. Para la siembra de las plántulas se hacen huecos de 10 cm de largo, por 10 cm de ancho y 10 cm de profundidad, con herramientas disponibles en la finca como picas, ahoyadores, barretones o barras (figura 13).



Foto: Banco de fotos de AGROSAVIA

Figura 13. Establecimiento del semillero básico en campo. a. Trazado de surcos con cal y pita; b. Ahoyado para la siembra hecho con pica; c. Plantas de caña en sitio definitivo para su siembra.

Las plántulas se deben sembrar en suelo húmedo o ser irrigadas después de la siembra. Después, se deben realizar riegos, al menos una vez a la semana, durante los primeros meses de siembra. La frecuencia del riego puede aumentarse cuando las lluvias son escasas.

El control de arvenses (mecánico o químico) se debe hacer entre las semanas séptima y decimoquinta para evitar la competencia durante el periodo de rápido crecimiento, de esta manera se garantiza el crecimiento adecuado de los tallos. Se recomienda que la fertilización se fraccione en dos aplicaciones después de la siembra. El monitoreo

fitosanitario y el control de plagas y enfermedades por medio de estrategias culturales, biológicas, físicas y químicas es fundamental para reducir los efectos negativos de las plagas y enfermedades en la caña de azúcar que se empleará para producción de semilla o para la producción de panela.

Para controlar la hormiga loca se utiliza un cebo tóxico para hormigas; para *Diatraea* sp., el uso de controladores biológicos –como la avispa *Trichogramma exiguum* (50 a 100 pulgadas/ha), mínimo tres veces por ciclo de producción, ha mostrado ser eficiente. También se sugiere el manejo preventivo de enfermedades foliares, como la mancha de anillo y la mancha de ojo. Luego de ocho a diez meses, se procede a cortar la semilla de caña.





Capítulo VII

Esquemas de aseguramiento sanitario para plagas y enfermedades

Los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS) son una guía fundamental para la obtención y el mantenimiento de una óptima calidad sanitaria en el proceso de producción de semilla. La aplicación correcta de este método disminuye drásticamente el riesgo de infección, afectación y diseminación de patógenos y plagas (PP) en el proceso de producción de semilla de caña (Hernández Nopsa, et al., 2018; Hernández Nopsa, Ramírez Durán, Aristizábal Quintero, 2018).

Adicionalmente, los EAS son una herramienta clave para la toma de decisiones sanitarias con base en conocimiento científico; decisiones como la elección de lugar de siembra, tipos de monitoreos y muestreos a realizar, identificación de PP, así como su manejo integrado, son abordados por los EAS. De esta manera, la calidad de la semilla obtenida será mayor, lo cual beneficiará a los productores de semilla (puesto que proporcionarán un valor agregado a sus semillas), a los agricultores (porque la semilla estará

libre de patógenos y plagas) y al medio ambiente (porque disminuirá el uso de agroquímicos y de agua). Esto, en conjunto, beneficiará económicamente toda la cadena de producción de caña para panela, así como al medio ambiente. (Hernández Nopsa et al., 2018).

De manera resumida, los EAS están compuestos por seis documentos con preguntas, comentarios y sugerencias específicas, los cuales se presentan en la tabla 2. Por medio de los EAS se establecen en detalle los puntos críticos a controlar, metodologías de muestreo, técnicas analíticas y métodos de control, desde el momento en que se recibe la semilla para la siembra hasta la distribución en campo de las semillas. Toda esta información se encuentra en los EAS 1 al 5.

El “Cronograma para el monitoreo de PP durante la producción de semilla de caña panelera”, también llamado EAS 6 (figura 14), enfatiza los puntos y tiempos críticos para detectar y monitorear PP en el proceso de producción de semilla de caña. El EAS 6 está compuesto por un eje de tiempo en el punto central, el cual muestra rápidamente que el proceso de producción de semilla dura 37 meses en total. Este tiempo está asociado a los diferentes estados de producción de semilla y muy ligado a la fenología del cultivo.

En la sección de “Estado” se muestran estas fases, su duración y orden dentro del proceso de producción de semilla. Cada uno de los estados va ligado a un muestreo en el cultivo. Una parte esencial del EAS 6 es la PP, o “blanco” a muestrear. Para evitar muestrear todas las plagas durante todo el proceso de producción de semilla, se identifican las PP específicas en cada muestreo. Estas se encuentran identificadas por medio de un código, del número 1 al 26, y se especifica en qué fase de la producción se deben muestrear (tabla 3). Por ejemplo, en la fase de “extracción y germinación” se realizaría el primer muestreo (M1), el cual está enfocado en las plagas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 22, 23, 24, 25 y 26 durante el primer mes del proceso de producción de semilla. Para conocer la identidad de estas plagas, se busca el nombre de la PP (tanto común como científico) con base en su código en la tabla 3. Por ejemplo, la PP 1 corresponde a LSD. De igual manera, se puede ubicar la identidad de todas las PP referenciadas en el EAS 6 en la tabla 3.

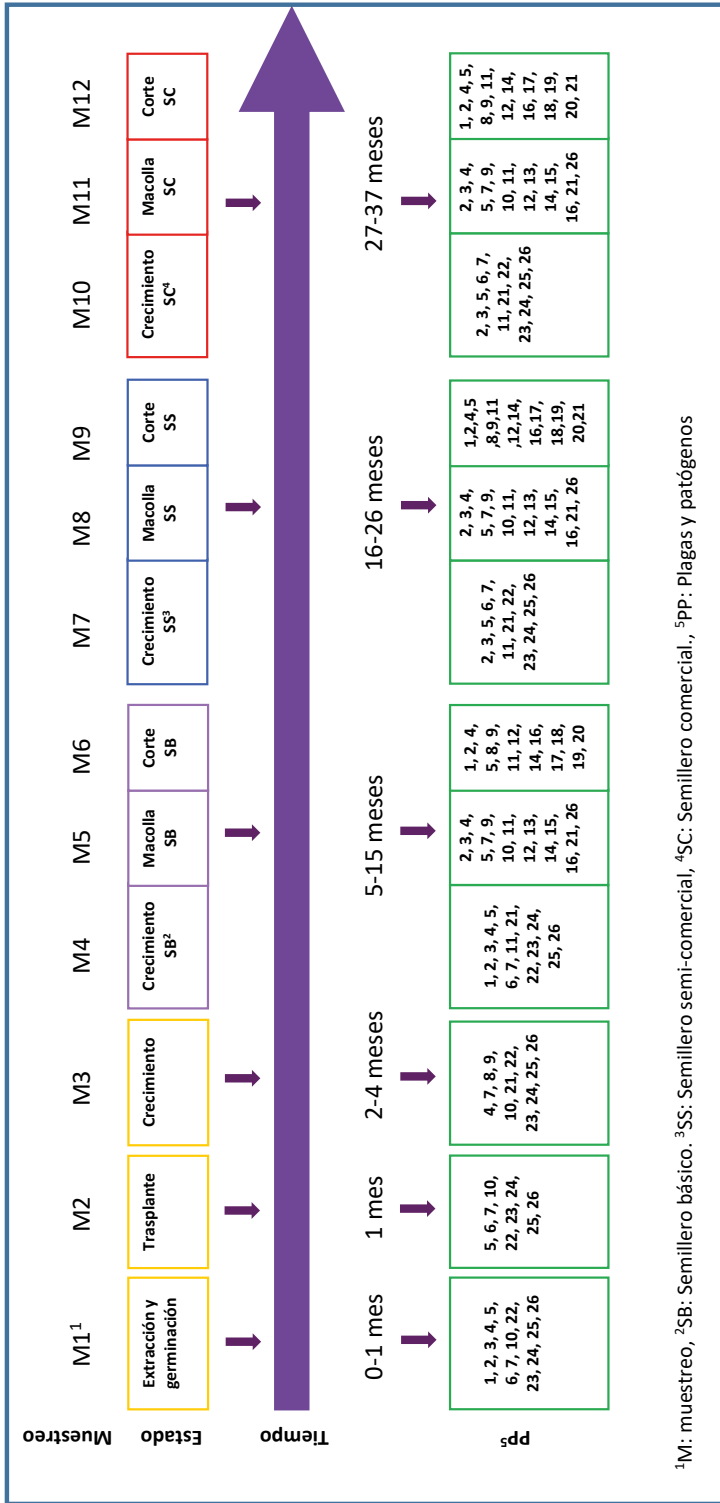


Figura 14. Esquema de Aseguramiento Sanitario (EAS) para semilla de caña. Este modelo representa la producción de semilla de caña panelera. Se representan los tiempos de producción de la semilla, el número de muestreos recomendados por fase o estado de producción, y las plagas y los patógenos (PP) de importancia a muestrear en cada fase. Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Estructura del modelo de los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS) y sus seis componentes o herramientas

Componentes	Puntos críticos	Breve descripción
EAS 1: Marco General		Detalle de los elementos y objetivos que conforman el EAS
EAS 2: Establecimiento de la producción de semilla	2.1 Historia de uso y revisión del lote a usar para la producción	Recolección de la información de usos previos del lote seleccionado para determinar si cumple las condiciones sanitarias
	2.2 Revisión de plagas y patógenos (PP) en el lote	Verificación de la presencia de PP en el área destinada a la producción de semilla
	2.3 Identificación del lote para el establecimiento	Reconocimiento y verificación del área de producción
EAS 3: Identificación y muestreo de PP priorizados	3.1 Información del sistema de producción y de PP en semilla	Recolección de información demográfica, del productor, del cultivo y de PP
	3.2 Diagnóstico y muestreo de PP	Diseño y selección del muestreo y monitoreo para cada PP. Determinación del tamaño muestral
	3.3 Manejo integrado de las PP priorizadas	Recolección de información del manejo de PP. Identificación de las estrategias más adecuadas y oportunas (erradicación, tolerancia, exclusión, manejo integrado, control biológico, etc.)

(Continúa)

(Continuación tabla 2)

Componentes	Puntos críticos	Breve descripción
EAS 4: Diagnóstico sanitario de semilla	4.1 Identificación de PP	Identificación taxonómica de la PP (insecto, hongo, virus, etc.)
	4.2 Epidemiología de PP	Identificación de los mecanismos de dispersión
	4.3 Biología, ecología y etiología de PP	Información del ciclo de vida, niveles de tolerancia en semilla, transmisión, etc.
	4.4 Detección de PP	Identificación de hospederos alternos, pruebas de monitoreo y diagnóstico y en campo
	4.5 Métodos analíticos	Diagnóstico de laboratorio para determinar o confirmar la PP
EAS 5: Toma de datos durante la inspección	5.1 Establecimiento del formato de muestreo y monitoreo	Con base en Resoluciones ICA (1989, 2015) o, en su defecto, con estudios científicos previos realizados
EAS 6: Modelo para la producción de semilla	6.1 Fases, tiempos y presencia de PP en la producción de semilla	Esquema general que permite la visión global del proceso de producción de semilla y sus puntos críticos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Plagas y patógenos (PP) de importancia seleccionados en el modelo de producción de semilla de caña

Código	Nombre científico	Nombre común
1	<i>Xanthomonas albilineans</i>	Escaldadura de la hoja o LSD (Victoria, Guzmán & Ángel, 1995; Wang, Comstock, Hatziloukas, & Schaad, 1999)
2	<i>Leifsonia xyli</i>	Raquitismo de la soca o RSD (Victoria et al., 1995)
3	<i>Nylanderia fulva</i>	Hormiga loca (Bustillo, 2013)
4	<i>Diatraea</i> sp.	Barrenador del tallo (Bustillo, 2013; Gómez & Vargas, 2014)
5	<i>Glomerella tucumanensis</i>	Pudrición roja o muermo rojo (Victoria et al., 1995)
6	<i>Ceratocystis paradoxa</i>	Mal de piña (Victoria et al., 1995)
7	<i>Sclerotium rolfsii</i>	Pudrición de cuello o de brotes (Victoria et al., 1995)
8	<i>Puccinia melanocephala</i>	Roya café (Victoria et al., 1995)
9	<i>Puccinia kuehnii</i>	Roya naranja (Ángel, Cadavid & Victoria, 2010)
10	<i>Gibberella fujikuroi</i>	Cogollo retorcido (Victoria et al., 1995)
11	<i>Bipolaris sacchari</i>	Mancha de ojo (Victoria et al., 1995)
12	<i>Epicoccum sorghinum</i>	Mancha de anillo (Victoria et al., 1995)
13	<i>Ustilago scitaminea</i>	Carbón de la caña (Victoria et al., 1995)
14	<i>Mycovellosiella koepkei</i>	Mancha amarilla (Victoria et al., 1995)
15	<i>Pseudomonas rubrisubalbicans</i>	Raya moteada (Victoria et al., 1995)
16	<i>Acidovorax avenae</i>	Raya roja (Victoria et al., 1995)
17	Virus de la hoja amarilla	SCYLV (Victoria, Garcés-Obando, Guzmán-Romero & Ángel, 1999)
18	Virus del mosaico de la caña	SCMV (Victoria et al., 1995)

(Continúa)

(Continuación tabla 3)

Código	Nombre científico	Nombre común
19	<i>Podischnus agenor</i>	Cucarrón de invierno (Bustillo, 2013)
20	<i>Metamasius hemipterus</i>	Picudo rayado de la caña (Bustillo, 2013)
21	<i>Aeneolamia varia</i>	Salivazo (Bustillo, 2013)
22	<i>Fusarium oxysporum</i>	Marchitamiento (Bao et al., 2016; Martínez-Fernández, Martínez-Jaimes, Guillén-Sánchez, Peña-Chora, & Hernández-Hernández, 2015)*
23	<i>Pythium</i> sp.	Pudrición de las raíces (Daugrois, Hoy, & Griffin, 2005; Lee & Hoy, 1992; Victoria et al., 1995)*
24	<i>Rhizoctonia</i> sp.	Pudrición (Ferreira & Comstock, 1993)*
25	<i>Phytophthora</i> sp.	Pudrición (Lee & Hoy, 1992; Victoria et al., 1999; Wang et al., 1999)*
26	<i>Blastobasis gramine</i>	Barrenador menor de la caña (Bustillo, 2013; Gómez & Vargas 2014)

* Estas plagas han sido diagnosticadas en el proceso de germinación, crecimiento, o en sustratos empleados durante el proceso de producción de semilla.

Nota: El código de las PP en la figura 14 equivale al de la presente tabla y relaciona sus nombres científico y común en el EAS.

Fuente: Elaboración propia



Los autores

Julio Ramírez Durán

jramirezd@agrosavia.co

Ingeniero agrónomo, magíster en Desarrollo Rural con experiencia en procesos de investigación en varias especies agrícolas de importancia social y económica para el país, especialmente en la producción de semilla de calidad. Cuenta con experiencia en procesos de transferencia de tecnología y asistencia técnica, así como con capacidad y trayectoria en la coordinación y el liderazgo de equipos técnicos y proyectos de investigación a nivel nacional.

Cuenta con experiencia en trabajo interinstitucional e interdisciplinario y en la gestión y administración de recursos financieros y de personal en procesos de investigación de carácter nacional. Además, posee un amplio conocimiento en la estructura y el modelo de gestión del conocimiento en redes de innovación y los procesos de vinculación de oferta tecnológica mediante el desarrollo de iniciativas estratégicas de carácter nacional. Actualmente se desempeña como jefe del Departamento de Semillas en AGROSAVIA.

Dubert Yamil Cañar Serna

dcanar@agrosavia.co

Ingeniero agroindustrial de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y magíster en Ciencias Biológicas de la misma universidad, con conocimiento en conservación y uso de los recursos fitogenéticos neotropicales. Cuenta con capacidad para aplicar conceptos científicos, tecnológicos y de ingeniería en la transformación industrial de materias primas y en el aprovechamiento de subproductos para la solución de problemas del sector agroindustrial. De igual manera, tiene experiencia en el manejo y uso de herramientas basadas en el área molecular, palinológica y citogenética dirigida a la investigación sostenible de los recursos biológicos; y práctica en el diseño y

construcción de módulos virtuales de información agropecuaria destinada a asistentes técnicos agropecuarios e investigadores para la generación de nuevo conocimiento. Así mismo, cuenta con experiencia en la transferencia de tecnología relacionada a la producción y acondicionamiento de semilla sexual y asexual dirigida a productores agropecuarios de pequeña y mediana escala, dentro del marco normativo expedido por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Leidy Yibeth Deantonio Florido

ldeantonio@agrosavia.co

Ingeniera agrónoma de la Universidad Nacional de Colombia y magister en Fisiología Vegetal de la Universidad Federal de Viçosa. Ha trabajado en investigación en las áreas de fisiología vegetal, biotecnología y agroclimatología y en diferentes sistemas de producción como caña panelera y guayaba. Actualmente, es investigadora Máster, adscrita a la Red de Cultivos Transitorios y Agroindustriales de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

John Fredy Hernández Nopsa

jhernandezn@agrosavia.co

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia, magíster en fitopatología de la misma universidad, y doctor en Agronomía, con énfasis en Epidemiología de la Universidad de Nebraska. Ha sido investigador y post-doctor en USDA-ARS, en la Universidad Estatal de Kansas y en la Universidad de Florida.

Cuenta con experiencia en epidemiología, patología y enfermedades de cereales, granos almacenados, tubérculos y sistemas de semillas, en sistemas agrícolas de los EE. UU. y Australia; así como en enfermedades degenerativas en semilla de papa en Colombia y Ecuador, y con *Fusarium oxysporum* en clavel y albahaca en Colombia e Italia. Ha trabajado en los efectos de cambio climático en enfermedades de plantas. Como epidemiólogo, le interesa la Complejidad de los sistemas agrícolas y el uso de modelos de redes para entender y proponer alternativas a problemas sanitarios de estos sistemas.

Desde noviembre de 2016 está vinculado a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), y actualmente se encuentra en el Departamento de Semillas de la Corporación, donde trabaja en temas relacionados con la sanidad y la calidad de la semilla en diferentes especies agrícolas y en distintas regiones del país.





Referencias

- Ángel, J. C., Álvarez, A., Victoria, J. I., & Cassalet, C. (1995). Manejo de las estaciones cuarentenarias de caña de azúcar en Colombia. *Fitopatología Colombiana*, 19(2), 75-81.
- Ángel, J. C., Cadavid, M., & Victoria J. I. (2010). Presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en el valle del río Cauca, Colombia. *Carta Trimestral*, 32 (3 y 4), 24-29. Recuperado de http://www.cenicana.org/pdf_privado/carta_trimestral/ct2010/ct3y4_10/ct3y4_10_p24-29.pdf.
- Aristizábal, D., Tobar, S. L., Sarmiento, L. F., Díaz, A. L., & Ramírez, J. (s.f.). *Producción de semillas de calidad de variedades mejoradas y materiales regionales para disponibilidad de los pequeños productores agrícolas*. Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Bao, Y. X., Sun, H. J., Li, Y. F., Duan, Z. Z., McCord, P. H., Cui, Y. P., & Zhang, M. Q. (2016). First report of *Fusarium oxysporum* Isolate gx3 causing sugarcane Pokkah Boeng in Guangxi of China. *Plant Disease*, 100(8), 1785. DOI:<https://doi.org/10.1094/PDIS-01-16-0080-PDN>.
- Bustillo, A. E. (2013). *Insectos plaga y organismos benéficos del cultivo de la caña de azúcar en Colombia*. Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña). (2013). *Requisitos para la toma de muestras para el diagnóstico de enfermedades*. Recuperado de http://www.cenicana.org/pdf/otros/servicio_diagnostico_enfermedades_2013.pdf.
- Daugrois, J. H., Hoy, J. W., & Griffin, J. L. (2005). Protoporphyrinogen oxidase inhibitor herbicide effects on *Pythium* root rot of sugarcane, *Pythium* species, and the soil microbial community. *Phytopathology*, 95(3), 220-226.
- Duffus, C. M. & Slaughter, J. C. (1980). *Seeds and their uses*. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons.

- Ferreira, S. A. & Comstock, J. C. (1993). *Diseases of Sugarcane (Saccharum spp. hybrids)*. Recuperado de <https://www.apsnet.org/publications/commonnames/Pages/Sugarcane.aspx>.
- Gómez, L. A., & Vargas, G. (2014). *Los barrenadores de la caña de azúcar. Diatraea spp. en el valle del río Cauca: investigación participativa con énfasis en control biológico* [Documento de trabajo N.º 734]. Santiago de Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña). DOI:10.13140/RG.2.1.2544.0165.
- Hernández Nopsa, J. F., Avendaño Avendaño, D. F., Deantonio Florido, L. Y., Lesmes Suarez, J. C., Liberato Guío, S. A., Martínez Morales, J. A., ... Ramírez Durán, J. (2018, noviembre). *Esquemas de aseguramiento sanitario (EAS) en semilla de papa y caña panelera: ¿Cómo mejorar la calidad fitosanitaria de su producción?* Póster presentado en el III Congreso Nacional de Semillas, Acosemillas, Bogotá, Colombia.
- Hernández Nopsa, J. F., Ramírez Durán, J., Aristizábal Quintero, D. (2018, noviembre). *¿Calidad de semilla? Los esquemas de aseguramiento sanitario (EAS) como herramienta para mejorar la calidad fitosanitaria en la producción de semillas*. Póster presentado en el III Congreso Nacional de Semillas, Acosemillas, Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (6 de agosto de 1984). Por la cual se adoptan requisitos fitosanitarios para la producción de semilla de caña. [Resolución 1696 de 1984]. Recuperado de <https://www.ica.gov.co/getattachment/478f0027-2062-4a2f-9011-9c592fdd2376/1984R1696.aspx>.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (11 de septiembre de 2015). *Por medio de la cual se reglamenta y controla la producción, importación y exportación de semillas producto del mejoramiento genético para la comercialización y siembra en el país, así como el registro de las unidades de evaluación agronómica y/o unidades de investigación en fitomejoramiento y se dictan otras disposiciones*. [Resolución 3168 de 2015]. do: 49.632.
- Lee, Y. S. & Hoy, J. W. (1992). Interactions among *Pythium* species affecting root rot of sugarcane. *Plant Disease*. 76(7), 735-739.
- Martínez-Fernández, E., Martínez-Jaimes, P., Guillén-Sánchez, D., Peña-Chora, G., & Hernández-Hernández, V. M. (2015). Diversidad de *Fusarium* en las raíces de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Micología*, 42, 33-43.

- Murcia-Pardo, M. & Ramírez-Durán, J. (2015). *Producción y manejo de semilla de caña panelera*. Bogotá, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Murcia-Pardo, M. L., & Ramírez-Durán, J. (2017). Reconversión del sistema regional de producción de semilla de caña para la agroindustria panelera en Boyacá y Santander. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(1) 75-87.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO). (2003). *Sistema de semillas de calidad declarada*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0503s.pdf>.
- Ramírez Durán, J., Insuasty Burbano, O., & Murcia Pardo, M. L. (2014). *Variedades de caña de azúcar empleadas para la agroindustria panelera de Colombia*. Barbosa, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Ramírez Durán, J., & Murcia Pardo, M. L. (2014). *Implementación del sistema de producción de plantas de caña de azúcar para el establecimiento de semilleros básicos y comerciales*. Barbosa, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Victoria, J. I., & Calderón H. (1995). Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades. En C. Cassalet, J. S. Torres, & C. H. Isaacs (Eds.), *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia* (pp. 115-129). Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).
- Victoria, J. I., Guzmán, M. L., & Ángel, J. C. (1995). *Enfermedades de la caña de azúcar en Colombia*. Recuperado de http://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_serizados/libro_el_cultivo_cana/libro_p265-293.pdf.
- Victoria, J. I., Garcés-Obando, F. F., Guzmán-Romero, M. L., & Ángel, F. (1999). *Síndrome de la hoja amarilla en Colombia* (Serie Divulgativa N.º 7). Recuperado de http://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_07/sd_07.pdf.
- Viveros, C. A, Cassalet, C., & Victoria, J. I. (1997). *Multiplicación rápida de la caña de azúcar por el sistema de plántulas* (Serie técnica N.º 23). Cali, Colombia: Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña).
- Viveros, C. A. (2011). *Identificación de características asociadas con la mayor eficiencia en el uso del agua para la producción de caña de azúcar* (tesis de doctorado). Universidad Nacional, Palmira, Colombia.
- Wang, Z. K., Comstock, J. C., Hatziloukas, E., & Schaad, N. W. (1999). Comparison of PCR, BIO-PCR, DIA, ELISA and isolation on semiselective medium for detection of *Xanthomonas albilineans*, the causal agent of leaf scald of sugarcane. *Plant Pathology*, 48, 245-252.



Glosario

Para efectos del presente manual, se adoptan las siguientes definiciones tomadas de las resoluciones ICA 3168 del 2015 y 1696 del 1984. Adicionalmente, se incluyen algunos términos empleados por el sector industrial y panelero, así como algunos de nuestra autoría.

Análisis de calidad: conjunto de procedimientos técnicos de laboratorio utilizados para determinar las características de una muestra de semillas.

Cadena de suministro de producción: cadena de proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución y detallistas a través de los cuales se adquieren las materias primas, se transforman y se envían al cliente.

Cámara de tratamiento térmico: equipo utilizado para realizar el tratamiento térmico con agua caliente a las yemas individuales de caña.

Calidad de semillas: conjunto de atributos de la semilla que involucra los factores genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

Cultivar: nombre genérico que se utiliza para referirse indistintamente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando como materiales comerciales para siembra.

Empaque o envase: recipiente destinado a contener las semillas.

Entrenudo: es la parte del tallo comprendida entre dos nudos.

Esquejes: trozo de tallo o estaca proveniente de una planta de longitud variable con una o varias yemas.

Esquema de Aseguramiento Sanitario (EAS): herramienta que establece las fases, los tiempos de producción de semilla, las técnicas, los indicadores, las plagas y los patógenos, los monitoreos, los muestreos, los manejos y la documentación que se usarán para asegurar la calidad sanitaria de la semilla.

Etiqueta: impreso que todo productor de semilla para siembra debe colocar en los respectivos envases o empaques, con la información exigida según su categoría.

Ficha técnica: documento en forma de sumario que contiene la descripción de las características agronómicas de una variedad vegetal de manera detallada.

Material vegetal de propagación: todo material vegetal viable que se use para multiplicación.

Nudo: es la porción dura y más fibrosa del tallo que separa dos entrenudos vecinos.

Patógeno: organismo que origina y desarrolla una enfermedad a partir de un microorganismo.

Plaga: aparición masiva y repentina de seres vivos de la misma especie que causan graves daños a poblaciones animales o vegetales.

Plántulas o plantas de vivero: son los individuos botánicos con destino al establecimiento de cultivos, provenientes de un órgano reproductivo sexual o asexual y que para efectos son considerados semillas para la siembra.

Primera soca: se refiere al lote o parcela con caña de azúcar en su segundo ciclo de producción de semilla o de caña para panela.

Semilla de caña de azúcar: trozo de tallo o estaca proveniente de una planta de longitud variable con una o varias yemas.

Semilla básica de caña: tallos o trozos provenientes de plantas de lotes comerciales o de semilleros de los propios cultivadores, sembrados con variedades mejoradas y manejadas agronómicamente de manera adecuada, con un buen estado fitosanitario y pureza varietal comprobada. También son semilla básica las estacas provenientes de semilleros que hayan sido mejorados por una institución de investigación.

Semilla sana: semilla de caña que esté libre de plagas (p.ej., *Diatraea* sp. y *Blastobasis graminea*) y enfermedades causadas por hongos (*Rhizoctonia* sp.), bacterias (escaldadura de la hoja y raquitismo de la soca), virus y nemátodos, entre otras.

Semilla seleccionada: semillas de especies que no están en proceso de certificación, y sobre la cual el ICA ejerce control durante su comercialización, a fin de verificar que reúna los factores de calidad establecidos en la legislación vigente.

Semillero básico: el sembrado con semilla básica.

Semillero comercial: aquel que se siembra con semilla procedente de un semillero semicomercial, y a partir del cual se realizará la distribución de la semilla para siembras comerciales. La semilla procedente del semillero comercial se denominará semilla seleccionada.

Semillero semicomercial: aquel que se siembra con semilla básica o con semilla de la soca de otro semillero semicomercial.

Variiedad: cada uno de los grupos en que se dividen algunas especies de plantas y animales, los cuales se distinguen entre sí por ciertos caracteres que se perpetúan por la herencia.

Yema: brote embrionario de los vegetales constituido por hojas o por esbozos foliares a modo de botón escamoso del que se desarrollarán ramas, hojas y flores.





Anexo

Registro de información de las actividades y las acciones para la producción de semilla de caña de azúcar

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
1	Realizar análisis de suelo para definir el plan de nutrición	Auxiliar técnico y profesional	Tomar muestra de suelo en los lotes donde se establecerá la unidad productiva, a partir de las indicaciones del asistente técnico agropecuario. Esto permite hacer un programa de fertilización y corregir falencias que se presente en el suelo. Puede basarse en la información del siguiente link: http://inta.gov.ar/documentos/muestreo-de-suelos	Tipo de suelo	Muestra simple: se obtiene con una sola extracción de suelo. Son usadas en trabajos de investigación y en suelos muy homogéneos. Se recomiendan cuatro muestras por ha, de 1 kg de suelo cada una. Muestra compuesta: muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o submuestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo. Son las más usadas para la planificación de la fertilización. Se recomiendan de 15 a 20 submuestras por parcela de muestreo	El análisis de suelo debe ser repetido en intervalos de uno a cuatro años. Se emplea mayor frecuencia de muestreo en parcelas con mayor intensidad de fertilización y de número de cultivos anuales consecutivos	Sitio de muestreo: cuadrícula, zig-zag y diagonales	Barreno, palas y palines	Para acciones específicas remitirse a: http://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-tnicas_de_toma_y_remisin_de_muestras_de_suelos.pdf	ATA	Libro de campo y registro de muestra de suelos
				Cantidad de muestra	0,5 a 1 kg de suelo						
				Localización y profundidad de muestreo	Profundidades: de 0 a 10 cm y de 10 a 20 cm						

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
2	Verificar la pureza varietal	Auxiliar técnico y profesional	Verificar la pureza varietal del semillero revisando los libros de campo del cultivar y los registros de las actividades y acciones en campo. Si el lote proviene de cultivo de caña, se deben eliminar las socas anteriores manualmente.	Pureza del material	Revisar en los libros de campo de investigación los parentales de la planta, para determinar los atributos de calidad de la semilla del cultivar (calidad genética, física, fisiológica y sanitaria)	N/A	N/A	Libros de campo y registro de actividades de campo	Revisar en el RNC del ICA para determinar si el material está inscrito	ATA	Libro de campo
3	Registrar los cortes	Auxiliar técnico y profesional	Llevar el registro de fechas y actividades para el primer y el segundo corte (plantilla y primera soca). La edad óptima de corte oscila entre los nueve y los diez meses	Edad de corte	Variedad vegetal - madurez fisiológica	Cada vez que se requiera registrar los datos históricos del lote	N/A	Libros de campo, registro de actividades de campo y cartilla para la producción y manejo de semilla de caña panelera	N/A	ATA	Libro de campo

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
4	Controlar los insectos plaga	Auxiliar técnico	Llevar un control de las incidencias de los insectos plaga, especialmente de <i>Diatraea</i> sp. y <i>Blastobasis</i> sp., para regular sus poblaciones	Control de <i>Diatraea</i> sp. y <i>Blastobasis</i> sp.	N/A	Cada vez que la incidencia del insecto plaga en el cultivo sea alta	N/A	Machete previamente desinfectado, palín, balde plástico, tijera podadora y bomba de fumigación	N/A	ATA	Libro de campo
5	Analizar las enfermedades del cultivar	Auxiliar técnico y profesional	Analizar el semillero básico para identificar la presencia de enfermedades limitantes como el Raquitismo de la soca causado por <i>Leifsonia xyli</i> (RSD) y Escaldadura de la hoja por <i>Xanthomonas albilineans</i> (LSD)	Presencia de <i>Leifsonia xyli</i> (RSD) y <i>Xanthomonas albilineans</i> (LSD)	N/A	Cada vez que los niveles de incidencia de la enfermedad sean superiores a los niveles permitidos	N/A	Machete previamente desinfectado	N/A	ATA	Libro de campo

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
6	Identificar la edad óptima de corte del semillero	Auxiliar técnico	Identificar en el libro de campo la edad del lote de producción del material vegetal. Observar el estado y grosor de los tallos para corte	Estado de corte: de ocho a diez meses. Depende de la variedad vegetal	Variedad vegetal - madurez fisiológica	Cada lote de producción en estado de corte	Tabla de registro de información	Material vegetal	N/A	Coordinador de campo	Libro de campo
7	Cortar los tallos	Auxiliar técnico	Cortar a ras de suelo con un machete o herramienta de corte previamente desinfectada con yodo o solución desinfectante	Concentración de la solución desinfectante	Yodo al 2 %, Yodo-nonilfenoxi-polietoxietanol al 2 %, Polietoxi Etanol al 2 % o formol al 5 %	La desinfección debe realizarse en cada jornada de corte y cuando se realice el cambio de lote de corte o de variedad. Esta labor evitará la diseminación de RSD y LSD	Probeta o cilindro graduable	Machete o herramienta de corte	Si se termina el yodo para desinfectar la herramienta de corte, utilizar otro desinfectante a la concentración adecuada	Coordinador de campo	Registro único de registro de herramientas

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
8	Deshojar	Auxiliar técnico	Transportar el lote de tallos al patio de caña e iniciar con el deshoje de forma manual utilizando guantes de carnaza	Lote de tallos deshojados	N/A	Número de tallos deshojados y yemas descubiertas	N/A	Guantes de carnaza	N/A	Coordinador de campo	Registro de tallos deshojados y libro de campo
9	Extraer mecánicamente las yemas	Auxiliar técnico	Afilarse con una lima la sierra del tubo saca-bocados de la máquina de extracción de yemas	N/A	N/A	Se requiere que el operario realice esta labor a diario antes de iniciar la jornada de trabajo. Esto permite mayor eficiencia en la extracción de las yemas	N/A	Lima de afilar	N/A	Operario de la máquina saca-bocados	Registro de mantenimiento del equipo y libro de campo

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
10	Seleccionar las yemas durante la extracción	Auxiliar técnico	Extracción de las yemas: desechar yemas sobre-maduras o demasiado jóvenes (tiernas). No utilizar o seleccionar yemas que presenten daños mecánicos o que no garanticen una normal germinación. Estos daños pueden ser provocados por la manipulación de los tallos o al momento de extraer las yemas con la máquina. No utilizar yemas con daños causados por insectos barrenadores como <i>Diatrea</i> sp., <i>Blastobasis graminea</i> y <i>Podischnus agenor</i> , entre otros.	Selección y número de yemas viables e inviables	El operario debe eliminar las yemas deshidratadas, con diámetro inferior al exigido, con tallos flácidos, y con síntomas de bacteriosis	Cada vez que se tenga un lote de semillas extraídas con la máquina saca-bocados	N/A	Visual	N/A	Operario de la máquina saca-bocados	Registro del número de yemas viables/inviables y libro de campo
11	Tratar térmicamente las yemas extraídas	Auxiliar técnico	Una vez extraídas y seleccionadas las yemas, se deben tratar térmicamente para limpiar y prevenir la diseminación de enfermedades como el raquitismo de la soca (RSD) y la escaldadura de la hoja (LSD)	Temperatura	Para RSD: 1. Pre-tratamiento con agua caliente a 50 °C por 10 min 2. Dejar en reposo fuera del agua entre 8 y 12 h 3. Tratamiento con agua caliente a 51 °C por 1 h	Se realiza una sola vez por lote de producción de semilla	Termómetro y cronómetro	Equipo de termoterapia y Balde plástico	N/A	Operario de proceso	Registro de temperatura y tiempo en cámara de termoterapia
		Tiempo	Para la LSD: 1. 24h sumergidas en agua corriente a temperatura ambiente 2. Tratamiento con agua a 51 °C por 1 h								

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
12	Tratar químicamente las yemas	Auxiliar técnico	Extraer las yemas de la cámara de tratamiento térmico y dejarlas en reposo por fuera del agua entre 10 y 15 min. Posteriormente, sumergirlas durante 10 min en una solución fungicida	Concentración de la solución fungicida	Solución fungicida: Carboxín:-5,6,-dihidro-2-metil-N-fenil-1,4-oxatiin-3-carboximida o Carboxin: 5,6-dihydro-2-methyl-1,4-oxathiine- 3-carboxanilide 200 g/kg en dosis de 3 g/l de agua	La solución fungicida debe ser cambiada cada semana y debe desecharse de forma apropiada, de acuerdo con las BPA	Probeta o cilindro graduable	Balde plástico y bomba de fumigación	N/A	Operario de proceso	Registro de yemas con tratamiento químico
13	Sembrar las yemas en canastillas de germinación	Auxiliar técnico	Preparar el sustrato (relación 1:1) usando ceniza cernida (obtenida de las hornillas de los trapiches paneleros) y gravilla fina (residuo de la explotación de piedra de las canteras). Posteriormente, las canastillas plásticas deben perforarse en la parte inferior para que liberen el exceso de agua. Luego se llenan las canastillas con el sustrato aproximadamente hasta un tercio de su capacidad. Posteriormente se ponen las yemas sobre el sustrato cubriendo toda el área disponible. Seguidamente se pone más sustrato hasta cubrir las yemas. Por último, se expone la canastilla la luz solar para estimular la germinación de las yemas	Número de canastillas llenas	El sustrato permite obtener porcentajes de germinación altos (80%), así como una buena retención de humedad, buena aireación y adecuadas condiciones de temperatura para la germinación	Cada vez que inicia el proceso	Número de paladas	Balde plástico y bomba de fumigación	N/A	Operario de proceso	Registro de yemas sembradas
				Germinación del lote de plantas	Las plantas permanecen en esta etapa por 20 días y luego son trasplantadas a las bandejas de crecimiento	Una vez por proceso	Número de plantas	Balde plástico	N/A	Operario de proceso	Registro de plantas

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
14	Trasplantar el material a las bandejas de crecimiento	Auxiliar técnico	Después de 20 días, extraer las plantas de las canastillas, evitando desprender los tallos o romper las raicillas. Seleccionar las plantas de acuerdo a su tamaño y vigor. Descartar el material no germinado o en mal estado, el cual pasa a pilas de compostaje	Tamaño	Las plantas se clasifican como grandes (9-12 cm), medianas (5-8 cm) y pequeñas (menos de 5 cm)	Paralelamente en la etapa de trasplante	Regla milimétrica	N/A	N/A	Operario de proceso	Registro de plantas clasificadas - Producto No Conforme
				Vigor	Velocidad y uniformidad de germinación y crecimiento de la plántula, capacidad de emergencia bajo condiciones ambientales desfavorables y comportamiento después del almacenamiento	Una vez por proceso	Tabla de registro y monitoreo de los lotes de producción de semilla	N/A	N/A	Operario de proceso	Registro de plantas en crecimiento
				Tiempo de germinación	20 días	Días	N/A	N/A	N/A	Operario de proceso	Registro de plantas germinadas

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
15	Manejar las plantas en bandejas de crecimiento	Auxiliar técnico	Transportar las bandejas de crecimiento a la terraza de crecimiento, hasta obtener el desarrollo óptimo para la posterior extracción, empaque y transporte de las plantas al sitio de siembra definitivo	Crecimiento/día	Esta zona debe estar debidamente acondicionada con un sistema de riego, así como con el suministro de fertilizante nitrogenado	Riego dos o tres veces al día	Medidor de tiempo para riego	Sistema de riego para patio de crecimiento	N/A	Operario de proceso	Registro de plantas germinadas
			Realizar podas con tijera a las plantas en crecimiento para favorecer el fortalecimiento del tallo y evitar el crecimiento vegetativo excesivo	Días de poda	Las podas de estructura se deben realizar cada 15 o 20 días	Cada 15 días hasta la etapa de empaque	Número de podas	Tijeras podadoras de uso exclusivo para caña	N/A	Operario de proceso	Registro de operaciones culturales
			La extracción de las plantas se realiza cuando se presenta un buen desarrollo del cespedón	Plantas extraídas	Entre los 60 y 90 días	Cada vez que las plántulas estén listas para empaque y embalaje	N/A	N/A	N/A	Operario de proceso	Registro de operaciones culturales - Producto No Conforme

(Continúa)

(Continuación tabla)

N.º	Qué	Quién	Cómo	Variable	Especificación (valor requerido o aceptado. Ejemplo: temperatura 30 °C)	Frecuencia de medición de la variable	Equipos de medición	Materiales y elementos	Acción (Plan alternativo que se hace en caso de que no se cumpla con lo requerido)	Responsable de la acción	Registro (si aplica)
16	Empacar y transportar las plantas	Auxiliar técnico	Una vez las plantas han alcanzado su desarrollo óptimo, empaclarlas en cajas de cartón o canastillas (250 plantas por caja), para transportarlas al sitio de siembra definitivo	Número de cajas	Cajas de cartón corrugado	Por proceso de empaque	Número de cajas para transporte	Cajas y cinta de embalaje	N/A	Operario de proceso	Número de cajas listas para distribución
17	Sembrar las plantas en el sitio definitivo	Auxiliar técnico	Con las camas llenas y las plantas clasificadas, abrir orificios en el suelo con un palín, procurando dejar la misma distancia entre plantas y surcos	Distancia entre planta. Distancia entre surco	Distancia entre planta: 50-60 cm Distancia entre surco: 1,30 m Densidad de siembra: entre 12 821 y 15 385 plantas/ha	Con cada lote de siembra de material en el vivero	N/A	Palín Regla en cm	Corregir y aplicar las distancias entre planta y surco especificadas	Coordinador Vivero	N/A

Fuente: Elaboración propia

Impresión y encuadernación:
Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas (JAVEGRAF)

Terminó de imprimirse
en junio de 2019, Bogotá, D. C., Colombia

La calidad de la semilla —desde sus cuatro ópticas: sanitaria, física, fisiológica y genética— garantiza un mejor desempeño del cultivo y le permite al agricultor tener una mayor probabilidad de éxito en su proceso productivo. De allí la importancia de que los agricultores, en este caso de caña de azúcar para producción de panela, conozcan, adopten y practiquen las recomendaciones y guías de este manual. AGROSAVIA, desde su Departamento de Semillas, se ha empeñado en promover la producción de semilla de calidad para que agricultores y productores usufructúen los beneficios económicos, ambientales y sociales que la producción y uso de semilla de calidad tiene. Fruto del arduo empeño de AGROSAVIA para la obtención de la semilla de calidad es el presente manual. Aquí, los lectores encontrarán las pautas mínimas para la producción de semilla de calidad de caña de azúcar, desde la obtención de las yemas óptimas, pasando por prácticas agronómicas, culturales y de manejo de plagas y patógenos. Un elemento novedoso del manual es la inclusión de los esquemas de aseguramiento de la calidad sanitaria, en los cuales se esgrimen los principios básicos para la obtención, preservación y conservación de la calidad de la semilla. Esperamos que agricultores, productores, extensionistas, estudiantes, asistentes técnicos y demás interesados encuentren en este manual una herramienta útil y de primera necesidad para la producción de semilla de calidad de caña de azúcar para producción de panela.



CORREO: bac@agrosavia.co

TELÉFONO: (57 1) 422 73 00 EXT. 1257 o 1274

SKYPE: [biblioteca.agropecuaria](https://www.skype.com/join/biblioteca.agropecuaria)

www.agrosavia.co

ISBN: 978-958-740-289-6



Distribución gratuita
Prohibida su venta



El campo
es de todos

Minagricultura