

MANEJO AGRONÓMICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA PANELA CON ÉNFASIS EN FERTILIZACIÓN

FedePanela

FONDO DE FOMENTO PANELERO

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

MANEJO AGRONÓMICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA PANELA CON ÉNFASIS EN FERTILIZACIÓN

Magda Liliana Murcia Pardo
Msc. Ingeniera Agrónoma
Directora Técnica Fedepanela

FEDEPANELA
FONDO DE FOMENTO PANELERO
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

© MANEJO AGRONÓMICO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA PANELA CON ÉNFASIS EN FERTILIZACIÓN
© Federación Nacional de Productores de Panela

ISBN: 978-958-99218-8-3
Primera edición, 500 ejemplares.
Diciembre de 2022.

Carrera 49 B No. 91 - 48
Teléfonos: (+57 1) 622 2066 - 622 2655 - 622 2788
comunicaciones@fedepanela.org.co
lmurcia@fedepanela.org.co
https://fedepanela.org.co
Bogotá D. C. Colombia

Palabras claves: 1. Nutrición 2. Deficiencias nutricionales 3. Recomendaciones fertilización.

Carlos Fernando Mayorga Morales
Gerente General
Fedepanela

Magda Liliana Murcia Pardo
Ingeniera Agrónoma
Magister en Desarrollo Rural
Directora Nacional Área Técnica
Fedepanela-FFP

Diseño e impresión
DGP EDITORES S.A.S
Calle 63 No. 70D-34 Tels: (57-1) 721 7641 - 721 7756
387 0240 - 750 3139 Celular: 310 783 7754
Bogotá, Colombia

Copyright © 2022 por Fedepanela®
Todos los derechos reservados.

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro,
por cualquier medio, sin permiso escrito de Fedepanela.

Fondo de Fomento Panelero (Fedepanela)
Código postal 111211
www.fedepanela.org.co
comunicaciones@fedepanela.org.co

Citación bibliográfica:
Murcia-Pardo, M. L. (2022). Manejo Agronómico de la Caña de Azúcar para Panela con Énfasis en Fertilización. Bogotá: Fondo de Fomento Panelero (Fedepanela).







MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



AGRADECIMIENTOS

La Federación Nacional de Productores de Panela-FEDEPANELA FFP, expresan un agradecimiento especial a los productores de caña de azúcar para la industria panelera del país, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, al Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (Cenicaña), por compartir sus conocimientos sobre la agroindustria panelera y por la articulación interinstitucional que ha permitido desarrollar y llevar tecnologías y mejores prácticas a las diferentes regiones del país.

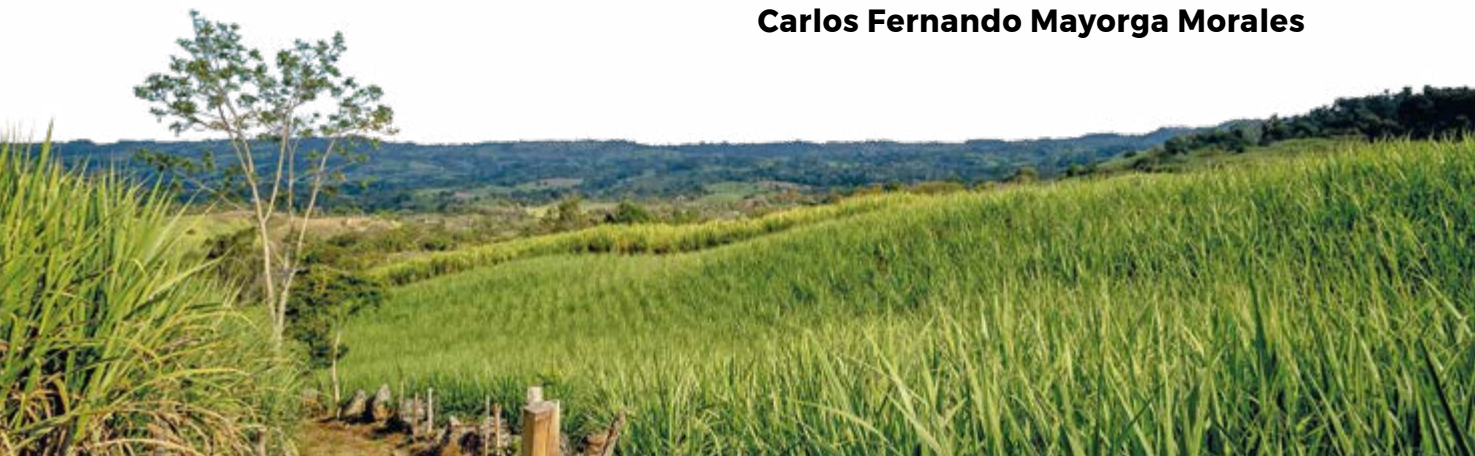
PRESENTACIÓN

Los cultivos comerciales de caña de azúcar *(Saccharum spp).* destinados a la producción de panela en Colombia, son establecidos y manejados de acuerdo con una serie de recomendaciones de manejo agronómico, ajustadas a las diferentes regiones productoras del país. El manejo agronómico que recibe el cultivo en dichas zonas difiere principalmente en los sistemas de siembra, los planes de fertilización y los sistemas de corte empleados.

La fertilización constituye una práctica cultural de máxima importancia para que los cañaduzales alcancen altos rendimientos. Adicionalmente, su participación en los costos de producción exige realizar un uso oportuno y efectivo de los fertilizantes para asegurar su máximo aprovechamiento. El aumento de la eficacia de la fertilización debe constituirse en una práctica integrada al manejo general del cultivo y asociada a la incorporación de los avances tecnológicos disponibles, permitirá el establecimiento temprano de una población de tallos inicial óptima, con una distribución uniforme, asegurando la conformación de cañaduzales con una adecuada población de tallos molibles o molederos al final del ciclo vegetativo, los cuales deberán tener altura y diámetro adecuados. Componentes fundamentales para lograr la mayor producción por unidad de área tanto de caña como de panela.

Esta publicación se hace gracias a los recursos del Fondo de Fomento Panelero, y se resalta el trabajo que desde Fedepanela con su equipo técnico en los diferentes departamentos paneleros del país, siempre están apoyando la difusión de recomendaciones y resultados de trabajos de Investigación, Desarrollo e Innovación, así como la transferencia de mejores prácticas entre los productores paneleros. Se invita a todos los productores paneleros para que consulten esta información y se apropien de forma tal que les permita mejorar significativamente su producción y su competitividad.

Carlos Fernando Mayorga Morales



CONTENIDO

Introducción 6

1. SIEMBRA DEL CULTIVO DE CAÑA PANELERA 7

1.1 Preparación del Terreno 7
1.2 Preparación de la Semilla 10
1.3 Tipo de Semilla 11
1.4 Elección de la variedad. 13
1.5 Semilleros 14
1.6 Resiembras 15

2. FERTILIZACIÓN 16

2.1. Aptitud del suelo de acuerdo con el material genético seleccionado 16
2.2 Necesidades o requerimientos de agua 16
2.3 Manejo de la fertilización 17
2.4 Tipos de análisis de suelos 18
2.5 Elaboración del plan de fertilización 18
2.6 Alternativa de fertilización 20
2.7 Compostaje de residuos del cultivo de la caña de azúcar enriquecidos con cachazas 22
2.8 Importancia de los macros y microelementos en el desarrollo del cultivo 23
2.9 Síntomas del cultivo cuando se presentan deficiencias de macroelementos y elementos secundarios. 24
2.9.1 Macroelementos. 24
2.10 Síntomas del cultivo cuando se presentan deficiencias de microelementos 31
2.10.1 Microelementos 31
2.11 Criterios técnicos que permiten al productor tomar decisiones para la corrección de la acidez en el suelo 35
2.12 Relación entre aspectos nutricionales de la planta y la calidad de los jugos. 36

3. CONTROL DE MALEZAS 37

4. MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS 39

4.1 Principales enfermedades e insectos plaga que afectan el cultivo de la caña de azúcar 39
4.1.1 Enfermedades 39
4.1.2 Insectos plaga 43

5. VARIEDADES 46

6. MADUREZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y/O SAZONADO 49

6. 1 Procedimiento para determinar el punto óptimo de cosecha 49
6.2 Estado de madurez de la caña de acuerdo con el índice de madurez 50

7. ENCALLE Y CEPILLADO DE SOCAS 50

8. BIBLIOGRAFÍA 51

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con las cifras de Fedepanela- Fondo de Fomento, para el año 2021 el país alcanzó un total de 206.785 hectáreas sembradas, un área cosechada de 171.190 hectáreas, un promedio de rendimiento de 6.26 toneladas de panela por hectárea y una producción total de 1.071.944 toneladas de panela, en 29 departamentos del país cubriendo 562 municipios. El manejo del cultivo en términos de la aplicación de fertilizantes difiere entre las diferentes zonas productoras del país, yendo de una agricultura netamente extractiva sin ningún uso de fertilizantes en zonas como Cundinamarca y Risaralda a pasar a representar entre el 15% y 16% de los costos de producción en la zona de Antioquia y la Hoya del Río Suárez, respectivamente (Espinal, et al., 2005).

El objetivo de la evaluación de la fertilidad del suelo es medir la cantidad relativa del nutriente disponible en el suelo para la planta y dar una guía de la cantidad de fertilizante que es necesario aplicar para alcanzar un rendimiento deseado. Las recomendaciones de fertilización que se presentan a continuación están basadas en revisión de trabajos de investigación y la experiencia del trabajo en Asistencia Técnica por más de 10 años en el subsector panelero. Las recomendaciones se han enfocado en reflejar la importancia de la fertilización química-orgánica, y las prácticas de manejo de cultivo apropiadas.



1. SIEMBRA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA PRODUCCIÓN DE PANELA

El establecimiento del cultivo de la caña de azúcar para panela, procurando aplicar los parámetros técnicos para tal fin, contribuye en gran medida a obtener mejores resultados en la producción tanto de caña como panela y de cierto modo, en la calidad del producto final. Asimismo, la optimización en desarrollo de las diversas labores permite una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos de producción, disminuyendo costos de producción, y garantizando una prolongación de los ciclos del cultivo.

Existen diversas labores para el adecuado establecimiento del cultivo de la caña de azúcar para panela, las cuales se mencionarán de forma breve a continuación:

1.1 Preparación del Terreno

Limpieza. Cuando se tiene destinado emplear lotes nuevos, en descanso y/o provenientes de socas, antes de realizar alguna labor con maquinaria, bueyes o azadón, se recomienda realizar una limpieza del terreno de materiales como leña, troncos, rastrojo, residuos de cosecha, socas. Si el lote proviene de una pradera o de descanso, debe hacerse un buen manejo de malezas, para ello se recomienda una dosis adecuada de herbicidas no selectivos.

Si el lote es para renovación de cultivo, es decir, existen socas en el lote, preferiblemente se debe recurrir a dos aspectos, si existe disponibilidad de tiempo, se puede utilizar dicho lote para pastoreo de mulas por unos 2 a 3 meses, ya que estas son eficientes en el agotamiento de las socas viejas y degradación de hojarasca residuo de la cosecha, y permite realizar un manejo posterior con herbicidas no selectivos, que garanticen la eliminación de malezas y residuos de socas. Sin embargo, cuando las socas son jóvenes, el solo manejo con herbicida basta. En todo caso, no se recomienda por ningún motivo las quemas generalizadas.

Preparación de suelo. Es importante mencionar, que una buena preparación de suelos repercute en el desarrollo del cultivo y en la eficiencia de labores complementarias. Es importante mencionar que la caña de azúcar es un cultivo que generalmente no necesita de terrenos preparados a gran profundidad, es decir, que no es necesaria la preparación con subsoladores y/o escarificadores,



Foto 1. *Preparación con Tracción Animal. Fuente: Julio Ramirez Durán.*

Foto 2. *Preparación con Tractor. Fuente: Willian Yovani Barbosa.*



solo si lo amerita el caso, es decir, suelos con capas compactadas, suelos pesados *(Fotos 1 y 2).*

Drenajes. Por otra parte, en cuanto a los drenajes, independientemente de la manera como se prepare el lote, una de las actividades en las que se debe prestar atención es el trazado y diseño de los drenajes, ya que se pueden presentar pérdidas elevadas en la emergencia de plantas y al momento del macollamiento, pues son etapas críticas para el cultivo.

Dirección del surco: se debe tener en cuenta el sentido de la pendiente, ya que es primordial, orientar los surcos en sentido contrario a la dirección de la pendiente, para evitar problemas de erosión de suelo, destape de semilla, volcamiento de plantas y pérdidas en el abonamiento *(Foto 3).*



Foto 3. *Surcos elaborados. Fuente: Julio Ramírez Durán.*

Distancia entre surcos: Para determinar la distancia entre surcos con la que se establecerá el cultivo, es importante tener en cuenta diferentes aspectos, como el nivel de tecnología que se utiliza en cada región de producción, puesto que la

distancia de siembra se encuentra directamente relacionada con los sistemas de siembra chorrillo *(fotos 4 y 5)* y mateado *(foto 6).* y el sistema de corte (por parejo o entresaque), otro factor a evaluar es la altura sobre el nivel del mar, puesto que a mayor altura menor debe ser la distancia entre surcos, lo anterior con la finalidad de aprovechar eficientemente la radiación solar, calentando un poco más el suelo y estimulando el desarrollo del cultivo. A esto se suma que mayor altura sobre el nivel del mar el cultivo se desarrolla de forma más lenta y por ende con mayores distancias de siembra (superiores a 1.30 m) las malezas afectan significativamente el cultivo (Manrique, 2010).



Foto 4. *Siembra a Chorrillo con Translape.*
Fuente: Juan Gonzalo Lopez Lopera.



Foto 5. *Siembra a Chorillo sin Traslape.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

El mateado, con distancias entre 1.0 a 1.30 m entre surcos y con distancias entre plantas de 0.25 a 0.50 m, con uno y dos esquejes por sitio respectivamente, en suelos con buena estructura, permite obtener rendimientos muy similares a los del sistema en chorrillo y a los tres meses de sembrado el cultivo, cierra en forma similar al método en chorrillo *(Foto 6).*



Foto 6. *Siembra a Mateado con Cogollo.*
Fuente: Julio Ramírez Durán.

Sin embargo, en la actualidad y como parte del ajuste del paquete de manejo agronómico empleado en caña de azúcar, y de acuerdo con características de las nuevas variedades utilizadas, se viene aplicando distancias de siembra de 1.3 metros entre surcos obteniendo así los mejores resultados por unidad de área.

1.2 Preparación de la Semilla

La semilla es uno de los principales insumos para el establecimiento de cualquier cultivo. Sin embargo, en el cultivo de la caña de azúcar para panela se le presta poca atención a la calidad de este insumo y generalmente se recurre a semilla con yemas envejecidas, mal transportada, con mezcla de variedades, lo cual repercute en un bajo porcentaje de prendimiento de la semilla y por ende cultivos de mala calidad, así como deterioro progresivo y acelerado de las socas.

Las siguientes son algunas labores importantes para la preparación de la semilla. En esta fase del cultivo es más común ver a las mujeres participando activamente.

Descalcetado de semilla: Se recomienda retirar las hojas viejas y secas que aún permanecen adheridas al tallo. Esta práctica favorece o acelera la emergencia de los brotes nuevos de la semilla, logrando así mayor desarrollo en el ciclo del cultivo *(Foto 7).*



Foto 7. *Descalcetado de semilla.*
Fuente: Julio Ramírez Durán.

Fumigación: Se recomienda realizar una fumigación preventiva a la semilla en el sitio de donde proviene, para evitar así el traslado de posibles insectos plaga a los lotes donde se sembrará el material. Dicha fumigación se realiza principalmente con un insecticida no selectivo.

Desinfección: Consiste en realizar la inmersión de los trozos de caña que se emplearan como semilla, "en una solución compuesta por el insecticida Clorpirifos (3 centímetros cúbicos /litro de agua) y el fungicida Vitavax® 300 (3 grs por litro de agua), la cual sirve para evitar la diseminación de plagas y enfermedades. Esta inmersión debe realizarse por espacio de 10 minutos.

Para eliminar las bacterias causantes de las dos enfermedades de mayor diseminación e importancia económica en los cultivos de caña en Colombia, como lo son la Escaldadura de la Hoja y el Raquitismo de la Soca se hace mediante la aplicación del tratamiento con agua caliente a las yemas extraídas con la cámara de tratamiento térmico. Este procedimiento elimina también

insectos-plaga que pueden estar presentes en las yemas extraídas, como *Diatraea sp.* (Lepidoptera: Crambidae) en estados inmaduros. Los tratamientos térmicos empleados para eliminar las enfermedades como Raquitismo de la Soca y Escaldadura de la hoja son los siguientes:

A. Raquitismo de la soca (RSD).
    1. Pretratamiento a 50 °C por 10 minutos.
    2. De 8 a 12 horas de reposo fuera del agua.
    3. Tratamiento a 51 °C durante 1 hora.

B. Escaldadura de la hoja (LSD).
    1. De 24 a 48 horas de inmersión en agua a temperatura ambiente.
    2. Tratamiento a 51 °C durante 1 hora.

La selección del tratamiento térmico empleado se define previamente mediante el envío de muestras foliares a laboratorio para determinar la presencia de las enfermedades y orientar eficientemente el tratamiento térmico.

1.3 Tipo de Semilla

Cogollo. Se emplea generalmente en regiones donde predomina el sistema de siembra mateado y el corte por entresaque, sin embargo, en algunas regiones donde predomina el sistema de siembra a chorrillo, también se utiliza este tipo de semilla, por diferentes razones: el alto costo de la semilla y baja oferta de ciertas variedades nuevas en la región, también para aprovechar el cogollo resultante del corte de un lote listo para moler *(Foto 8).*



Foto 8. *Semilla de Cogollo.*
Fuente: Julio Ramírez Durán.

Entre los principales problemas que presenta este tipo de semilla, sobresale la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, debido a que por ser ésta la parte más tierna de la planta se encuentra recubierta de hojas tiernas difíciles de desprender y donde se hospedan los insectos

adultos y/o estados inmaduros de algunas plagas, además de ser un tipo de semilla que acarrea sobrecostos a la productora o productor por las cantidades requeridas y el procedimiento de obtención.

Finalmente, se resalta que para establecer una hectárea de caña mediante el sistema de siembra a chorrillo con cogollo. Se estima que la cantidad de semilla que se usa puede oscilar entre 12 y 14 Toneladas, mientras que, con semilla de estacas o tallos de buena calidad, se requiere de 7 a 8 toneladas para el establecimiento de una hectárea.

Plantas a partir de yemas pregerminadas. Aunque es uno de los métodos de propagación menos implementados, se recomienda para aquellas circunstancias donde no se cuenta con gran número de tallos por variedad, y donde no se puede correr el riesgo de perder el escaso material vegetativo con que se cuenta, ya sea por problemas climáticos o edáficos. La semilla antes de ser transplantada a lote definitivo, requiere de una etapa de vivero que puede durar dos meses. Una vez la etapa de vivero ha transcurrido, el material de siembra debe ser transplantado a sitio definitivo mediante el método de siembra mateado, dejando entre cada sitio de siembra de 50 a 60 cm y manteniendo una línea recta o surco a la distancia que se defina como la mas apropiada. Alrededor de los 8 a 9 meses, estas plantas de caña pueden ser utilizadas como nuevo material de siembra, obteniendo así una relación de incremento de semilla significativa (1:10) *(Foto 9)*.



Foto 9. *Plantas a partir de yemas pregerminadas. Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.*

Tallos-Esquejes. Es el tipo de semilla más recomendado para el sistema de siembra a chorrillo *(Foto 10)*, presenta un alto porcentaje de germinación siempre y cuando los tallos utilizados provengan de un semillero joven, es decir, presenten una edad adecuada (entre 8 y 10 meses). Se recomienda que, para obtener lotes comerciales con excelentes rendimientos, se debe utilizar semilla que proceda de lotes de una sola variedad de caña, evitando así futuras mezclas y posible desigualdad en la maduración de los cultivos, así como un adecuado plan de manejo del semillero. La cantidad de semilla que se emplea para una



Foto 10. *Semilla Tallos-Trozos.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

hectárea puede oscilar entre 7 y 8 toneladas de semilla por Hectárea. Los tallos de la caña se deben dividir en pedazos de aproximadamente 40 cms. de longitud que contengan entre 3 y 4 yemas, siendo esta actividad una labor que estimula la germinación de la caña. Esta labor puede ser desempeñada por las mujeres productoras o productores.

1.4 Elección de la variedad

Para comenzar el establecimiento de un cultivo, debe realizarse la elección de la variedad adecuada, según las condiciones agroecológicas de la zona donde se encuentre el lote a sembrar, analizando factores de suelo y clima, así como aspectos propios de la región, como presencia de plagas y enfermedades predominantes y la tolerancia o resistencia de la variedad a éstos. Es importante siempre mantener en una misma finca diversidad en cuanto a las variedades que se plantan (no en mezcla en un mismo lote), para evitar así un potencial ataque de plagas y enfermedades.

Antes de establecer lotes de grandes extensiones, se recomienda sembrar pequeñas parcelas comparativas en las que se pueda observar el desarrollo de la nueva variedad frente a la variedad regional o testigo *(Foto 11).* Se debe recordar que la gran mayoría de variedades nuevas en Colombia, son evaluadas primordialmente en regiones azucareras donde el corte y transporte de la caña se realiza de manera mecanizada y bajo condiciones agroecológicas diferentes a las del sector panelero.



Foto 11. Evaluación de variedades.
Fuente: Gustavo Acosta - Héctor Sarmiento.

De ahí la importancia de tener en cuenta los procesos de evaluación de variedades (pruebas de evaluación agronómica), porque esto permite identificar las variedades con el potencial de adaptación a las condiciones agroecológicas y al manejo del sector panelero y evitar correr riesgos.

Adicionalmente, la selección de la variedad a sembrar debe estar acorde con la finalidad que se le dará ó con el proceso de transformación de ésta, es decir, existen variedades con condiciones y características favorables para la producción de panela, mieles, bioenergía y/o alimentación animal, dichas características suelen estar previamente definidas genéticamente en cada variedad, pero pueden variar o expresarse morfológicamente diferente de acuerdo con las condiciones agroecológicas y de manejo agronómico propias de cada región.

1.5 Semilleros

Se recomienda establecerlos en lotes de fácil acceso para luego facilitar el transporte de la semilla. Del mismo modo, los lotes seleccionados para tal fin deben contar con buenas características fisicoquímicas, donde se pueda evitar problemas de encharcamiento, pedregosidad, pérdidas de nutrientes por exceso de humedad, plagas y enfermedades, baja fertilidad, suelos compactados, entre otros. Si el semillero es establecido directamente en campo, se recomienda realizar el debido muestreo para análisis de suelos y de esta manera poder definir un plan de fertilización adecuado. Dicho plan de fertilización debe realizarse como si el cultivo fuera a llegar a su máximo desarrollo, pero en este plan de fertilización debe incrementarse la aplicación de la fuente nitrogenada (2 o 3 bultos extra de la fuente nitrogenada por hectárea) para favorecer el desarrollo de biomasa y el macollamiento del cultivo.



Foto 12. *Semillero en Campo.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Es importante mencionar que un semillero debe cortarse a una edad promedio entre 7 a 10 meses, y el número de cortes a obtenerse de un mismo semillero, oscila entre 2 a 3 cortes, de ahí en adelante se puede destinar para molienda *(Foto 12).*

El establecimiento de los semilleros, aunque es una labor o actividad que puede considerarse como cuidadosa, tardía y costosa, es una labor que se ve retribuida con los rendimientos que se obtienen en los cultivos establecidos con semilla proveniente de estos semilleros, y al contar con semilla de excelente calidad, los cultivos presentan mayor sostenibilidad en el tiempo, es decir, se pueden obtener más cortes con buenos rendimientos (vida útil).

En la actualidad La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Agrosavia, ejecuta el Plan Nacional de Semillas, programa que busca fortalecer las redes de semilleristas a nivel local. Es un programa orientado a fortalecer capacidades locales de organizaciones de productoras y productores y entre los cuales se están fortaleciendo semilleristas en las regiones de Santander, Cundinamarca, Cauca, Antioquia, Caquetá y Tolima.

1.6 Resiembras

Antes de realizar la resiembra, es importante identificar las posibles causas externas que generaron la pérdida de la semilla o cepa, esto con el fin de manejar posibles corrientes de agua, humedad, lajas, mal tapado de la semilla, calidad de la semilla, entre otras. Así se puede garantizar el éxito de la actividad, pues de lo contrario se puede seguir presentando la falla. Se debe velar que en cada ciclo de cultivo se mantenga la "población de tallos molibles por hectárea recomendada, que varía de 110 a 125 mil tallos, de acuerdo con la variedad.

En este sentido se debe emplear material de propagación que garantice vigor, sanidad y pureza varietal *(Foto 13)*. La manipulación y el transporte del material de propagación al sitio definitivo de siembra, debe procurar que este no sufra daños.

La resiembra en plantilla debe hacerse a los treinta (30) o cuarenta (40) días después de la siembra. La resiembra



Foto 13. *Resiembra.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

en soca consiste en reponer las plantas que se han perdido por causas como: pisoteo excesivo de animales o de maquinaria, ataque de plagas, despaje tardío, mal corte, etc. Debe realizarse inmediatamente después del despaje.

2. FERTILIZACIÓN

La fertilización es una labor fundamental para el adecuado desarrollo del cultivo. En este sentido, debe guardarse una adecuada relación entre las necesidades del cultivo, lo que el suelo posee en su fertilidad natural y lo que se requiere para complementar la nutrición del cultivo. Así, es fundamental tener en cuenta que, para realzar un plan de fertilización, sea químico u orgánico, se debe partir de un análisis de suelos y la asesoría de una Ingeniera o Ingeniero Agrónomo para la interpretación y formulación de las respectivas recomendaciones a seguir.

2.1 Aptitud del suelo de acuerdo con el material genético seleccionado

Las texturas franco y franco arcillosas son las más apropiadas para el cultivo de la caña. De acuerdo con trabajos desarrollados por (Manrique, 2000), en condiciones geomorfológicos aluviales y coluvio aluviales con buenos drenajes, las texturas franco y franco-arcillosas dan excelentes rendimientos físicos y buena calidad de panela. De acuerdo con el tipo de textura se debe pensar en adecuaciones al terreno para mejorar aireación, drenaje, infiltración, y así mismo para tener una idea de la fragilidad o no del suelo y su tendencia a la pérdida de nutrientes por lixiviación y baja retención de los mismos.

Asimismo, en dicho trabajo (Manrique, 2000) hace referencia a que la caña para panela puede cultivarse relativamente bien dentro de los límites de pH que van de 5,5 a 7,5. En este sentido, un gran porcentaje de suelos para caña de azúcar para panela tienen pH de 5,6 - 6,5 que se consideran de moderados a ligeramente ácidos, donde se adaptan más fácilmente las variedades traídas de la zona azucarera del Valle del Cauca; lo cual implica menos uso de correctivos, permitiendo disminuir el costo de manejo, y el proceso de nitrificación resulta mayor por la abundancia de bacterias nitrificantes. En los suelos de zonas paneleras generalmente no se presentan problemas mayores por salinidad.

2.2 Necesidades o requerimientos de agua

El agua es fundamental en la caña de azúcar para la formación de glucósidos, la disolución y transporte de los metabolitos y la turgencia de los tejidos. Durante el período de crecimiento (germinación y macollamiento) las plántulas necesitan

de una buena disponibilidad de agua. La caña necesita de 8 a 9 mm de agua/ha/día durante la época de verano caluroso, y entre 3 a 4 mm de agua/ha/día en la época más fría. La mayor parte de la zona productora de panela en Colombia no dispone de riego y está sujeta a la distribución de la lluvia año por año, que generalmente no es la más adecuada. Se considera que una precipitación de 1500 a 1750 mm/año es suficiente para suplir las necesidades del cultivo en suelos de texturas franco-limosa o franco-arcillosa (Corpoica, 2012).

2.3 Manejo de la Fertilización

Teniendo en cuenta la investigación y la experiencia en el sistema de producción de la caña de azúcar para panela a continuación se presentan algunas recomendaciones a seguir para un adecuado manejo de la nutrición del cultivo.

Muestra De Suelo. La muestra de suelo debe tomarse con suficiente anticipación, especialmente en áreas a renovar, para aplicar las enmiendas (cales) o fuentes de lenta disponibilidad con tiempo suficiente, para que reaccionen con el suelo, o para que el cultivo los pueda aprovechar en el momento indicado. “En el caso específico de la caña de azúcar, las muestras de suelo deben tomarse con una periodicidad de cada tres cortes, las recomendaciones de fertilizantes y enmiendas para el segundo y tercer corte se hacen con base en el resultado de los análisis de suelos y de las producciones de caña obtenidas en el corte inmediatamente anterior (Quintero, 1993).

Una vez se tenga identificado el lote donde se va a establecer el cultivo de caña, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos para la toma de una muestra de suelo:

No se deben tomar muestras de suelos si en el lote se han realizado quemas recientemente, en las orillas de los lotes, lotes recién fertilizados o con residuos de agroquímicos, cuando en el lote hubo pastoreo y hay presencia de materia orgánica fresca, en la rivera de un río o quebrada, lotes inundados.

Así, según la topografía del terreno, el relieve y teniendo en cuenta el paisaje que rodea al lote, se toman muestras y submuestras, haciendo el recorrido en zigzag para cubrir el lote. Es decir, si el lote presenta unas condiciones similares a lo largo y ancho del terreno, y si no está influenciado por ningún afloramiento de sales o una montaña con ciertos contenidos minerales que al lavarse se depositen en la superficie del lote, entre otros, se puede tomar en una hectárea de 2 a 3 submuestras de suelo, de lo contrario, se deben tomar muestras específicas donde exista variación marcada del terreno. En este sentido, con las submuestras obtenidas se realiza una mezcla, desterronando el suelo para obtener una sola muestra, la cual se pone a secar a la sombra en

una superficie plástica o sobre papel periódico, que estén libres de materiales contaminantes, y posteriormente se rescata 1 Kg de muestra para enviar al laboratorio, debidamente rotulada. *(Foto 14).*



Foto 14. *Muestra de suelos.*
Fuente: María Emilia Marín.

Es importante tener en cuenta que la profundidad a la cual se debe tomar la muestra de suelos depende o está relacionada con el sistema radicular del cultivo a establecer, o con la presencia de limitantes físicos del suelo. En el caso de la caña se debe tomar a una profundidad de 20 a 30 cm. Un aspecto importante a tener en cuenta es la identificación de las muestras de suelos antes de enviarlas al laboratorio.

Existen varios formatos donde se puede diligenciar la información necesaria, sin embargo, los aspectos más importantes que deben ir en la etiqueta o rotulo son: No. De Muestra, Nombre de quien solicita el análisis, Municipio, Vereda, Finca, Dirección, altura sobre el nivel del mar, topografía o relieve, profundidad de la muestra, cultivo a establecer y cultivo anterior, Fertilizantes empleados con anterioridad, limitantes del suelo y tipo de análisis a realizar.

Una vez se reciba el resultado del análisis del suelo, la Agrónoma o Agrónomo determinará el plan de fertilización para el cultivo.

2.4 Tipos de análisis de suelos recomendado

El análisis de suelos recomendado es el análisis completo que incluye las determinaciones del análisis de caracterización (textura, pH, M.O., P, K, acidez intercambiable, Bases, Conductividad eléctrica (CE), Capacidad de Intercambio Catiónico y elementos menores (Boro, Cobre, Zinc, Manganeso, Hierro).

2.5 Elaboración del plan de fertilización

El plan de fertilización debe estar acorde al contenido de nutrientes en el suelo (reportado en el análisis completo de suelos), requerimientos del cultivo para

los rendimientos esperados, condiciones físicas del suelo, fuentes y costos de fertilizantes a emplear (Ramírez, 2011).

Los requerimientos de cada uno de los elementos que demanda el cultivo son variables de acuerdo con muchas características, entre las que sobresalen: Variedad a sembrar, tipo de suelo y clima, sin embargo, para la realización de los planes de fertilización se tienen unos valores promedios estimados para una producción promedia de 150 t de caña por hectárea. Dichos valores son:

Nitrógeno *(N)*	=	170 Kg./ ha
Fósforo *(P)*	=	50 Kg./ ha
Potasio *(K)*	=	240 Kg./ ha
Magnesio *(Mg)*	=	60 Kg./ ha
Calcio *(Ca)*	=	90 Kg./ ha
Manganeso *(Mn)*	=	1,5 Kg./ ha
Azufre *(S)*	=	41 Kg./ ha
Boro *(B)*	=	0,52 Kg./ ha
Cobre *(Cu)*	=	0,128 Kg./ ha
Zinc *(Zn)*	=	1,8 Kg./ ha
Hierro *(Fe)*	=	12 Kg./ ha[1]

Cómo y cuándo Fertilizar. Al momento de la siembra incorpore al fondo del surco abono orgánico compostado (1 a 2 t/Ha) *(Fotos 15 y 16),* en mezcla con la totalidad del fertilizante fosfórico en suelos ácidos (Abono Fosfórico Paz del Río, Roca fosfórica de rápida asimilación) y la cal dolomítica o agrícola (500 -1.000 Kg/ha), en las dosis requeridas y establecidas previamente. Esto siempre y cuando el pH del suelo amerite encalamiento y el uso de fuentes de fósforo que contengan Calcio. No siempre abonar más significa mayores rendimientos.

1 Ajustado de GOMÉZ SANCHEZ, Manuel I. Guía técnica para el manejo nutricional de los cultivos: Diagnóstico, interpretación y recomendaciones de planes de fertilización. Bogotá: Microfertisa. 2005. 21p.



Foto 15. *Fertilización.*
Fuente: Julio Ramírez Durán.



Foto 16. *Fertilización.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

- Alrededor de los dos a tres meses después de la siembra, según la altura sobre el nivel del mar: aplique en banda mezcla de fuentes de Nitrógeno, Potasio, Fósforo, en las dosis requeridas, junto con los demás fertilizantes establecidos en su plan de fertilización (Magnesio, Manganeso, Azufre, entre otros).

- Se recomienda fertilizar antes que el cultivo cumpla 5 meses, de lo contrario se generan deficiencias nutricionales, repercutiendo en el desarrollo normal del cultivo y la calidad del producto final, bien sea panela u otro producto alternativo.

2.6 Alternativa de Fertilización

"Recuerde que siempre debe estar asesorado por un análisis de suelos y de un Ingeniero Agrónomo"

La experiencia de los agricultores y de los resultados de investigación han permitido ajustar las necesidades nutricionales del cultivo a las zonas paneleras,

por lo cual una aproximación de las recomendaciones de fertilización del cultivo que pueden tenerse en cuenta son:

- M.O = 1.0 a 2.0 t/ha.
- Urea = 4 a 6 bultos /ha.
- KCl = 3 a 6 bultos /ha.
- Roca Fosfórica = 12 bultos/ha. ó DAP = 4 bultos
- Mg (Magnesio) = 2 a 3 bultos /ha.
- Sulfato de Magnesio = 1 a 2 bultos/ ha. (Fuente de Azufre y Magnesio)
- Fuente de Zinc = 1 a 2 bultos/ha.
- Fuente de Manganeso = 1 a 3 bultos/ha.
- Fuente de Boro = 1 a 2 butlos/ha.*

* Recomendaciones promedio basadas en planes de fertilización elaborados por más de 10 años en zonas paneleras teniendo en cuenta análisis de suelos.

Otras recomendaciones importantes a tener en cuenta son:

a) En socas, aplicar Materia orgánica en banda y a los dos a tres meses Urea, KCl, DAP en mezcla, y/o los demás nutrientes requeridos con las fuentes disponibles en cada zona. El fertilizante se aplica en banda sobre la parte superior de las mismas, una vez efectuado el encalle y cepillado de las cepas. En lo posible, conviene hacer un rayado con bueyes o tractor en la parte superior de la cepa, para luego aplicar el fertilizante y taparlo con el segundo pase. Además, esta práctica en suelos pesados sirve como medio para oxigenar las cepas (Ramírez, 2011).

b) En suelos con pH inferior a 5,5 debe preferirse Escorias Thomas como fuente de P2O5. Si la relación Ca/Mg es superior a 3, se debe aplicar cal dolomítica para evitar la defoliación prematura por deficiencia de Mg. Estos correctivos localizados al fondo del surco y cubiertos con una capa de tierra para que

no queden en contacto con la semilla economizan su aplicación en altas cantidades (Ramírez, 2011).

2.7 Compostaje de residuos del cultivo de la caña de azúcar enriquecidos con cachazas

La aplicación de una fuente de materia orgánica a los cultivos es importante porque contribuye a enriquecer los microorgansimos del suelo, a mejorar la retención de humedad, la aireación, aporta algunos nutrientes (aunque en bajas cantidades) y es importante resaltar que la materia orgánica es un acondicionador del suelo que ayuda a que las raíces de la planta se desarrollen mejor y puedan tomar los nutrientes de forma más eficiente. En este sentido, se recomienda aprovechar los residuos y subproductos de las unidades productivas paneleras en la elaboración de compostaje, el cual sirve para aplicar en los cultivos de caña como complemento a la fertilización. A continuación se describe como se puede elaborar un compostaje:

1. Capa de bagazo.
2. Capa de excreta.
3. Tierra fértil.
4. Ceniza.
5. Fosforita.
6. Agua miel, melaza, Cachaza, vinaza.

Este procedimiento se hace por capas y se repite cuatro veces.

Requerimientos:

1. Disponibilidad de oxígeno (Volteo).
2. Contenido de Humedad menos del 60%.
3. Relación carbono-Nitrógeno 24-35.

4. Altura no superior a 1,5 m.

5. Cada 20 a 30 cm de altura una capa de excreta.

6. Volteo cada 3 días.

Estos principios evitan además malos olores



Foto 17. *Compostaje.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

2.8 Importancia de los macros y microelementos en el desarrollo del cultivo

Los planes de fertilización que se elaboran a partir de un análisis de suelos y de los requerimientos de los cultivos, proporcionan, cuando se elaboran de manera correcta, una relación adecuada entre los macro y microelementos, logrando así que no se presenten desbalances por el exceso o la deficiencia de algunos de ellos.

Se debe recordar que, en situaciones reales, la presencia de plagas y enfermedades y el nivel o grado de ataque de ellas, así como el grado de resistencia o tolerancia de los cultivos, esta predeterminado por el adecuado estado nutricional de los mismos. De acuerdo con lo anterior, en esta próxima sección se pretende mostrar y/o describir los síntomas de

deficiencia de los principales nutrientes que afectan el cultivo de la caña de azúcar para lograr su correcta identificación.

2.9 Síntomas del cultivo cuando se presentan deficiencias de macroelementos y elementos secundarios

2.9.1 Macroelementos

Son llamados así porque son necesarios en cantidades relativamente grandes para el desarrollo de las plantas, estos son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Azufre.

Nitrógeno *(N)*

Importancia y función:

El nitrógeno es muy importante en el adecuado desarrollo de la planta. Las hojas jóvenes y las partes en crecimiento reciben un mayor suministro de este nutriente. Cuando el abastecimiento no es adecuado, el nitrógeno se moviliza de las hojas más viejas a los órganos más jóvenes (Martín, 1987). Su importancia no solamente se debe al papel que desempeña en la formación de carbohidratos, sino también, a que es un constituyente de la clorofila razón por la cual influye en la coloración del follaje (Quintero, 1997).



Foto 18. *Deficiencia Nitrógeno. Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo y Ruddy Lizeth Huertas.*

Síntomas y consecuencias de las deficiencias

Se presenta un amarillamiento en las hojas viejas como uno de los primeros síntomas (Martín, 1987) seguido por la muerte descendente de las hojas viejas, tallos más cortos y delgados, crecimiento vegetativo más lento (D.L., et al 2020) en consecuencia, la producción de la caña por unidad de superficie se reduce (Quintero, 1997). La deficiencia de nitrógeno reduce el contenido de agua en la planta y de ahí que sus síntomas sean parecidos a los de falta de agua (Gómez, 2005). *(Foto 18, 19 y 20).*



Foto 19. *Deficiencia Nitrógeno.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



Foto 20. *Deficiencia Nitrógeno.*
Fuente: https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/012-a-cana-de-azucar.pdf

Fósforo *(P)*

Importancia y función:

El fósforo no es móvil en el suelo, se absorbe a través de la raíz. La absorción también se produce a través de las micorrizas, que son hongos que crecen en asociación con las raíces de muchos cultivos. El fósforo estimula el desarrollo de las raíces y, por consiguiente, el crecimiento aéreo de la planta. Asimismo, acelera la maduración, interviene en la asimilación de nitrógeno, transporte de energía, fotosíntesis.



Foto 21. *Deficiencia de Fósforo.*
Fuente: Anderson D.L. 1990.

Síntomas y consecuencias de las deficiencias

Sus síntomas visuales de deficiencias se manifiestan generalmente en hojas viejas con algunas de las siguientes características:

- Hojas de color verde oscuro a verde azulado; en ocasiones aparece un color rojo o purpura, particularmente en las puntas y márgenes, hojas delgadas (D.L., 1990).



Foto 22. *Deficiencia Fósforo.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo y Ruddy Lizeth Huertas.

- Reducción del crecimiento de las hojas y del número de hojas nuevas (Martín, 1987).
- Las raíces detienen su crecimiento y poseen poca ramificación (Castro, 1998).
- La madurez de la planta se retarda (Castro, 1998).
- Los tallos son más delgados y adelgazan con rapidez hacia el punto de crecimiento (Martín, 1987).
- Escaso macollamiento (D.L., 1990).
- Estimula floración temprana y degeneramiento del cultivo (Martín, 1987).

Potasio *(K)*

Importancia y función:

La carencia de potasio afecta el metabolismo de las plantas. Este elemento está relacionado con el vigor y la resistencia a las enfermedades, ayuda a las plantas a la producción de proteínas, es esencial en la producción de azucares, almidones y aceites, mejora la calidad de las cosechas, controla y regula la actividad de varios elementos minerales, especialmente nitrógeno. El exceso de potasio disminuye la absorción de nitrógeno y deprime la producción (Castro, 1998).

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

Entre los principales síntomas de deficiencias se encuentran bordes y puntas de las hojas con clorosis amarilla anaranjada; las hojas viejas pueden estar completamente cafés o con un aspecto “quemado”; tallos delgados; decoloración rojiza en la superficie superior de la nervadura central; las hojas jóvenes generalmente permanecen de color verde oscuro; hojas apicales

inmaduras distorsionadas, adquiriendo la paraciencia de un abanico (D.L.,1990), *(Fotos 23, 24 y 25).*



Foto 23. *Deficiencia Potasio.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo y Ruddy Lizeth Huertas.



Foto 24. *Deficiencia Potasio.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo y Ruddy Lizeth Huertas.

Foto 25. *Deficiencia Potasio.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



En las hojas más viejas con frecuencia aparecen pequeños puntos cloróticos que después se tornan carmelitas con el centro necrótico, y cuando son numerosos generalmente se unen dando un color carmelita general en la hoja (Martín, 1987). Los cultivos más susceptibles a las deficiencias de potasio son los que tienen un alto índice de producción de azúcares, almidones y aceite, entre los cuales está la caña de azúcar. (Castro, 1998).

Calcio *(Ca)*

Importancia y función:

- Neutraliza el efecto del aluminio tóxico en suelos ácidos (Castro, 1998).
- Influye en la absorción de otros elementos nutritivos como nitrógeno, magnesio y potasio (Castro, 1998).
- El calcio aumenta el vigor general de las plantas y endurece los tallos. Juega un papel importante en la membrana y pared celular, actuando como barrera para la entrada de organismos causantes de enfermedades (Gómez, 2005).

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

- Las hojas viejas pueden presentar síntomas similares a los de la roya y pueden morir prematuramente (D.L.,1990).
- Las hojas más jóvenes se vuelven cloróticas y extremadamente débiles (Martín, 1987).
- Los tallos deficientes en calcio son de pequeño diámetro, se adelgazan con rapidez hacia el punto de crecimiento y la corteza es muy suave (Martín, 1987).
- Deformación severa de hojas jóvenes con las puntas enroscadas hacia abajo y las márgenes enroscadas hacia arriba (Castro, 1998).
- Se aprecia un desarrollo raquítico del sistema radicular que puede llegar a causar detención del crecimiento de la raíz principal (Gómez, 2005), *(Fotos 26 y 27).*



Foto 26. *Deficiencia Calcio.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo y Ruddy Lizeth Huertas.



Foto 27. *Deficiencia Calcio.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo y Ruddy Lizeth Huertas.

Magnesio *(Mg)*

Importancia y función:

Es el único constituyente mineral de la molécula de la clorofila y está localizado en la parte central. Es necesario en la formación de azucares, actúa como transportador del fósforo en la planta y regula la absorción de otros elementos como fósforo, potasio y calcio (Castro, 1998). El magnesio junto con el potasio, calcio y sílice genera en las plantas resistencia a varias enfermedades fungosas (Gómez, 2005).

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

- Las hojas jóvenes son de color verde claro y las hojas viejas son de color verde amarillento (Martín, 1987).

- Clorosis intervenal de las hojas. En estados avanzados el tejido foliar toma un color amarillo pálido uniforme, luego un color pardo y finalmente muere (Gómez, 2005).

- Apariencia manchada o clorótica iniciándose en la punta y a lo largo de los márgenes; lesiones necróticas rojas que resultan en síntomas similares a los de la roya; la corteza del tallo puedes exhibir un color café en el interior (D.L.,1990), *(Foto 28)*.



Foto 28. *Deficiencia de Magnesio Anderson D.L.*
Fuente: Anderson D.L. 1990.

Azufre *(S)*

Importancia y función:

La insuficiencia de azufre disponible para la planta afecta el rendimiento de los cultivos y la calidad de las cosechas, pues la síntesis de proteína se interrumpe al igual que cuando hay deficiencias de nitrógeno. Hay que tener en cuenta que una fertilización a base de NPKS representa en muchos suelos la diferencia entre hacer rentable o no el uso de fertilizantes, ya que la respuesta de los cultivos a los elementos primarios NPK puede limitarse por la deficiencia de azufre, las principales funciones del azufre en la planta son. El azufre ayuda a mantener el color verde intenso en las hojas (Castro, 1998).

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

- Las hojas presentan un color verde amarillo especialmente entre venas. La clorosis se generaliza en las hojas haciéndose más severa en las hojas viejas (Martín, 1987).

- Inhibe la síntesis de proteínas (Martín, 1987).

- La velocidad de crecimiento se reduce. Las hojas son más estrechas, los tallos más delgados y las plantas se ven raquíticas (Martín, 1987).

- Hojas jóvenes uniformemente cloróticas; puede desarrollarse un ligero color purpura; hojas angostas y más pequeñas que lo normal (D.L.,1990), *(Foto 29)*.

2.10 Síntomas del cultivo cuando se presentan deficiencias de microelementos

2.10.1 Microelementos

Llamados así porque son indispensables para el normal desarrollo de las platas, pero son utilizados en cantidades menores en comparación con las cantidades requeridas de los elementos menores (Martín, 1987).



Foto 29. *Deficiencia de Azufe.*
Fuente: Hurney, A. 1990.

Hierro *(Fe)*

Importancia y función:

- Está relacionado con la producción de clorofila, forma parte del citocromo o pigmento que da el color verde a las hojas (Castro, 1998).

- El hierro asociado al cobre, manganeso y boro aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra el ataque de organismos causante de enfermedades (Gómez, 2005).

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

Se manifiesta en las hojas jóvenes como rayas cloróticas que alternan con el color verde de las nervaduras. Cuando la deficiencia se acentúa, las hojas más jóvenes toman una coloración blanquecina, mientras que las hojas inferiores presentan una coloración verde amarillenta. Generalmente, la clorosis por deficiencia de hierro se presenta por parches irregulares en plantaciones de 3 a 4 meses de edad (Amaya, 1995).

La deficiencia de hierro puede confundirse fácilmente con la deficiencia de manganeso. La diferencia es que la clorosis intervenal causada por la deficiencia de hierro es a menudo más clara que la causada por la deficiencia de manganeso. Al igual que el manganeso. La deficiencia de hierro en las plantas está asociada con la alcalinidad de los suelos o con los suelos excesivamente encalados (Gómez, 2005), *(Foto 30).*



Foto 30. *Deficiencia de Hierro.*
Fuente: "Orlando, Filho, J. 1990- https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/012-a-cana-de-azucar.pdf pedatauploadsctecnica012-a-cana-de-azucar.pdf."

Boro *(B)*

Una vez que el boro ha sido utilizado por los tejidos en crecimiento activo de la planta, no puede trasladarse ni ser utilizado nuevamente. Esto significa que debe existir una fuente permanente de boro disponible para la planta durante todo su ciclo de crecimiento y desarrollo. La adsorción del boro se incrementa con el contenido de arcilla y con el pH del suelo. Las dosis de boro que se recomiendan generalmente no logran mantener la concentración adecuada de boro en la solución del suelo para el óptimo desarrollo de las plantas, particularmente en suelos arcillosos y con exceso de encalado (Gómez, 2005).

Importancia y función:

- Está relacionado con la utilización del calcio dentro de la planta (Castro, 1998).
- El boro interviene en el transporte de almidones y azúcares desde la hoja hacia los frutos, además está asociado con la actividad celular que promueve la maduración (Gómez, 2005).
- La absorción del potasio aumenta con la del boro. Casi no ocurre absorción de potasio en ausencia de boro, es decir, muchos casos de deficiencia aparente de potasio pueden ser de hecho deficiencia de boro (Gómez, 2005).
- El boro juega un papel importante en el transporte de fósforo, a través de las membranas y así ocurre con el potasio, muchos casos de deficiencia de fósforo pueden ser reflejo de la deficiencia de fósforo (Gómez, 2005).

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

Se manifiesta con pobre desarrollo apical, entrenudos cortos; las hojas no crecen, se deforman y aparecen en racimos como si emergieran de un mismo punto; las láminas foliares presentan parches cloróticos intervenales que se convierten

en manchas necróticas al aumentar la edad del cultivo, presencia de hojas en forma de cartucho: entrelazadas, retorcidas y cloróticas (Amaya, 1995).

La deficiencia de boro puede ocurrir con más frecuencia cuando la planta está creciendo, en producción o en períodos de sequía. Las hojas más jóvenes son las primeras en manifestar los síntomas de su carencia (Gómez, 2005).

Hojas distorsionadas; lesiones translucidas o "bolas de agua" entre las venas; plantas jóvenes amontonadas con muchos macollos; las hojas tienden a ser quebradizas; las hojas apicales pueden ser cloróticas y luego necróticas; frecuentemente llamadas enfermedad del "falso Pokkah Boeng"; apariencia similar al daño de algunos herbicidas. Se presenta clorosis de las puntas y márgenes de hojas jóvenes, progresando de la base hacia la punta de la hoja; finalmente la clorosis se extiende a las hojas viejas; los tejidos cloróticos rápidamente se tornan necróticos; las puntas de las hojas pueden estar severamente quemadas (D.L.,1990), *(Foto 31).*

Manganeso *(Mn)*

Importancia y función:

- Ayuda a la síntesis de clorofila e interviene en la fotosíntesis (Castro, 1998).
- Aumenta el aprovechamiento del calcio, del magnesio y del fósforo (Castro, 1998).

El manganeso asociado a cobre, hierro y boro aumenta el contenido de lignina, compuesto orgánico que cumple funciones de sostén y protección de la planta contra el ataque de patógenos (Gómez, 2005).



Foto 31. *Deficiencia de Boro.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

La disponibilidad de este microelemento disminuye con las aplicaciones de abonos orgánicos en el suelo (Amaya, 1995). También en suelos calcáreos

o excesivamente encalados o suelos con altos contenido de fósforo o baja capacidad de intercambio catiónico (Gómez, 2005).

La deficiencia se manifiesta en bandas oscuras a lo largo de las nervaduras que se alternan con bandas verde – amarillentas. En casos muy severos de deficiencia de manganeso, las áreas verdes – amarillentas se tornan grises o blancas (Cenicaña, 1995).

En caña de azúcar las deficiencias de manganeso aparecen en las hojas jóvenes como una clorosis intervenal que va desde la punta hasta la mitad de la hoja, en casos severos de decolora toda la hoja. Su deficiencia se manifiesta por amarillamiento de las hojas nuevas y manchas a lo largo de las venas más pequeñas, por lo que la hoja toma apariencia moteada, algunas de las manchas dejan huecos pequeños por muerte de tejido (Gómez, 2005), *(Foto 32).*

Cinc *(Zn)*

Importancia y función:

- Es necesario para la producción normal de clorofila. Actúa principalmente como activador de enzimas (Castro, 1998).

- Interviene en la utilización del agua y otros nutrientes. El zinc asociado a magnesio, boro y calcio, aumenta la fortaleza de la membrana celular de las raíces, actuando como obstáculos a la penetración de organismos patógenos (Gómez, 2005).



Foto 32. *Deficiencia de Manganeso.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Síntomas y consecuencias de las deficiencias:

Las deficiencias de zinc se presentan cuando existen suelos con bajo contenido de materia orgánica, suelos ácidos que se han encalado excesivamente, suelos permanentemente fertilizados con fósforo, suelos de clima frío y húmedos con deficiencias en los primeros estados de crecimiento (Gómez, 2005). También

se presentan deficiencias en suelos calcáreos, sódicos, turbosos y volcánicos, así como suelos inundados durante alguna parte del año; la deficiencia es más severa cuando se aplican dosis altas de nitrógeno y fósforo (Castro, 1998).

La deficiencia de zinc se caracteriza por presentar entrenudos cortos, reducción de lámina foliar en la base de las hojas, formación de macollas cortas y débiles. Los síntomas aparecen en las hojas jóvenes, sus nervaduras se vuelven cloróticas y presentan estrías no simétricas, pero el tejido intervenal permanece verde; estos síntomas son más notorios en el extremo de las hojas. Cuando la deficiencia es severa, el limbo de la hoja (el haz y el envés), se torna clorótico, con excepción de dos fajas situadas a cada lado de la nervadura principal (Amaya, 1995), *(Foto 33).*

2.11 Criterios técnicos que permiten al productor tomar decisiones para la corrección de la acidez en el suelo

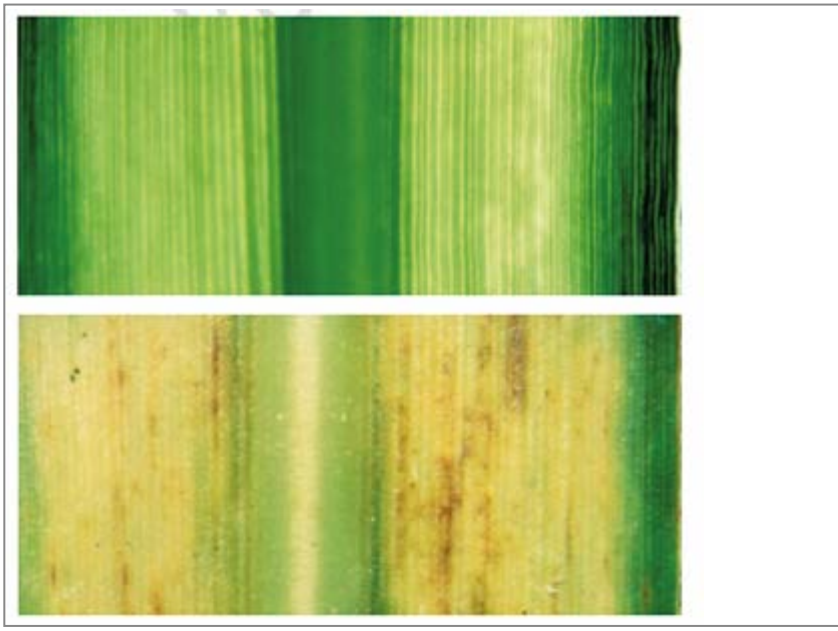


Foto 33. *Deficiencia de Zinc.*
Fuente: Reghenzani, J. 1990.

Las recomendaciones de cal se hacen con el propósito de corregir la acidez del suelo y se basan principalmente en el pH y el contenido de aluminio intercambiable reportado por el análisis de suelo (Castro, 1998).

Para suelos ácidos de Colombia, existe un factor de encalamiento a partir del cual 1 miliequivalente (meq.) de aluminio intercambiable en 100 grs de suelo, debe ser neutralizado por 1 meq. de calcio proveniente de una cal agrícola, es decir, que 1 meq. de aluminio por 100 grs de suelo, se neutraliza con la aplicación al suelo de 400 Kg de Ca++/ha. Para aplicar 400 Kg por ha de calcio puro al suelo, se necesitan 1000 Kg de carbonato de calcio ($CaCO_3$) puro. Como no es posible conseguir en el comercio cales con esta pureza (100% de $CaCO_3$), es necesario hacer los cálculos con base en una cal agrícola de 80% de pureza en carbonato de calcio, la cual si es posible obtener en el comercio. Al considerar que la cal agrícola que se va a aplicar tiene 80% de $CaCO_3$, esto

quiere decir, que 1000 Kg o una tonelada de esta cal nos aporta solamente 800 Kg de de CaCO3 (Castro, 1998).

En conclusión, para neutralizar 1 meq. de aluminio por 100 grs de suelo, se debe aplicar 1250 Kg por ha de una cal agrícola de 80% de CaCO3 (Castro, 1998).

2.12 Relación entre aspectos nutricionales de la planta y la calidad de los jugos.

Las aplicaciones excesivas de nitrógeno tienden a disminuir el contenido de sacarosa y a retrasar la maduración; no obstante, niveles altos de este nutrimento están casi siempre asociados con un vigoroso desarrollo vegetativo (Wang, 1976 citado por Larrahondo, J. 1995).

Por otra parte, el fósforo mejora la calidad de los jugos, como lo demuestran los trabajos de Meade y Chen (1977) citado por Larrahondo, J. (1995), quienes en Hawaii encontraron aumentos significativos en la calidad de los jugos con la fertilización fosfatada. Honing (1960) citado por Larrahondo, J. (1995) considera que la cantidad de fosfatos presente en el jugo de la caña son importantes durante el proceso de clarificación, ya que se acepta que para una buena floculación después del encalamiento y de la adición de poliacrilamidas (floculantes), las concentraciones de fósforo en el jugo deben estar entre 300 y 600 mg/l de P2O5 .

El potasio es importante en el metabolismo de los vegetales, ya que sirve para mantener en dispersión el protoplasma, para la asimilación del carbono y para la síntesis y traslocación de las proteínas. Cuando se presentan deficiencias de este nutrimento en un cultivo de caña, el porcentaje de sacarosa se reduce y los niveles de azúcares reductores se incrementan, lo cual resulta, posiblemente, en bajo rendimiento y en la presencia de altas cantidades de materiales coloreados, debido a la descomposición térmica de los azúcares reductores. Wood (citado por Larrahondo, J. 1995).

Otros elementos minerales como el sodio, asociados a la presencia de altos niveles de potasio, calcio y magnesio, que son comunes en suelos salinos, tienen un marcado efecto melasigénico (producción de mieles) en la etapa de cristalización de la sacarosa y conducen, en consecuencia, a la producción de mieles finales de alta pureza y a una baja recuperación de sacarosa (Larrahondo, J. 1995).

3. CONTROL DE MALEZAS

El control de malezas es otra labor que constituye el éxito de un cultivo sano, con buen crecimiento y rendimiento en producción de caña y panela.

En la gran mayoría de los casos, el control de malezas se hace de forma inoportuna, en épocas tardías, es decir, cuando la maleza se encuentra en estado avanzado, tanto de edad como en cobertura, esto partiendo de la creencia de que es el punto ideal de control. Sin embargo, es importante aclarar, que el control de malezas debe empezar cuando éstas se encuentran en estado juvenil (alrededor de 45 a 60 después de la siembra), para que se haga un control eficaz, pues las malezas están débiles aún, no han diseminado semillas que aseguran un nuevo ciclo de producción de malezas y la aplicación del producto se hace de mejor forma, disminuyendo costos, además se da espacio al cultivo para que se desarrolle sin competencia.

Un segundo control de malezas se realiza cuando existen nuevamente malezas también en estados de crecimiento iniciales. Este control se debe hacer unos días antes de la fertilización complementaria (alrededor de los 4 meses después de la siembra). Esto para optimizar la fertilización y evitar que las malezas presentes al momento de abonar sean las que aprovechen los nutrientes suministrados.

Se debe tener presente, que por ningún motivo se debe dejar enmalezar el cultivo, pues una vez las malezas han ganado ventaja, se incurre en mayores costos de producción y menor producción del cultivo, *(Fotos 34 y 35).*



Foto 34. *Cultivo enmalezado.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



Foto 35. *Socas perdidas por mal manejo.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

El período más crítico de competencia por agua, luz y nutrientes entre las malezas y el cultivo ocurre en la etapa de macollamiento. Después de que la caña cierra, su follaje y la sombra que produce es suficiente para controlarlas, *(Foto 36).* Una alta incidencia de malezas afecta el rendimiento de la caña hasta en un 60%.



Foto 36. *Cultivo sin Maleza y con Cierre de Calles.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Se recomienda su control en forma integrada, combinando métodos culturales, mecánicos y químicos.

Es importante mencionar que un adecuado control de malezas se fundamenta además en la identificación del tipo de malezas en el cultivo a manejar. Así se debe tener en cuenta que existen malezas de hoja ancha, malezas gramíneas (pastos) y malezas ciperáceas (cortadera). Estos dos últimos tipos de malezas conocidas como malezas de hoja angosta.

En el caso de aplicar productos de síntesis química, es importante tener en cuenta los ingredientes activos, las formulaciones, el tipo de malezas que afecta y las dosis a aplicar por volumen de agua. Estos productos no deben ser aplicados en época de verano porque pierden efectividad, así como tampoco deben ser aplicados cuando entre la aplicación y la presencia de lluvias no hay un mínimo 3 horas de diferencia.

Siempre es importante recordar que la rotación de ingredientes activos y las dosificaciones adecuadas evitan y retrasan la resistencia de las malezas a los productos (Murcia, 2010).

Recuerde que para cada tipo de malezas existe un herbicida recomendado. Si utiliza un herbicida no selectivo puede retardar el crecimiento y el rendimiento de su cultivo

4. MANEJO INTEGRADO DE ENFERMEDADES Y PLAGAS

En la actualidad el control de plagas y enfermedades a nivel mundial se realiza con enfoque de M.I.P, como consecuencia de los desaciertos en el uso irracional de pesticidas y las secuelas que se acarrean al medio ambiente.

Recordemos que la presencia y severidad de las plagas de la caña dependen de: el ambiente o nicho, la variedad, edad del cultivo y el manejo agronómico que se realice al cultivo desde antes de su establecimiento.

Asimismo, se debe tener en cuenta prácticas culturales como los sistemas de siembra, fertilización.

Control cultural en general. Sistemas de cultivos, fertilización adecuada, corte rasante de soca, desinfestación de herramientas, control oportuno de malezas, drenaje, semilleros básicos, productos químicos adecuados, tratamiento de semilla, variedades resistentes o tolerantes y Control Biológico.

4.1 Principales enfermedades e insectos plaga que afectan el cultivo de la caña de azúcar

4.1.1 Enfermedades

El cultivo de la caña de azúcar es afectado por diversas enfermedades, algunas causadas por hongos, otras por bacterias o virus. Sin embargo, a continuación se resaltan las principales enfermedades que son limitantes y que afectan el adecuado desarrollo y la productividad del cultivo.

Roya café *(Puccinia melanocephala).*



Foto 37. *Roya Café.*
Fuente: https://www.eeaoc.org.ar/wp-content/uploads/2017/12/roya-marron.pdf

Roya naranja *(Puccinia kuehnii).*

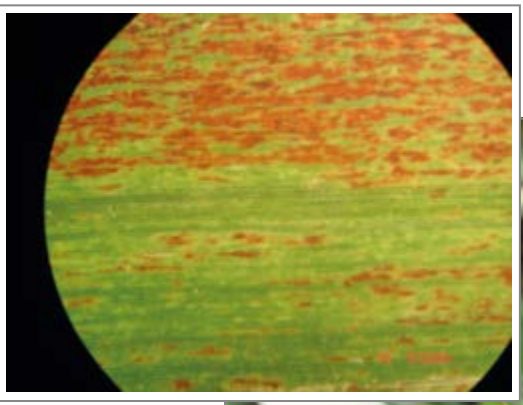


Foto 38. *Roya Naranja.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



Foto 39. *Roya Naranja.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Carbón *(Ustilago scitaminea Syd. Sinom. Sporisorium scitamineum (Syd.) M. Piepenbr., M. Stoll & Oberw).*



Foto 40. *Carbón.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Mancha de Ojo *(Bipolaris sacchari E.J. Butler).*

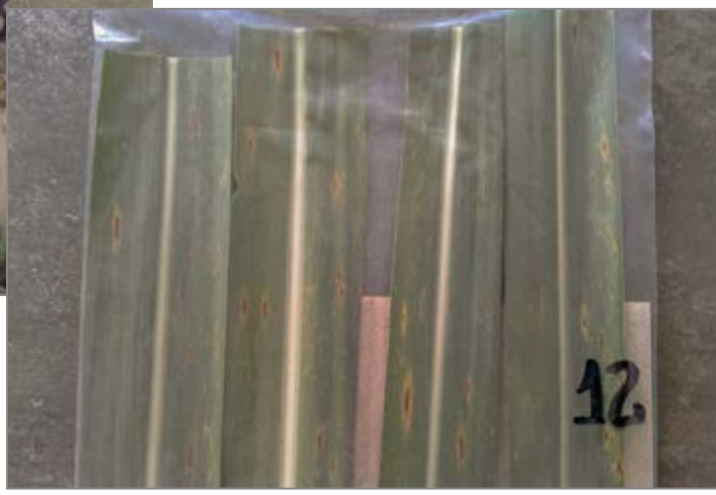


Foto 41. *Mancha de Ojo.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Mancha de anillo *(Leptosphaeria sacchari Breda de Haan).*

Foto 42. *Mancha de Anillo.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.





Foto 43. *Raquitismo de la Soca.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Raquitismo de la soca *(Leifsonia xyli subsp. xyli).*



Foto 44. *Raquitismo de La Soca.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Escaldadura de la Hoja *(Xanthomonas albilineas (Ashby) Dowson).*

Foto 45. *Escaldadura de la hoja.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



4.1.2 Insectos plaga

El manejo integrado de insectos plaga es importante para evitar pérdidas significativas en la producción. En este sentido las prácticas de manejo no se enfocan a la aplicación de insecticidas como primer medida sino que implica labores culturales como la preparación de suelos, monitoreo del nivel de daño de la plaga, control biológico, adecuada nutrición de los cultivos, control de malezas que son hospederos en muchos casos de la plagas, establecimiento o conservación de zonas de refugio con plantas nectaríferas para que las especies nativas que son enemigos naturales puedan adaptarse y ayudar a controlar los insectos plaga. A continuación se presentan los principales insectos plaga que afectan el cultivo de caña de azúcar en zonas paneleras.

Cucarrón de invierno *(Podischnus agenor).*



Foto 46. *Cucarrón de Invierno.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Picudo Rayado *(Metamasius hemipterus).*



Foto 47. *Picudo Rayado.*
Fuente: https://www.cenicana.org/pdf_privado/carta_trimestral/ct1998/ct4_98/ct4_98_p8-10.pdf

Barrenador del tallo *(Diatraea spp).*



Foto 48. *Caña Barrenada.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



Foto 49. *Diatraea, barrenador de la caña.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

Complejo simbiótico con la hormiga loca *(Nylanderia fulva Mayr),* chupadores *(Sipha flava, Bemisia sp, Pulvinaria sp).*

Foto 50. *Hormila Loca.*
Fuente: https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/A%c3%b1o-21.pdf



MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL

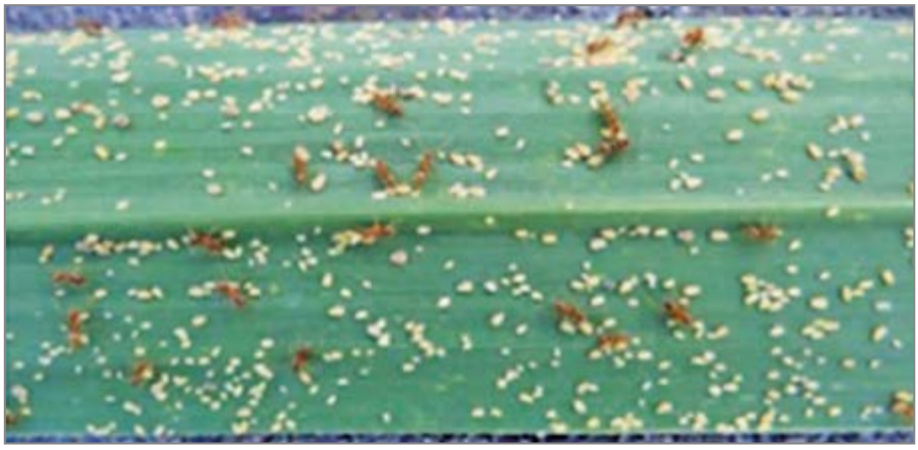


Foto 51. *Asociación de Homiga Loca con Chupadores.*
Fuente: https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/A%c3%b1o-21.pdf

Salivazo *(Mahanarva bipars, Aeneolamia varia).*



Foto 52. *Afectación por Salivazo.*
Fuente: Tania Ariza.



Foto 53. *Adulto de Salivazo.*
Fuente: https://www.cenicana.org/pdf_privado/serie_divulgativa/sd_11/sd_11.pdf



Foto 54. *Salivazo-Saliva en raíz.*
Fuente: Tania Ariza.

5. VARIEDADES

El mejoramiento genético en caña panelera está orientado a la remoción de materiales genéticos fisiológicamente viejos y de bajo potencial productivo, mediante la caracterización y adaptación de variedades de alto rendimiento y agroindustrialmente deseables, que se adapten a las condiciones de manejo de las áreas paneleras (Insuasty, 2003).

Los nuevos materiales genéticos, deben garantizar por lo menos los siguientes aspectos:

- Incrementos en los rendimientos.
- Disminución de los costos de producción.
- Reducción del tiempo a cosecha en cada ciclo de producción.
- Mejoramiento en la calidad de los productos.
- Disminución de los problemas fitosanitarios, entre otros.

Las nuevas variedades de caña deben presentar:

- Altos tonelajes de caña por unidad de superficie, sin decrecer la producción por lo menos hasta el quinto corte.
- Resistencia a plagas y enfermedades de importancia económica para el sistema.
- Amplio rango de adaptación a diferentes ecologías.
- Jugos con alto contenido de sacarosa, que sean fáciles de clarificar y de panela de buena calidad y agradable sabor.
- Alto porcentaje de extracción de jugos en el molino.

El uso de nuevas variedades de caña permite mejoras en la productividad y calidad de la panela, esto a su vez se ve reflejado en la mejora de los ingresos y también en la calidad de vida de las mujeres y hombres productores y sus familias.

Obtención de variedades de caña de azúcar en Colombia

Las variedades de caña actualmente cultivadas en Colombia provienen en gran parte de hibridaciones introducidas de otros países y de nuevos materiales genéticos que actualmente se producen en el país.

De las primeras introducciones de variedades se destacan: JAVA (POJ), Barbados (B), Hawai (H), Puerto Rico (PR), India (CO), EE-UU. (CP), Venezuela (V), Brasil (S.P, C.B) y República Dominicana (RD), entre otras (Insuasty, 2010).

Las producidas o que se han obtenido en Colombia se agrupan de la siguiente manera:

a) EPC: Las obtenidas en la Estación Experimental Palmira hasta el año de 1961.

b) ICA: Las generadas por el Instituto Colombiano Agropecuario hasta 1975.

c) CC: Las producidas a partir del año 1981 por CENICAÑA, y que es en la actualidad la entidad que produce el mayor número de variedades de esta especie, con destino al Sector Azucarero y también validadas por Agrosavia en algunas zonas agroecológicas para el subsector panelero.

Variedades de caña de azúcar cultivadas en Colombia

Como se indicó anteriormente, las variedades de caña importadas, en un pasado, fueron la base principal de la industria del dulce en Colombia; porque en la actualidad, Instituciones como CENICAÑA vienen trabajando en la obtención de variedades colombianas que han permitido alimentar y modernizar dicha industria.

Al estudiar las variedades cultivadas en Colombia a través del tiempo, podemos dividirlas en tres grupos:

a) Variedades pioneras: Criolla, Otaheite, Morada, Cristalina, POJ 2878, POJ 2714, POJ 2961, EPC 48-863, EPC 48-859, Co 421, Co 419, PR 1059, CP 38-34, H 50-7209, Azul Casagrande, PR 980, H 38-2915, H 371933, B 49-119, PR 1048 (Insuasty, 2010).

b) Variedades actualmente cultivadas: POJ 2878, POJ 2714, MZC 74-275, Co 421, PR 61-632, Co 419, CP 57-603, PR 1141, RD 75-11, PR 67-1070, Mx 64-1487, CC 84-75, CC 86-45, CC 85-47, CC 85-92, CC 85-57, CC 93-7711, CC 93-7510, CC 01-1940.



Foto 55. *Variedad CC 85-92.*
Fuente: Jorge Enrique Cardona.



Foto 56. *Variedad CC 93 77-11.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

c) Variedades promisorias: CC 11-600, CC 91-1606, CC 92-2198, CC 92-2154, CC 93-4418, CC 93-4181, CC 93-3895, CC 93-3817, CC 93-744, CC 97-7170, CC 95-6014, CC 99-2461, CC 00-3079, CC 00-3257, CC 00-3771, CC 01-1508, (Viveros, 2019) y todos los nuevos materiales que resulten promisorios producidas por CENICAÑA e introducidas y validadas por AGROSAVIA para la producción de panela.



Foto 57. *Variedad CC 93- 7510.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.



Foto 58. *Variedad RD- 7711.*
Fuente: Magda Liliana Murcia Pardo.

6. MADUREZ DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y/O SAZONADO

La madurez de la caña se logra cuando la concentración de los azucares es igual o semejante en la base y en la parte terminal del tallo. Si se desea producir panela se deben seleccionar cañas maduras, con alto contenido de sacarosa. Pero si se desea producir miel se recomienda emplear cañas sobremaduras, con alto contenido de azucares reductores, para disminuir su cristalización.

6. 1 Procedimiento para determinar el punto óptimo de cosecha

- En el lote que se va cortar, se debe seleccionar de 15 a 20 tallos de caña para realizar el muestreo por hectárea.

- En el séptimo u octavo entrenudo hacia abajo, partiendo del primer cuello visible, mida la concentración de sólidos solubles. (A). ˚Brix apical.



Foto 59. *Toma Grados Brix.*
Fuente: Ruddy Lizeth Huertas

- En el tercer o cuarto entrenudo hacia arriba mida la concentración de sólidos solubles. (B). ° Brix Basal.

- Divida la suma de A por la suma de B, con este valor busque el estado de madurez de la caña.

6.2 Estado de madurez de la caña de acuerdo con el índice de madurez.

Estado de madurez de la caña	Valor de A/B
Inmadura	Menor de 0,95
Madura	Entre 0,96 y 1,0
Sobremadura	Mayor de 1,1

Fuente: *AGROSAVIA, sede CIMPA (Prada, 2002)*

7. ENCALLE Y CEPILLADO DE SOCAS

Esta labor se realiza una vez termina el corte del cultivo. Consiste en ubicarse a lo largo de los surcos y con una herramienta en forma de garabato o tenedor, que arrastra la hojarasca residuo de cosecha desde el surco hacia la calle, de ahí el nombre de encalle. Una vez se realiza dicha labor, se procede a efectuar el cepillado de las cepas, esto se hace empleando la Guadaña, y consiste en cortar las cepas de caña a ras de suelo, esto se hace porque el corte de caña no se efectúa homogéneamente y quedan trozos de caña (tocones) que son la vía de acceso a insectos plaga y enfermedades, además de la intemperie. La labor del cepillado mejora el rebrote de las cepas y evita la pérdida de puntos de crecimiento o la totalidad de la cepa.



Foto 60. *Encalle.*
Fuente: Juan Carlos Rojas.



Foto 61. *Labor de Cepillado.*
Fuente: Julio Ramírez Durán.

BIBLIOGRAFÍA

- Amaya E, A. Et al. Biología. (1995). El cultivo de la caña azucarera de Colombia. CENICAÑA., Cali.

- Castro-Franco., H. E. (1998). Fundamentos para el conocimiento y manejo de suelos agrícolas. Tunja: Produmedios. 1998.

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Plan Nacional de Semillas. Disponible en: *https://www.agrosavia.co/sociedad/semillas*

- D.L Anderson; J.E. Bowen (1990). Nutrición de la Caña de Azúcar. Instituto de la Potasa y El Fósforo.

Espinal, C., Martínez, H., & Ortíz, L. (2005). La cadena agroindustrial de la panela en Colombia. Recuperado de *http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/la-cadena-agroindustrial-de-la-panela-en-colombia.pdf*

Gómez-Sanchez, M. (2005). Guía técnica para el manejo nutricional de los cultivos: Diagnóstico, interpretación y recomendaciones de planes de fertilización. Bogotá: Microfertisa.

Insuasty- Burbano., O. I. (2010. Módulo 4. Variedades de caña de azúcar para producción de panela. Disponible en: *http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_4/mod_virtuales/modulo4/index.html*. [Citado el 29 de octubre de 2022].

Insuasty- Burbano, O. I., Manrique Estupiñán R, Palacios O. (2003). Catálogo de variedades de caña para la producción de panela en la Hoya del Río Suárez. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Barbosa, Colombia.

Manrique- Estupiñán, R. et al. (2010). Sistema de siembra de la caña de azúcar. [Citado el 03 de 31 de octubre 2022]. Disponible en: *http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_4/mod_virtuales/modulo1/index.html*.

Manrique- Estupiñán., R. et al. (2000). Manual de caña de azúcar para la producción de panela. CORPOICA – FEDEPANELA, Fondo Nacional de la panela. II Edición. Litografía la Bastilla, Bucaramanga.

Martín-Oria, J. R. et al. (1987). La caña de azúcar en Cuba. La Habana: Científico- Técnica.

Murcia-Pardo, M. L., & Ramírez-Durán, J. (2015). Producción y manejo de semilla de caña panelera. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. *https://hdl.handle.net/20.500.12324/1069*

Murcia-Pardo. M. L. et al. (2010). Disponible en: *http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_4/mod_virtuales/modulo3/index.html.* [Citado el 31 de octubre de 2022].

Prada-Forero, L.E. (2002). Mejoramiento en la calidad de miel y panela. Disponible en: *http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/4687* [Citado el 02 de noviembre de 2022].

Quintero-Duran, R. (1997). Fertilización nitrogenada en caña de azúcar. Calí: Feriva: Serie técnica No. 21.

Quintero-Duran, R. (1993). Interpretación del análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes para la caña de azúcar. Calí: Feriva.: Serie técnica No. 14. 1993.

Ramírez-Duran. Julio. et al. (2010). Módulo 2. Fertilización de cultivo en Plantillas y Socas. Disponible en internet en: *http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portalIG/home_4/mod_virtuales/modulo2/index.html.* [Citado el 29 de octubre de 2022].

Viveros-Valens, C. A. (2019). Variedades de caña de azúcar Cenicaña Colombia (CC) evaluadas en las zonas paneleras de Colombia. Cali: Fondo de Fomento Panelero (Fedepanela).

Carrera 49 B No. 91 - 48
Teléfonos: (+57 1) 622 2066 - 622 2655 - 622 2788
comunicaciones@fedepanela.org.co
lmurcia@fedepanela.org.co
https://fedepanela.org.co
Bogotá D. C. Colombia



FedePanela

FONDO DE FOMENTO PANELERO

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL