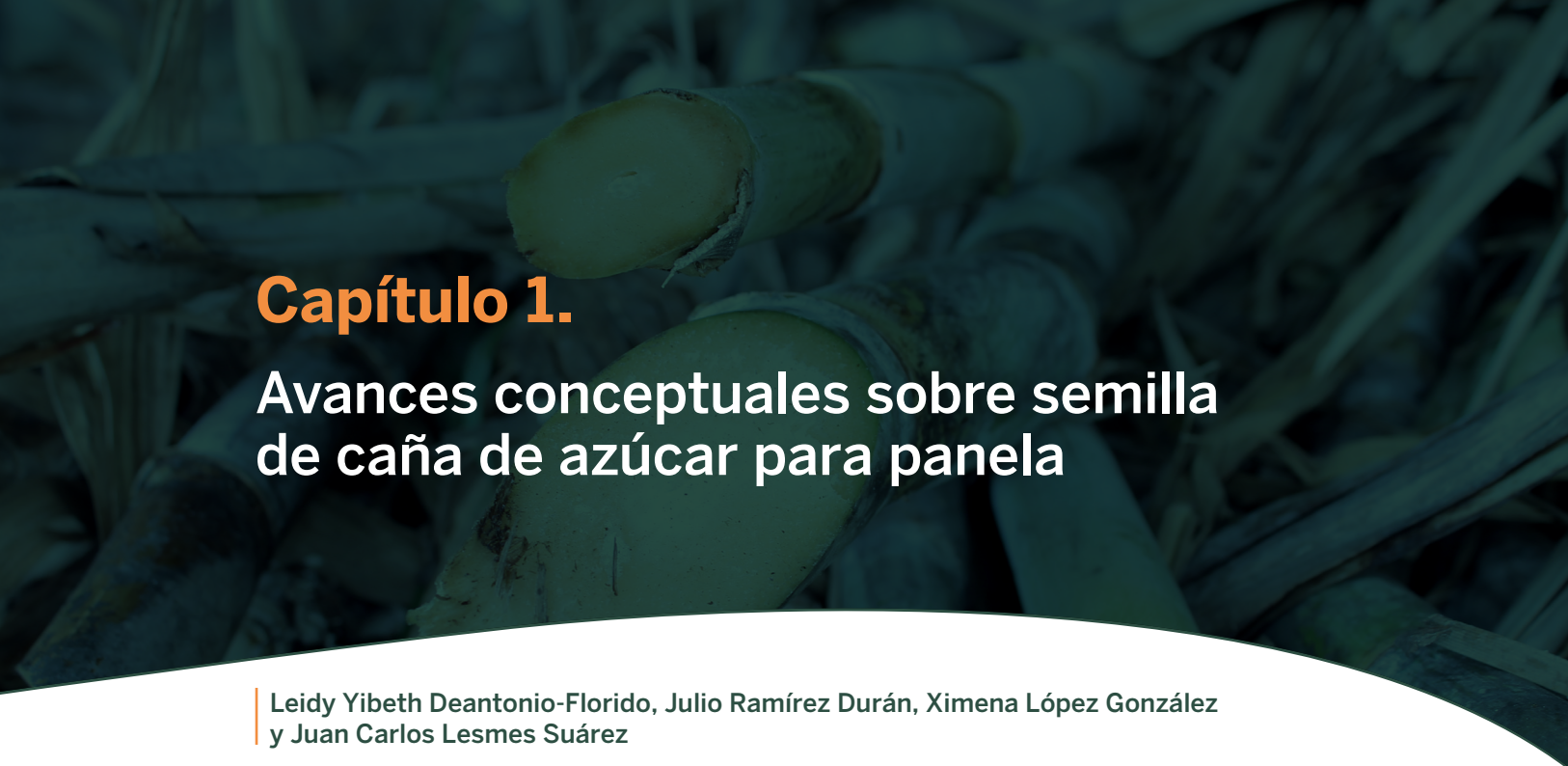


An aerial photograph of a vast sugarcane plantation during the golden hour of sunset. The rows of tall, green sugarcane stalks stretch across the landscape, leading towards a small cluster of buildings, including a mill with a tall chimney, nestled in a valley. The sky is a deep, warm orange, and the overall scene is bathed in a soft, golden light.

Componente I
Manejo agronómico, corte y
transporte de la caña de azúcar
para panela





Capítulo 1.

Avances conceptuales sobre semilla de caña de azúcar para panela

Leidy Yibeth Deantonio-Florida, Julio Ramírez Durán, Ximena López González
y Juan Carlos Lesmes Suárez

Resumen

En Colombia, la obtención de semilla seleccionada y el establecimiento de semilleros de caña de azúcar para panela son retos que apuntan a mejorar e incrementar la productividad y la sostenibilidad de los cultivos. El objetivo del capítulo es presentar los principales avances conceptuales sobre la producción de semilla seleccionada que asegura la calidad de la caña de azúcar para panela. Se recopilaron y analizaron datos primarios registrados en la producción de semilla seleccionada y en semilleros de las variedades CC 93-7711 y CC 93-7510, con lo cual se establecieron indicadores de calidad orientados al cumplimiento de la normatividad existente. Se conceptualizó un modelo de producción de semilla de calidad integrando el conocimiento de los productores de caña e información técnica sobre aspectos genéticos, físicos, sanitarios y fisiológicos. Este aporte técnico proporciona información de referencia para mejorar la toma de decisiones frente a la producción y uso de semilla seleccionada de caña para panela en Colombia.

Palabras clave: *Saccharum* spp. L., semilla seleccionada, modelo productivo, semilleros

Introducción

Los métodos de propagación de la caña de azúcar varían en función de las necesidades productivas y los avances tecnológicos, aunque en los países tradicionalmente cañicultores de Centro y Suramérica predominan los métodos asexuales (Digonzelli et al., 2019; Jiménez, 1995; May & Ramos, 2019; Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Programa para Incrementar la Competitividad del Sector Azucarero [Proicsa], 2019; Tarazona Parra, 2011), y en India predominan el método de trasplante espaciado, la técnica de bolsa de plástico, la técnica de chip de yemas o brotes (Jain et al., 2010; Srivastava & Kumar, 2020), entre otros. Aun cuando se registran importantes avances en la producción *in vitro* de semilla (micropropagación: cultivo de ápices meristemáticos o meristemas, o uso de sistemas de inmersión temporal automatizados) (Jiménez, 1995; Lorenzo et al., 1998), con fines tanto de mejoramiento genético como de multiplicación masiva de material de siembra sano (Srivastava & Kumar, 2020), la agroindustria panelera colombiana se abastece de semilla obtenida principalmente en campo a partir de esquejes, yemas embolsadas y cogollos (Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015).

En Colombia, AGROSAVIA soporta la investigación y la transferencia tecnológica sobre el uso y manejo de material de siembra de calidad en los sistemas productivos de caña de azúcar (*Saccharum* spp. L.) para panela. Aunado a lo anterior, es importante señalar que la producción de semilla seleccionada es uno de los ejes de la modernización de los cultivos, factor que a su vez favorecerá la reconversión y formalización de los trapiches en Colombia (Congreso de Colombia, 2019), dado que la cantidad y calidad de la caña influye en la capacidad planeada o ajustada de las unidades productoras de panela. A mediano y largo plazo, el mejoramiento y manejo integral de los cultivos de caña podría generar un impacto positivo en el aumento de áreas renovadas, la sostenibilidad y el aumento en la producción de caña y panela. Con estas consideraciones, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) brinda los lineamientos que aseguran estándares mínimos

de calidad de la semilla para garantizar, entre otros aspectos, una adecuada propagación del material vegetal (resoluciones 1696 de 1984 y 3168 de 2015 del ICA).

Se debe tener en cuenta que la caña de azúcar es una especie semipermanente y que en Colombia su manejo, las condiciones agroecológicas y el nivel tecnológico son heterogéneos, especialmente a causa de los contrastes socioeconómicos del país (Álvarez & Farías, 2012; Rodríguez Borray et al., 2020), los cuales influyen directamente en la baja renovación de los cultivos y la poca implementación de nuevas tecnologías. A esto se suma que buena parte de los cultivos de caña de azúcar destinados a la elaboración de panela se han establecido con variedades tradicionales (POJ 2878, RD 75-11, CP 57-603, CC 84-75, CC 86-45, entre otras) (Ramírez Durán, Insuasty Burbano & Murcia Pardo, 2014), introducidas a las diferentes regiones hace más de 30 años y propagadas con esquejes, que es el método más utilizado a nivel nacional (Manrique Estupiñán, 2011; Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Osorio, 2007; Rodríguez Borray et al., 2020). Además, a lo largo del territorio nacional se presentan esquemas de manejo sanitario y una selección del material vegetal tradicionales y frágiles, que dificultan la detección temprana de plagas y enfermedades, lo que limita la producción.

Asimismo, se presentan otros factores que podrían agravar la problemática relacionada con la producción de semilla:

- El traslado o transporte de material de siembra entre regiones (Tarazona Parra, 2011): esta práctica, sin los cuidados requeridos, favorece la diseminación de plagas como la hormiga loca (*Nylanderia fulva*), el salivazo (*Aeneolamia varia*) y el barrenador de la caña (*Diatraea* spp.) (Ramírez Durán et al., 2019; Tarazona Parra, 2011), y de enfermedades bacterianas como la escaldadura de la hoja (LSD), causada por *Xanthomonas albilineans*, y el raquitismo de la soca (RSD), causado por *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Ramírez Durán et al., 2019; Victoria & Calderón, 1995).

- El poco usual establecimiento de semilleros en regiones paneleras: esto impide la ampliación de áreas a partir de material vegetal producido exclusivamente para este propósito. La recomendación general indica que los semilleros podrían ocupar el 10 % del área sembrada de las unidades productivas de caña (Ramírez Durán et al., 2019). La baja disponibilidad de semilla de calidad, aunada a ciertas prácticas culturales de los productores, dificulta la adopción o implementación de semilleros, lo que genera una lenta o inexistente renovación de los cultivos comerciales y una baja adopción o uso de nuevas variedades o cultivares con mejores características productivas y agroindustriales, como las variedades Cenicaña Colombia, CC 93-7711, CC 93-7510 (Barona-Rodríguez et al., 2020; Ramírez Durán, Insuasty Burbano & Murcia Pardo, 2014; Ramírez Durán, Insuasty Burbano & Viveros Valens, 2014) y CC 01-1940 (Barona Rodríguez et al., 2021).
- Los esquemas tradicionales de producción de semilla a partir de caña obtenida durante la cosecha: estos esquemas, que son usados entre regiones sin ningún tipo de control, afectan el prendimiento y el aseguramiento de aspectos sanitarios y genéticos.

Es a partir de las limitaciones ya expuestas que la obtención de semilla cuenta con una serie de criterios mínimos de calidad que podrían asegurar hasta el 40 % de los rendimientos del cultivo y, con ello, superar las limitaciones en la calidad de la semilla, para contribuir a la reducción de los costos de producción y de los impactos ambientales negativos producto de la aplicación descontrolada de productos de síntesis química, a la vez que se favorece la sostenibilidad y competitividad del subsector panelero colombiano. En la actualidad, la Ley 2005 de 2019 (Congreso de Colombia, 2019) promueve, entre otras líneas estratégicas, la modernización de cultivos y trapiches, lo cual es posible mediante la implementación de prácticas como la renovación y ampliación de áreas productivas con semilla seleccionada; este cambio tecnológico podría proyectar el aumento de los rendimientos del subsector panelero y acercar su promedio nacional a valores de

referencia obtenidos de manera experimental (entre 180 y 270 toneladas de caña por hectárea [TCH], y entre 21,5 y 30,8 toneladas de panela por hectárea [TPH]) (Ramírez Durán, Insuasty Burbano & Murcia Pardo, 2014).

En los últimos años, AGROSAVIA ha promovido y fundamentado la producción de semilla seleccionada de caña de azúcar para panela a través de la investigación y transferencia de tecnología (tabla 1.1), generando conocimiento y lineamientos técnicos en torno a un modelo productivo que incluye criterios de calidad basados en los conceptos de semilla, así:

- Semilla: “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” (ICA, 2015).
- “Semilla de caña de azúcar” es un término adecuado, puesto que representa e indica el uso de trozos de tallo, estacas o esquejes provenientes de una planta de longitud variable con una o varias yemas (ICA, 1984).
- “Semilla de calidad” hace referencia al conjunto de atributos que involucran y garantizan la expresión genética de los cultivares de caña, la integridad física, el comportamiento fisiológico, la capacidad de adaptación y la baja o nula presencia de plagas y enfermedades que afecten su sanidad o los cultivos que se establezcan con este material vegetal. La pureza varietal y la sanidad son parte de los criterios mínimos cuando se habla de semilla de calidad.
- Semilla seleccionada: alcanza esta distinción durante su producción, puesto que existe verificación de los factores de calidad según la Resolución 3168 de 2015 del ICA.

Tabla 1.1 Periodo y contribución de AGROSAVIA para consolidar las bases conceptuales y prácticas de la producción de semilla de calidad

Periodo	Contribución
2013-2018	Proyecto “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 y otras regiones que demandan la tecnología”.
2013-actualidad	Establecimiento y ajuste del sistema de producción de plantas germinadas de AGROSAVIA para el subsector panelero de Colombia (Deantonio-Florido et al., 2021; Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2017; Ramírez Durán et al., 2019).
2018-2019	Proyecto “Bolsa de semillas para la paz”, el cual incentivó la sustitución de cultivos de uso ilícito en los departamentos de Norte de Santander, Putumayo y Antioquia.
2020-2024	Proyecto “Fortalecimiento de sistemas locales de producción de semilla del cultivo de caña de azúcar para panela en los departamentos de Santander, Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Tolima, Caquetá y otras regiones que demandan la tecnología”.

Fuente: Elaboración propia

En línea con la aplicación de los conceptos relacionados con la semilla, AGROSAVIA adaptó y ajustó la tecnología de producción de plantas germinadas provenientes de yemas individuales bajo la orientación de Cenicaña (Viveros et al., 1997), y se cuenta con un modelo de producción en la Hoya del Río Suárez, que comprende una de las regiones más representativas de la producción de panela en el país. Sumado a esto, la articulación y alineación institucional con el ICA, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), Cenicaña y la Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela) ha sido fundamental para avanzar en el tema.

En este contexto, se presentan aquí los principales avances conceptuales sobre la producción de semilla seleccionada, que asegura la calidad de la caña de azúcar para panela; así pues, se brinda información de referencia para la toma de decisiones sobre

la obtención de semilla seleccionada y el establecimiento de semilleros. Los aspectos conceptuales y prácticos que integran este capítulo se validaron para las variedades comerciales CC 93-7711 y CC 93-7510, pero tienen aplicabilidad en otras nuevas.

Metodología

La documentación de este capítulo se basa en información primaria obtenida en las condiciones agroecológicas de la región panelera de la Hoya del Río Suárez en el periodo 2013-2018, en el cual se introdujeron los conceptos de calidad en la producción de semilla seleccionada de los cultivares comerciales CC 93-7711 y CC 93-7510, con base, principalmente, en la tecnología de producción de plantas germinadas. Asimismo, en la sede Cimpa, del Centro de Investigación Tibaitatá de AGROSAVIA, se establecieron semilleros con el propósito de identificar los indicadores de calidad que permitieran referenciar las recomendaciones o características más favorables para la obtención de semilla asexual seleccionada y su establecimiento en nuevos semilleros o cultivos comerciales.

Resultados

Semilla seleccionada

La caña de azúcar se propaga principalmente por métodos asexuales; a continuación, se describen las técnicas más empleadas en el subsector panelero:

- Producción de esquejes, estacas o trozos de tallos: se emplean trozos de caña de entre 30 y 60 cm (figura 1.1), que cuenten con tres o cuatro yemas viables (López Lopera, 2014; Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015); usualmente se obtienen durante la cosecha, es decir, entre 16 y 20 meses después del inicio del ciclo. El control sanitario es limitado y poco estricto.



Figura 1.1. Esquema general de propagación de esquejes de caña de azúcar para panela. a. Corte de los tallos de caña en cultivos comerciales con edades de 16 a 24 meses, dependiendo de la variedad y las condiciones agroecológicas, o de semilleros de máximo 10 meses; b. Trozos de tallos o cangres de caña deshojados; c. Esquejes o tallos de caña seleccionados con 3-4 yemas viables para la siembra en sitio definitivo.

Fotos: Juan Carlos Lesmes Suárez

- Cogollo: se emplean las yemas del ápice del tallo (figura 1.2). Su obtención se realiza 17 meses después del corte o siembra; sin embargo, se recomienda tener en cuenta el tiempo de maduración del cultivar seleccionado (López Lopera, 2014; Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015) para garantizar la viabilidad de las yemas.
- Yemas embolsadas: consiste en la extracción o corte de pequeños trozos del tallo que presentan yemas viables. Estos trozos de caña se siembran en germinadores o en bolsas plásticas de 3 kg, hasta alcanzar la germinación y un adecuado desarrollo radicular, para ser ubicadas en el sitio definitivo (figura 1.3); el porcentaje de prendimiento en campo puede oscilar entre el 90 % y el 97 %, pero dependerá del manejo agronómico (Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Osorio, 2007). Esta forma de propagación se emplea principalmente para las resiembras o en el establecimiento de nuevas parcelas en trabajos de estudio de variedades.



Figura 1.2. Esquema general de propagación de cogollo de caña de azúcar para panela. a. Caña en pie con edad de corte; b. Cogollo o sección apical del tallo de caña; c. Nudo con yema viable.

Fotos: Juan Carlos Lesmes Suárez

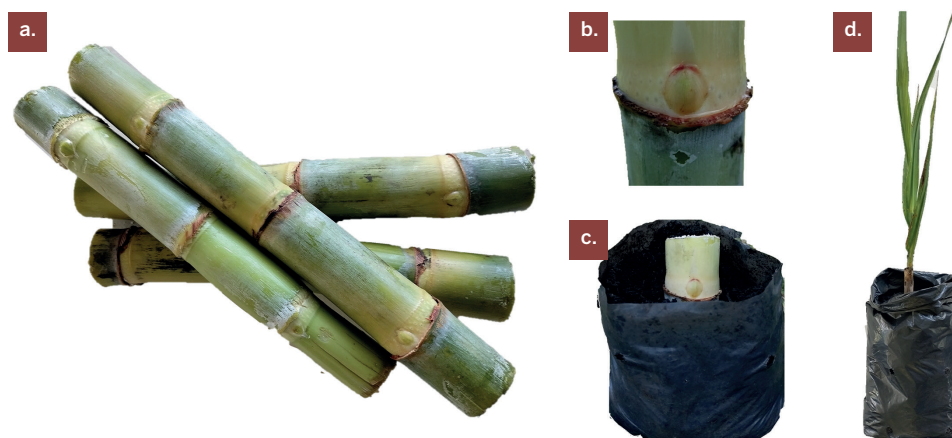


Figura 1.3. Esquema general de propagación de yemas embolsadas de caña de azúcar para panela. a. Tallos de caña seleccionados para cortar los nudos con yemas viables; b. Detalle del corte de la yema; c. Yema ubicada en bolsa negra con tierra para su germinación y prendimiento; d. Planta desarrollada como resultado de embolsar las yemas de caña.

Fotos: Juan Carlos Lesmes Suárez

- Plantas germinadas: semillas seleccionadas a partir de la extracción de yemas individuales, lo que permite asegurar una alta calidad genética y sanitaria de los semilleros básicos o semicomerciales durante dos o tres ciclos productivos (figura 1.4).



La elección del método de propagación dependerá del origen de la semilla (semillero o cultivo comercial) y del uso o tipo de parcela que se establecerá (semilleros, resiembras, siembra de nuevas variedades promisorias o para investigación). De acuerdo con Murcia Pardo y Ramírez Durán (2015) y Ramírez Durán et al. (2019), las principales recomendaciones en la obtención de semilla de caña de azúcar para panela son:

- La variedad o cultivar comercial que se propague debe estar registrado ante el ICA y contar con la información de referencia sobre su evaluación agronómica y su estudio de adaptación agroecológica.

- Garantizar la pureza varietal de la semilla, teniendo como fuente semilleros o cultivos comerciales sin mezcla de variedades.
- La edad del semillero para corte no debe superar los diez meses.
- El número máximo de cortes de un semillero es tres, ya que después de este tiempo se presenta un deterioro en la calidad genética y sanitaria de la semilla.
- Elegir semilleros comerciales que cuenten con registro ICA vigente para este fin, en los cuales se garantice la implementación de prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades, un programa de fertilización que parta de los resultados del análisis de suelos y un control oportuno de arvenses.
- Realizar la fumigación y desinfección del material vegetal procedente del huerto básico o semillero de multiplicación, preferiblemente en la parcela cosechada, a través de la inmersión de la semilla en una solución de fungicida e insecticida, preferiblemente con ingredientes activos que cuenten con registro ICA vigente (por ejemplo, carboxín + captan: 3 g/L de agua).
- Desinfectar la herramienta de corte con una solución de yodo al 2 % o de formol al 5 %, antes, durante y después de cada actividad; se incluyen machetes, la máquina extractora de yemas, entre otras herramientas.
- Realizar pruebas de tejido vegetal para detectar la presencia de raquitismo de la soca (*L. xyli* subsp. *xyli*) y escaldadura de la hoja (*X. albilineans*) (Ramírez Durán et al., 2019; Ramírez Durán & Murcia Pardo, 2014) entre los siete y nueve meses de edad de la caña (Cenicaña, 2023). En caso de obtener una respuesta positiva a la presencia de estos patógenos, con una incidencia inferior al 5 %, se sugiere realizar el tratamiento térmico de las yemas según los protocolos para el control de estas limitantes bacterianas (Ramírez Durán et al., 2019); por su parte, si la incidencia es superior al 5 %, se recomienda evitar su uso como material de multiplicación.

Calidad de las plantas germinadas

El **indicador de calidad genética** se determina a partir de la trazabilidad (registro) del origen y manejo de la semilla. Como lo indican Ramírez Durán et al. (2019), la elaboración de libros de campo y el uso de formatos para este fin pueden facilitar la identificación y registro de los cultivares que serán empleados en los semilleros y producción de semilla. Otro mecanismo consiste en usar etiquetas durante la comercialización de la semilla seleccionada, según la información solicitada en la Resolución 3168 de 2015 del ICA (figura 1.5).

Las principales variables que identifican la **calidad física y fisiológica de la semilla seleccionada** de caña para panela son la edad de la caña en el momento del corte y el porcentaje de germinación de yemas, y otras variables alométricas, como la altura de las plantas (ALPLA), el diámetro del tallo (DIATA) y un cespedón bien formado (sistema radicular). Además de estas variables, en la producción de plantas germinadas se registran los porcentajes de plantas trasplantadas y obtenidas para la siembra en sitio definitivo. La respuesta de los cultivares y de la semilla a estas variables de calidad también depende de diversos factores como el fenotipo del cultivar, la interacción ambiental, el manejo agronómico, las condiciones de cosecha de los semilleros y la selección y manejo de las yemas en vivero y campo (Deantonio-Florido et al., 2021; Ramírez Durán et al., 2019).

Sumado a esto, la viabilidad y el vigor de las yemas pueden generar calidades diferentes al obtener plantas germinadas grandes, medianas y pequeñas (figura 1.6) en un mismo periodo (90 días después de la siembra [DDS]); sin embargo, es posible extender su ciclo vegetativo y alcanzar las dimensiones ideales promedio (ALPLA de 5,24-5,72 cm; DIATA de 7,04-7,59 mm, y cespedón bien formado) para ser ubicadas en el sitio definitivo en campo o en futuros semilleros. En ese caso, las plantas que a los 90 DDS sean medianas y pequeñas requieren estar 30 y 60 días adicionales, respectivamente, en patio de crecimiento (AGROSAVIA, 2018).



SEMILLA SELECCIONADA

*Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)*
Variedad CC 93-7711
Variedad evaluada en producción de panela

Registro N°: Resolución 4290 de 1996 (Ampliación en trámite)
Lote N°: _____
Análisis de calidad: _____
Estado Sanitario: Libre de patógenos transmisibles por semilla.



Contenido: 250 Plántulas
Semilla tratada
“No apta para el consumo humano o animal”
De la calidad de la semilla dependerá el éxito de su cultivo

Centro de Investigación Tibaitatá, sede Cimpa
Kilómetro 2 vía antigua a Cimpa Barbosa, Santander

Figura 1.5. Etiqueta modelo para la identificación de semilla seleccionada.

Fuente: Departamento de Semillas de AGROSAVIA

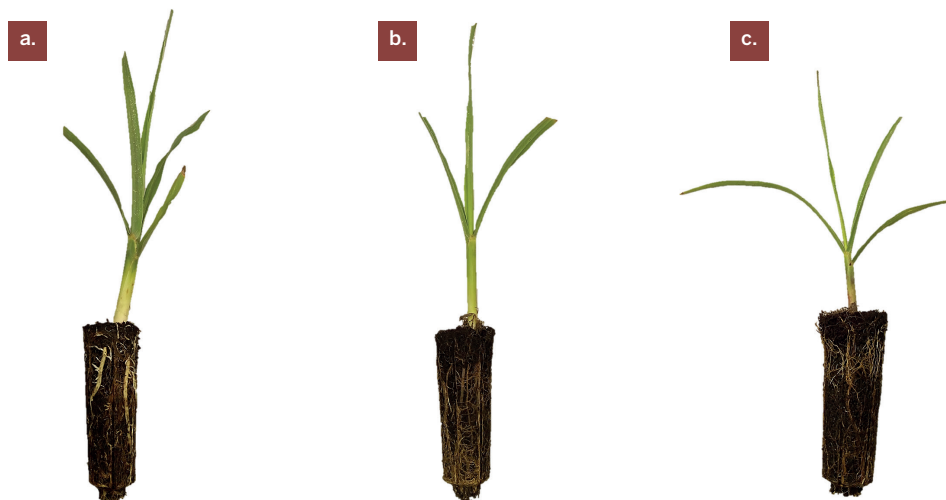


Figura 1.6. Plantas germinadas del cultivar de caña de azúcar CC 93-7711, 90 DDS, producidas bajo las condiciones agroecológicas de Barbosa, Santander. a. Plántula grande; b. Plántula mediana; c. Plántula pequeña.

Fotos: Juan Carlos Lesmes Suárez

Otra variable es la calidad asociada a la producción y eficiencia en la obtención de semilla seleccionada, dada por la viabilidad y el número de las yemas aprovechables. A continuación, se describen los indicadores evaluados en un estudio de caso desarrollado en la Hoya del Río Suárez por tres ciclos de producción de semilla.

Porcentaje de germinación de yemas

El material proveniente del huerto básico, con una edad promedio de 7,5-8,5 meses, con imbibición de las yemas en agua por un periodo de 1-3 horas y posterior siembra (AGROSAVIA, 2018), presentó un porcentaje de germinación entre el 51,73 % y el 88,11 %.

La variación en el porcentaje de germinación podría estar relacionada con las condiciones climáticas registradas durante el periodo de producción en el que se realizó la cosecha, la siembra

y la germinación de la caña (mayo-octubre de 2016, 2017 y 2018); como se indica en la figura 1.7, la precipitación fluctuó ampliamente durante los meses señalados.

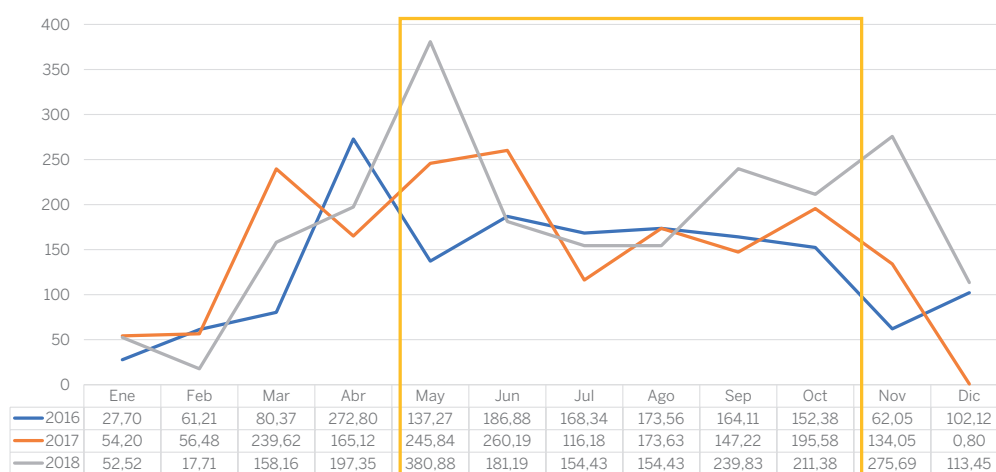


Figura 1.7. Precipitación promedio (mm) registrada en el periodo 2016-2018 y meses de evaluación y producción de la semilla seleccionada o las plantas germinadas.

Fuente: Sede Cimpa de AGROSAVIA (Barbosa, Santander)

Porcentaje de plantas trasplantadas

En los tres ciclos de producción, el promedio de yemas germinadas fue del 96,52 %. Las plántulas trasplantadas se clasificaron en tres categorías, en función del tamaño alcanzado; en promedio, la proporción de plantas obtenidas fue la siguiente: grandes (9-12 cm): 40,50 %; medianas (5-8 cm): 31,04 %; pequeñas o “fósforo” (menos de 5 cm): 28,46 %. Al analizar cada ciclo, se registró una variación del 51,73 % al 87,67 %, lo que confirmó que las condiciones climáticas y la incidencia de enfermedades fungosas (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia* sp., *Phytophthora* sp. y *Pythium* sp.), sumadas a una excesiva manipulación de las yemas extraídas, podrían afectar la calidad de la semilla (AGROSAVIA, 2018).

Porcentaje de pérdida de plantas en patio de crecimiento

Es posible registrar pérdidas finales del 8,06 % al 10,97 % en patio de crecimiento o etapa de desarrollo, a causa de la inadecuada o incompleta formación del cespedón, es decir, por un deficiente sistema radicular (poco compacto y vigoroso); son plantas que no cumplen con el tamaño y el vigor requeridos para ir a la siembra en campo y plantas con una deficiente formación del sistema radicular por exceso de humedad en el cespedón.

Como mencionamos, estos indicadores podrían orientar la adecuada producción de la semilla, en particular para renovar los cultivos de caña. En tal sentido, se deben considerar los siguientes aspectos que podrían mejorar la toma de decisiones:

- Las variedades de caña de azúcar que se han de emplear para multiplicación y siembra deben estar registradas ante el ICA o haber sido entregadas al subsector panelero luego de su introducción y evaluación controlada. Como producto de esto, se cuenta con fichas técnicas que contienen información de referencia del potencial productivo y su capacidad adaptativa en regiones paneleras, previniendo la movilización de limitantes fitosanitarias y asegurando su adaptación y producción.
- Un cultivo de caña con sistemas de corte por parejo en zonas paneleras podría presentar en promedio entre cinco y siete cortes antes de su renovación; esto, considerando un buen manejo agronómico para el levantamiento de socas (prácticas de encalle, cepillado y resiembra), lo cual permite establecer los requerimientos de material de siembra y los tiempos de renovación.
- Se requiere determinar el balance beneficio/costo en función del rendimiento y los costos de producción de la semilla o material de siembra, con lo cual se promueve la planificación del cultivo, la ampliación o renovación de áreas cultivadas y una mayor rentabilidad para los productores de caña, panela e incluso semilla.

Semilleros

Los semilleros son áreas exclusivas destinadas a la obtención de semilla de calidad para caña de azúcar. Buenaventura (1990) propuso tres tipos de semilleros: básicos, semicomerciales y comerciales, que tienen como factor común el tratamiento sanitario (químico o por termoterapia) de la semilla. La Resolución 1696 de 1984 del ICA amplía estos conceptos, así: el semillero básico es sembrado con semilla básica; el semillero semicomercial es aquel que se siembra con semilla básica o con semilla de la soca de otro semillero semicomercial, y el semillero comercial es aquel que se siembra con semilla procedente de un semillero semicomercial y a partir del cual se realiza la distribución de la semilla para siembras comerciales. La semilla procedente de este tipo de semillero se denomina “semilla seleccionada”.

Se reitera que el número de cosechas o cortes de los semilleros para aprovechar la semilla es de uno (Osorio, 2007) o máximo dos, sin importar el método de propagación, pues así se asegura la pureza varietal y la sanidad vegetal (Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Ramírez Durán et al., 2019). El principal **indicador de calidad de los semilleros** de caña es el número de *yemas viables* por tallo, el cual tiene relación directa con la edad de la caña en el momento del corte (tabla 1.2). Al aumentar la edad de los tallos, estos ganan peso, pero, paralelamente, aceleran la maduración de los tejidos, lo que promueve su lignificación y la acumulación de una alta cantidad de azúcares, como la sacarosa, razón por la cual se reduce el número de yemas viables de la base hacia el ápice del tallo (AGROSAVIA, 2018).

Tabla 1.2. Relación entre la edad y el número de yemas viables por hectárea de caña de la variedad CC 93-7711 cultivada en dos localidades de Santander

Localidad	Edad (meses)	Yemas viables por tallo	Rango del número de yemas viables/ha		Peso del tallo (kg)	Rango de tallos con yemas viables (t/ha)	
Provincia de Vélez*	7,5	8	576.000	716.000	0,85	60,91	75,72
	8	8	576.000	716.000	0,86	62,06	77,15
	8,5	8	576.000	716.000	0,88	63,07	78,40
	9	7	504.000	626.500	0,90	64,44	80,10
	9,5	7	504.000	626.500	0,91	65,38	81,27
	10	6	432.000	537.000	0,91	65,81	81,80
	10,5	5	360.000	447.500	0,95	68,11	84,67
Provincia de Guanentá**	7,5	10	720.000	895.000	0,86	62,21	77,33
	8	10	720.000	895.000	0,88	63,07	78,40
	8,5	10	720.000	895.000	0,89	64,30	79,92
	9	10	720.000	895.000	0,91	65,45	81,36
	9,5	10	720.000	895.000	0,93	66,89	83,15
	10	10	720.000	895.000	0,94	67,82	84,31
	10,5	9	648.000	805.500	0,96	68,83	85,56

* Valor calculado con una población de 72.000-89.500 tallos/ha.

** Valor calculado con una población de 69.000-89.000 tallos/ha.

Fuente: AGROSAVIA (2018)

Como se ha indicado, la viabilidad de las yemas está directamente relacionada con su ubicación en el tallo: los tercios medio

y superior presentan yemas tiernas y con mayor probabilidad de germinación, mientras que las yemas ubicadas en la base del tallo cuentan con menos viabilidad con el paso del tiempo. Las yemas pueden presentar inviabilidad y, con esto, menor probabilidad de germinación, si presentan algunas de las siguientes características (figura 1.8):

- Yemas demasiado tiernas (con menos de siete meses de edad) o muy maduras (con más de diez meses de edad).
- Yemas con daños mecánicos causados por la manipulación inadecuada de los tallos o con heridas en el momento del corte, y tallos partidos o doblados, con afectación de nudos y yemas.
- Yemas con daños generados por insectos barrenadores como *Diatraea* spp., *Blastobasis graminea* y *Podischnus agenor*, entre otros.
- Yemas brotadas o con presencia de raíces (ubicadas en la base de los tallos), o yemas provenientes de tallos con malformaciones, flácidos, deshidratados o delgados, o con presencia de pudriciones provocadas por agentes patógenos como *Colletotrichum falcatum* Went. (*Glomerella tucumanensis* [Speg.] Arx & E. Muller, como estado perfecto) o *X. albilineans*, entre otros (AGROSAVIA, 2018).

La producción de semilla, representada en toneladas de caña por hectárea (TCH), es también un **indicador de producción** que depende de la edad de los semilleros y del número de yemas viables para la producción de semilla (AGROSAVIA, 2018). Esta información es de utilidad debido a que la compra de esquejes se realiza por peso (t/ha); el peso de referencia para la siembra de 1 hectárea de semillero es de 7 a 9 toneladas de caña, dependiendo de la variedad. Los ciclos de cultivo oscilan entre 16 y 20 meses, por lo cual la obtención de semilla se realiza en un primer ciclo, conocido como “plantilla”, y los ciclos subsiguientes se restringen para obtener semilla, y se prioriza la cosecha de los tallos para su transformación en panela.



Figura 1.8. Características de las yemas de la caña para la extracción.
a. Yemas viables; b. Yemas inviables.

Fuente: AGROSAVIA (2018)

En cuanto a la **calidad fisiológica del semillero**, se podría afirmar que está en función del comportamiento de la variedad o cultivar, así como del tipo de semilla de origen con el que inicia el semillero. Las variables relacionadas con este indicador son:

- Prendimiento en campo: a los 30 DDS, las plantas germinadas presentaron un porcentaje de prendimiento promedio del 95,23 %

al 99,9 % con plantas de la variedad CC 93-7711, y del 89,93 % con la variedad CC 93-7510; esto, con un manejo agronómico basado en prácticas del productor y con riego semanal (AGROSAVIA, 2018).

- **Altura de la planta ($ALPLA$):** existe diferencia estadística significativa entre esquejes y plantas germinadas de los cultivares CC 93-7711 y CC 93-7510. En semilleros con nueve meses de edad establecidos en el municipio de Güepsa (Santander), se presentaron plantas de la variedad CC 93-7711 con una altura promedio de 2,10 m con esquejes y de 1,12 m con plantas germinadas, mientras que plantas del cultivar CC 93-7510 presentaron alturas promedio de 2,07 m con esquejes, frente a 1,14 m con plantas pregerminadas (AGROSAVIA, 2018).
- **Diámetro del tallo ($DIATA$):** esta variable es representativa del crecimiento de los cultivares comerciales de caña para panela, y una característica sobresaliente en el cultivar CC 93-7711 (Ramírez Durán, Insuasty Burbano & Murcia Pardo, 2014). Semilleros con nueve meses de edad presentaron un $DIATA$ de 3,28 cm en plantas provenientes de esquejes y de 3,08 cm con plantas germinadas del cultivar CC 93-7711, sin diferencias estadísticas significativas. En plantas del cultivar CC 93-7510 con la misma edad, la caña alcanzó 2,99 cm de $DIATA$ cuando provenía de esquejes, y 2,97 cm cuando provenía de plántulas pregerminadas (AGROSAVIA, 2018). Con estos resultados, se podría inferir que el diámetro de los tallos es una característica propia de los cultivares producto de su interacción con las condiciones medioambientales —indicando vigor en el desarrollo de la caña y un ideal de calidad fisiológica y genética—, más que una variable dependiente del tipo de semilla que se cultive.
- **Población de tallos por metro lineal:** esta variable, usada en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la caña, integra características genéticas de los cultivares de caña para panela y permite estimar la producción de semilla por hectárea; además, es un referente en los sistemas de comercialización de semilla de caña de azúcar para panela en Colombia. Al comparar la población de tallos de semilleros para los cultivares CC 93-7711 y CC 93-7510 nueve meses después de siembra, se presentaron

diferencias estadísticas entre las plantas provenientes de esquejes y las plantas germinadas. Con plantas del cultivar CC 93-7711, la población de tallos por metro lineal fue de 12 para plantas sembradas con esquejes y de 14 para plantas germinadas, mientras que, con el cultivar CC 93-7510, este valor fue de 14 tallos por metro lineal empleando las semillas mencionadas.

Es importante dimensionar y valorar la calidad de la semilla, puesto que las principales plagas —*Diatraea* spp., hormiga loca (*N. fulva*), salivazo (*A. varia*), cucarrón de invierno (*P. agenor*) y pulgones, entre otras— se podrían transportar en los esquejes y ocasionar reducción en el rendimiento de la caña para panela. En este sentido, el indicador de **calidad sanitaria** de los semilleros se basó en la intensidad de infestación (I. I.) de *Diatraea* spp. (tabla 1.3), dado que es la de mayor diseminación e impacto económico sobre las plantaciones de caña. Las parcelas de semilleros seleccionadas presentaron valores por debajo del 4 % en I. I., correspondiente a un estado denominado “sano” (tabla 1.4). Se resalta que en los predios evaluados no se realizaron prácticas de manejo integrado de estos barrenadores, ni liberación de controladores biológicos; es decir, la respuesta al daño causado por *Diatraea* spp. fue posible por la presencia de controladores biológicos nativos y las prácticas culturales favorables para la caña.

Tabla 1.3. Descripción y valores asociados a la I. I. causada por *Diatraea* spp.

Estado	I. I. (%)*
Sano	< 4
Dañado	Entre 4 y 10
Muy dañado	> 10

* Valor calculado como el porcentaje del total de entrenudos barrenados por el total de entrenudos evaluados.

Fuente: Elaboración propia con base en Vargas y Gómez (2005)

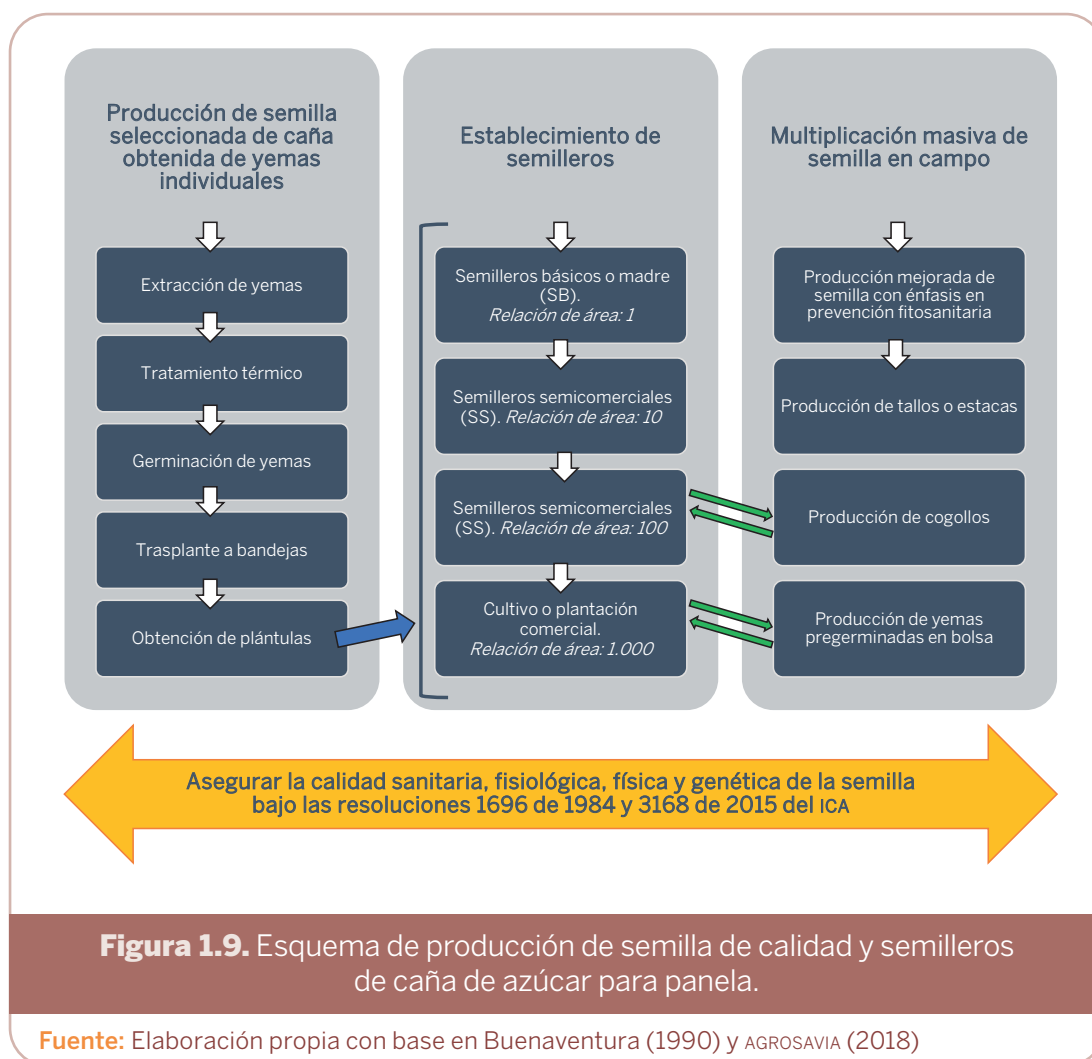
Tabla 1.4. Porcentaje de la I. I. de *Diatraea* spp. registrado en semilleros del cultivar CC 93-7711 en las provincias de Vélez y Guanentá (Santander)

Localidad	Parcela	I. I. (%)
Provincia de Vélez	1	2,52
	2	2,40
	3	2,87
	4	3,20
	5	2,90
Provincia de Guanentá	1	1,09
	2	2,00
	3	2,84
	4	3,22
	5	3,08

Fuente: AGROSAVIA (2018)

Conceptualización del modelo de producción de semilla seleccionada

El modelo de producción de semilla de calidad para la agroindustria panelera integra la normatividad, los conceptos de calidad y las contribuciones técnicas sobre la producción de semilla seleccionada (Buenaventura, 1990; Murcia Pardo & Ramírez Durán, 2015; Murcia-Pardo & Ramírez-Durán, 2017; Ramírez Durán et al., 2019; Ramírez Durán & Murcia Pardo, 2014). En la figura 1.9 se presenta el modelo propuesto, conformado por tres ejes: la producción de plantas germinadas, los semilleros hasta la siembra de nuevos cultivos comerciales y la propagación masiva de semilla con métodos tradicionales.



Conclusiones

Los actuales avances en la producción de semilla de caña de azúcar para el sector panelero representan información importante y de referencia que puede ser replicada y perfeccionada para masificar su uso en Colombia. De acuerdo con los estudios realizados, no solo de semilla sino también de las nuevas variedades y cultivares de esta especie, se reitera el papel fundamental de la semilla, así como de sus parámetros de calidad, pues podrían asegurar un mayor éxito y rendimiento en la producción comercial

de caña de azúcar y de panela. Se demanda consolidar estudios similares sobre los criterios de calidad de la semilla y de los semilleros, como aporte a la reglamentación de la normatividad existente. Asimismo, es importante considerar la ampliación de investigaciones bajo condiciones agroecológicas, de producción y de respuesta varietal contrastantes, con miras a responder a la intensificación de la producción y a las limitantes bióticas y abióticas a las cuales están expuestos la semilla y los semilleros en los entornos productivos.

Agradecimientos

La información presentada en este capítulo fue obtenida durante el desarrollo del proyecto “Caña. Modelos para la producción de semilla. Fase I, II y III”, enmarcado en el plan semilla “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 y otras regiones que demandan la tecnología”, financiado con recursos públicos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y ejecutado por AGROSAVIA. Se extiende un agradecimiento a los profesionales de apoyo a la investigación de la sede Cimpa de AGROSAVIA: Richard Jhon Sánchez Jiménez y Magda Liliana Murcia Pardo, quienes participaron y apoyaron en el desarrollo del proyecto, así como a colaboradores de las diferentes dependencias técnico-administrativas.

Referencias

- Álvarez, R., & Farías, A. (2012). *Modelo productivo para el cultivo de caña panelera (Saccharum officinarum) en la Hoya del Río Suárez (Paquete Tecnológico)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Barona Rodríguez, A. F., Antolinez Sandoval, E. Y., López Lopera, J. G., Viveros Valens, C. A., Jiménez Vargas, J., Ángel Sánchez, J. C., Ballesteros Araque, A. L., & Vargas Orozco, G. A. (2021).

- Comportamiento agroindustrial de seis variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para panela en Barbosa (Colombia). *Revista Ciencia y Agricultura*, 18(3), 15-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8132334>
- Barona-Rodríguez, A. F., Insuasty-Burbano, O. I., Viveros-Valens, C. A., Ángel-Sánchez, J. C., & Ramírez-Durán, J. (2020). Evaluación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para producción de panela en el departamento de Boyacá, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 23(2). <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n2.2020.1298>
- Buenaventura, C. (1990). Semilleros y siembra de la caña de azúcar. *Serie Técnica Cenicaña*, (6).
- Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia [Cenicaña]. (2023, 18 de enero). *Servicio de diagnóstico de enfermedades*. <https://www.cenicana.org/servicio-de-diagnostico-de-enfermedades-2>
- Congreso de Colombia. (2019, 2 de diciembre). Ley 2005 de 2019. "Por medio de la cual se generan incentivos a la calidad, promoción del consumo y comercialización de panela, mieles vírgenes y sus derivados, así como la reconversión y formalización de los trapiches en Colombia y se dictan otras disposiciones". *Diario Oficial*, n.º 51.155. <https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202005%20DEL%2002%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202019.pdf>
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). (2018). *Informe técnico final del proyecto "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 y otras regiones que demandan la tecnología"* [documento interno].
- Deantonio Florido, L. Y., & López González, X. (2020). *Sistema de producción de semillas de caña de azúcar para panela mediante la obtención de plantas germinadas* [video]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36506>
- Deantonio-Florido, L. Y., Bautista Montealegre, L. G., Lesmes Suárez, J. C., & Cardona, W. A. (2021). Allometric response of two sugarcane cultivars for panela to foliar fertilization in the nursery. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 422-441. <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43297>

- Digoncelli, P. A., Giardina, J. A., Duarte, D., Fajre, S., Medina, M. M., Barceló, M. F., & Pérez Alabarce, J. F. (2019). Producción de caña semilla de alta calidad en semilleros Básicos y Registrados de la provincia de Tucumán: un análisis de cinco años (2014-2018). *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*, 39(2), 117-125. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-369X2019000200005&lng=es&tlng=es
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (1984, 6 de agosto). Resolución 1696 de 1984. *Por la cual se adoptan requisitos fitosanitarios para la producción de semilla de caña de azúcar*. <http://www.ica.gov.co/getattachment/478f0027-2062-4a2f-9011-9c592fdd2376/1984R1696.aspx>
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015, 7 de septiembre). Resolución 3168 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*. <http://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx>
- Jain, R., Solomon, S., Shrivastava, A. K., & Chandra, A. (2010). Sugarcane bud chips: A promising seed material. *Sugar Tech*, 12, 67-69. <https://doi.org/10.1007/s12355-010-0013-9>
- Jiménez, E. (1995). *Propagación in vitro de la caña de azúcar (Saccharum spp. híbrido)* [tesis de doctorado, Universidad Central de Las Villas].
- López Lopera, J. G. (2014). *Manejo agronómico del cultivo de la caña de azúcar para panela en Antioquia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1957/77628_66488.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lorenzo, J. C., González, B. L., Escalona, M., Teisson, C., & Borroto, C. (1998). Sugarcane shoot formation in an improved temporary immersion system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 54, 197-200. <https://doi.org/10.1023/A:1006168700556>
- Manrique Estupiñán, R. (2011). *Establecimiento de cultivo y levante de socas*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Universidad de Pamplona. http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_4/mod_virtuales/modulo1/index.html

- May, A., & Ramos, N. P. (2019). Uso de gemas individualizadas de caña-de-azúcar para a produção de mudas. *Circular Técnica Embrapa*, (29). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197206/1/Andre-May-CT-29.pdf>
- Murcia Pardo, M. L., & Ramírez Durán, J. (2015). *Producción y manejo de semilla de caña panelera*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/34328/66414.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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. *Revista Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(1), 75-87. <http://revista.corpoica.org.co/index.php/revista/article/view/559/436>
- Osorio, G. (2007). *Manual técnico. Buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de manufactura (BPM) en la producción de caña y panela*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica); Gobernación de Antioquia; FAO. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18313>
- Programa para Incrementar la Competitividad del Sector Azucarero (Proicsa). (2019). *Producción de caña. Semilla de alta calidad para los pequeños productores de caña de azúcar de la Provincia de Tucumán*. Secretaría de Agroindustria, Ministerio de Producción y Trabajo, Presidencia de la Nación [Argentina]. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/proicsa_3-cana_semilla.pdf
- 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)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://hdl.handle.net/20.500.12324/35065>
- Ramírez Durán, J., Insuasty Burbano, O., & Murcia Pardo, M. L. (2014). *Variedades de caña de azúcar empleadas para la agroindustria panelera de Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <https://hdl.handle.net/20.500.12324/12621>
- Ramírez Durán, J., Insuasty Burbano, O., & Viveros Valens, C. A. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. *Revista Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 183-195. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-87062014000200005

- 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*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1069>
- Rodríguez Borray, G. A., Huertas Carranza, B., Polo Murcia, S. M., González Chavarro, C. F., Tauta Muñoz, J. L., Rodríguez Cortina, J., Ramírez Durán, J., Velásquez Ayala, F. A., Espitia González, J. J., & López Zarazá, R. A. (2020). *Modelo productivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) para la producción de panela en Cundinamarca*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://hdl.handle.net/20.500.12324/35698>
- Srivastava, S., & Kumar, P. (2020). Application of advanced seed production techniques in sugarcane crop improvement. En A. Kumar Tiwari (Ed.), *Advances in seed production and management* (pp. 29-42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4198-8_2
- Tarazona Parra, G. A. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la caña panelera: medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). <https://www.ica.gov.co/getattachment/6a54658e-1723-488d-a7ab-2f4baad793cb/Manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-la-cana-panele.aspx>
- Vargas, G. A., & Gómez, L. A. (2005). *Evaluación del daño causado por Diatraea spp. en caña de azúcar y su manejo en el valle del río Cauca*. Cenicaña. https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_09/sd_09.pdf
- Victoria, J. I., & Calderón, H. (1995). *Establecimiento de semilleros y multiplicación de variedades*. Cenicaña.
- Viveros, C. A., Cassalet, C., & Victoria, J. I. (1997). Multiplicación rápida de la caña de azúcar por el sistema de plantas germinadas. *Serie Técnica Cenicaña*, (23). https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_tecnica/st_23/st_23.pdf

