

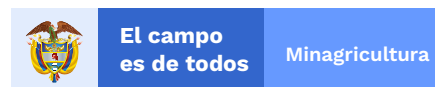


Aspectos generales del cultivo de caña de azúcar para la producción panelera en Cundinamarca

Yeni Rodríguez Giraldo
Stephanie Johana Numa Vergel
Rafael Antonio Pedraza Rute
Adriana Marcela Santos Díaz
Diego Fernando Ureña Sosa
Douglas A. Gómez Latorre
Edwin Andrés Villagrán Munar
Yolanda Gómez Vargas
Katherine Gómez Rodríguez

Colección Alianzas AGROSAVIA

2022



Aspectos generales del cultivo de caña de azúcar para la producción panelera en Cundinamarca.
/ Yeni Rodríguez Giraldo [y otros ocho]. -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2022.

34 páginas (Colección Alianzas AGROSAVIA)
Incluye tablas, ilustraciones y referencias bibliográficas
ISBN E-book: 978-958-740-542-2

1. *Saccharum officinarum* 2. Panela 3. Subproductos de la caña de azúcar 4. Climatología
5. Plagas de plantas 6. Fertilidad del suelo 7. Cundinamarca (Colombia).

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

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA

Centro de Investigación Tibaitatá, kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera.
Código postal 250047, Colombia.

Esta publicación es el resultado del proyecto SADR CDCVI 003-2021 celebrado entre la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca (SADR) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), con el objetivo de “aunar esfuerzos técnicos, administrativos y financieros para la realización de análisis de suelos como estrategia de mitigación a la variabilidad climática e inclusión en el sistema de planificación departamental a los productores agropecuarios rurales del departamento de Cundinamarca”.

Autores

Yeni Rodríguez Giraldo, Stephanie Johana Numa Vergel, Rafael Antonio Pedraza Rute, Adriana Marcela Santos Díaz, Diego Fernando Ureña Sosa, Douglas A. Gómez Latorre, Edwin Andrés Villagrán Munar, Yolanda Gómez Vargas, Katherine Gómez Rodríguez

Supervisión del convenio SADR-CDCVI 003-2021

María Angélica Pichimata Sanabria
Jefe Laboratorios de Investigación y Servicios - AGROSAVIA

Gobernación de Cundinamarca Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Nicolás García Bustos
Gobernador de Cundinamarca

Sandra Liliana Mahecha Herrera
Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural

José Gregorio Espejo Jiménez
Jefe de Oficina Asesora - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Supervisión del proyecto SADR-CDCVI 003-2021

Eduardo Bohórquez Orrego
Profesional Universitario - Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

Colección Alianzas AGROSAVIA

Tipología: Cartilla

Dirección editorial: Astrid Verónica Bermúdez Díaz

Adecuación editorial: Verónica Barreto Riveros

Diseño y diagramación: Julián Hernández - Taller de diseño

Ilustraciones: Juan Felipe Martínez Tirado

Fotografías de ambientación: Mónica Páramo

ISBN-e: 978-958-740-542-2

DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7405422>

Publicado en Mosquera, Cundinamarca
Primera edición, junio de 2022

Citación sugerida: Rodríguez Giraldo, Y., Numa Vergel, S. J., Pedraza Rute, R. A., Santos Díaz, A. M., Ureña, D. F., Gómez Latorre, D. A., Villagrán Munar, E. A., Gómez Vargas, Y., & Gómez Rodríguez, K. (2022). *Aspectos generales del cultivo de caña de azúcar en Cundinamarca*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria–AGROSAVIA.

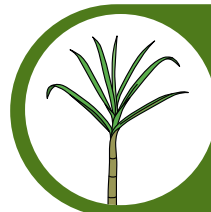
Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones ni de la información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, declarando en este último supuesto que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación. Igualmente, expresan que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros, relativa a los derechos de autor u otros derechos que se vulneren como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000-121515 atencionalcliente@agrosavia.co - www.agrosavia.co

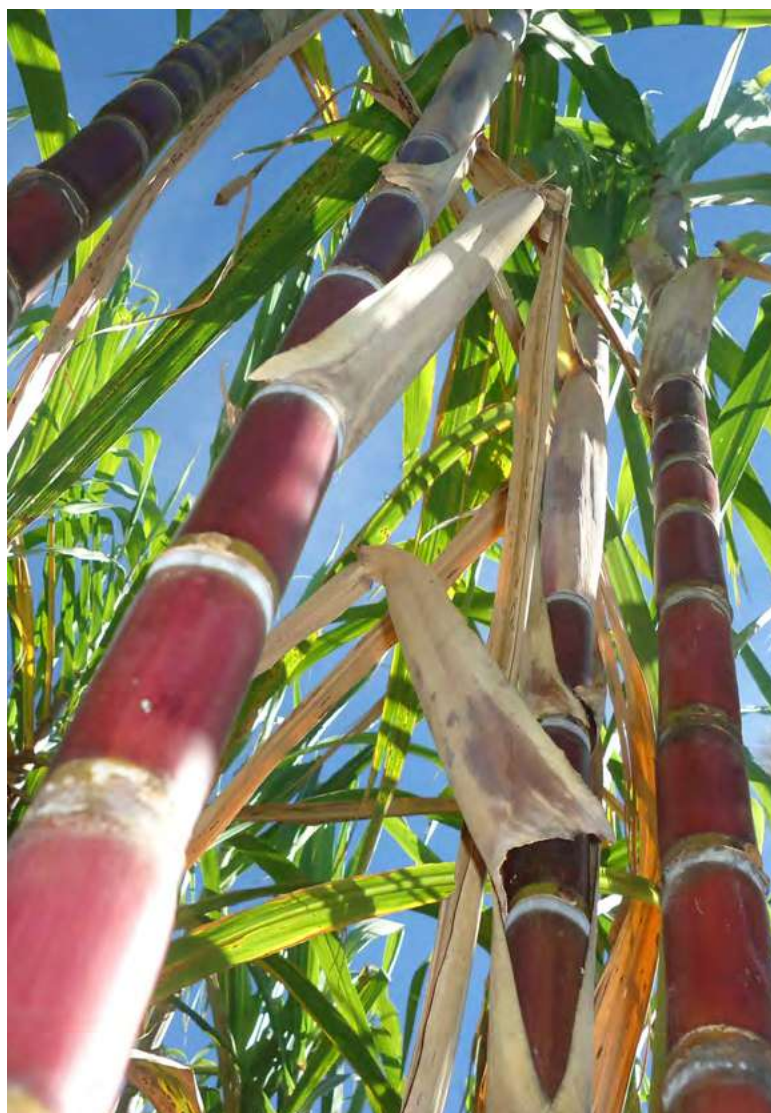


https://co.creativecommons.org/?page_id=13





Los autores



Yeni Rodríguez Giraldo

Investigadora Máster
Departamento de Laboratorios de Investigación y
Servicios - Sede Central
yrodriguezg@agrosavia.co

Stephanie Johana Numa Vergel

Investigadora Máster
Departamento de Laboratorios de Investigación y
Servicios - Sede Central
snuma@agrosavia.co

Rafael Antonio Pedraza Rute

Coordinador de Gestión de Información
Departamento de Laboratorios de Investigación y
Servicios - Sede Central
rpedraza@agrosavia.co

Adriana Marcela Santos Díaz

Investigadora Máster Sénior
Departamento de Laboratorios de Investigación y
Servicios - Sede Central
asantos@agrosavia.co

Diego Fernando Ureña Sosa

Profesional de Apoyo a la Investigación
Centro de Investigación Tibaitatá
durena@agrosavia.co

Douglas A. Gómez Latorre

Investigador Máster
Centro de Investigación Tibaitatá
dagomez@agrosavia.co

Edwin Andrés Villagrán Munar

Investigador Máster Sénior
Departamento de Laboratorios de Investigación y
Servicios - Sede Central
evillagran@agrosavia.co

Yolanda Gómez Vargas

Investigadora Máster
Departamento de Laboratorios de Investigación y
Servicios - Sede Central
ygomez@agrosavia.co

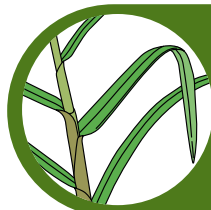
Katherine Gómez Rodríguez

Profesional de Apoyo a la Investigación
Centro de Investigación Tibaitatá
kgomezr@agrosavia.co



Un agradecimiento especial a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de la Gobernación de Cundinamarca por el financiamiento de esta cartilla, así como al equipo de trabajo que participó en el proyecto y al Departamento de Laboratorios de Investigación y Servicios de AGROSAVIA por su gestión para llevarlo a cabo.





Contenido



Introducción

Capítulo I Recomendaciones de manejo en el cultivo de la caña de azúcar ante los principales eventos climáticos extremos

Áreas de aptitud para caña de azúcar

Descripción del clima en áreas de cultivos de caña de azúcar

Exceso de lluvias

Recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo de caña de azúcar

Déficit de agua en el suelo del cultivo de caña de azúcar

Capítulo II Recomendaciones de fertilización

Importancia del análisis de suelos

Toma de muestra de suelo en campo para análisis químico

6 Elementos de especial importancia en el cultivo de caña de azúcar 21

Factores para leer e interpretar correctamente el análisis de fertilidad del suelo y la recomendación de fertilización 22

7 Capítulo III 7 Principales plagas del cultivo de caña de azúcar 24

Capítulo IV 11 Análisis de calidad de caña de azúcar 27

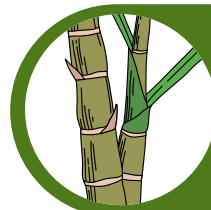
Indicadores de calidad de la caña de azúcar 29

12 Composiciones nutricionales de la caña de azúcar y sus subproductos en Colombia 29

Capítulo V 14 Productos y servicios de AGROSAVIA 31

Referencias 34





Introducción



La caña de azúcar para la producción de panela (en adelante caña de azúcar) es una planta del tipo de las fanerógamas, de la familia Poaceae, del género *Sacharum* y especies silvestres como *spontaneum* y *robustum*, y domésticas como *edule*, *barberi*, *sinense* y *officinarum* (doméstica).

En Colombia, el cultivo de caña de azúcar está destinado a la producción de alcohol, azúcar, panela, entre otros. Para la producción de panela, la Federación Nacional de Productores de Panela (Fedepanela, 2020) indica que en 2020 había alrededor de 198 mil hectáreas sembradas, con una producción de 1 millón de toneladas de caña de azúcar y un rendimiento promedio de 6 ton/ha. Se estima que existen 70 mil cultivadores de pequeña y mediana escala, que realizan el procesamiento en 18 mil trapiches en todo el país. El 99 % de la producción está dedicada al mercado interno y el 1 % se exporta principalmente a Estados Unidos.

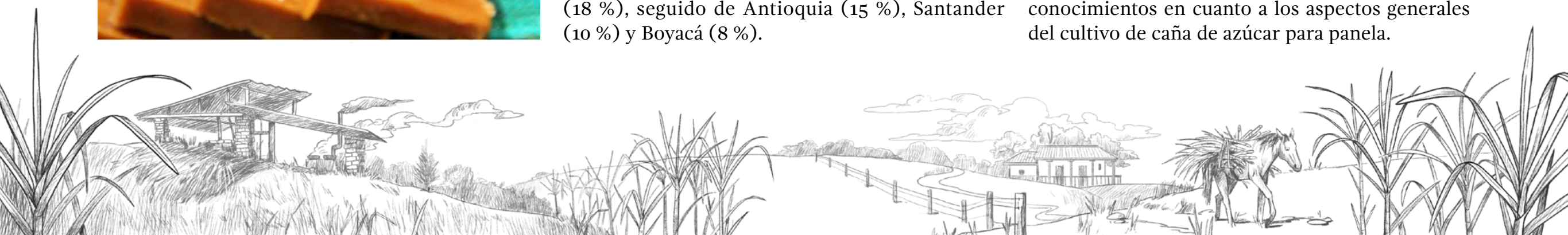
El cultivo de caña de azúcar se encuentra en 565 municipios de 29 departamentos, principalmente en la región Andina, en zonas de ladera en alturas entre los 700 y los 2.000 m. s. n. m. El departamento con más área sembrada en 2020 fue Cundinamarca (18 %), seguido de Antioquia (15 %), Santander (10 %) y Boyacá (8 %).

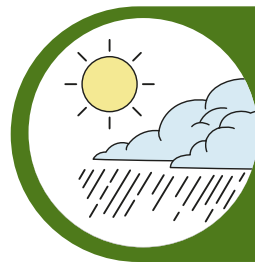
En Cundinamarca, el cultivo de caña de azúcar se ubica principalmente en las provincias de Gualivá, bajo Magdalena, Rionegro y Tequendama. En 2020 se tenía un área sembrada de 34 mil hectáreas, con un rendimiento promedio de 10 ton/ha, y en 2021 este departamento tenía inscritos 393 trapiches ante el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta cartilla tiene como propósito dar a conocer aspectos generales relacionados con el cultivo de caña de azúcar, especialmente en el departamento de Cundinamarca.

La información está enfocada en la descripción de cinco temáticas: 1) recomendaciones de manejo ante eventos climáticos extremos; 2) recomendaciones de fertilización; 3) principales plagas; 4) análisis de calidad de la caña de azúcar, y 5) servicios de AGROSAVIA disponibles para el agricultor.

Esta cartilla podrá ser una herramienta de consulta para productores, asistentes técnicos y extensionistas rurales de diferentes entidades locales o regionales, investigadores y academia, con miras a complementar conocimientos en cuanto a los aspectos generales del cultivo de caña de azúcar para panela.





CAPÍTULO I

Recomendaciones de manejo en el cultivo de la caña de azúcar ante los principales eventos climáticos extremos



Considerado como un sistema productivo de ladera con plantaciones que, en ocasiones, superan los 30 años, los núcleos productivos de la caña de azúcar tienen condiciones agroclimáticas diferenciales. En tal sentido, es un sistema altamente dependiente de la oferta biofísica para garantizar la producción constante.

Este capítulo describirá las áreas aptas para la producción de caña de azúcar en el departamento de Cundinamarca, las condiciones agroclimáticas de la zona y los principales efectos adversos al cultivo, para finalizar con una serie de recomendaciones, sobre todo en el uso del recurso hídrico.

Áreas de aptitud para caña de azúcar

Se entiende por aptitud de uso del suelo la clasificación de un lugar específico según sus condiciones biofísicas, ambientales y socioeconómicas. Para la caña de azúcar, se encontró que el área que presenta algún tipo de aptitud de uso en el departamento de Cundinamarca equivale a un total de 626.094 ha (figura 1), de las cuales 71.521 ha corresponden a zonas de aptitud alta (A1), 204.545 ha a zonas de aptitud media (A2) y 350.028 ha a zonas de aptitud baja (A3). Estas áreas se encuentran ubicadas en los municipios pertenecientes a las provincias del alto, centro y bajo Magdalena, Tequendama, Gualivá, Rionegro y Medina.



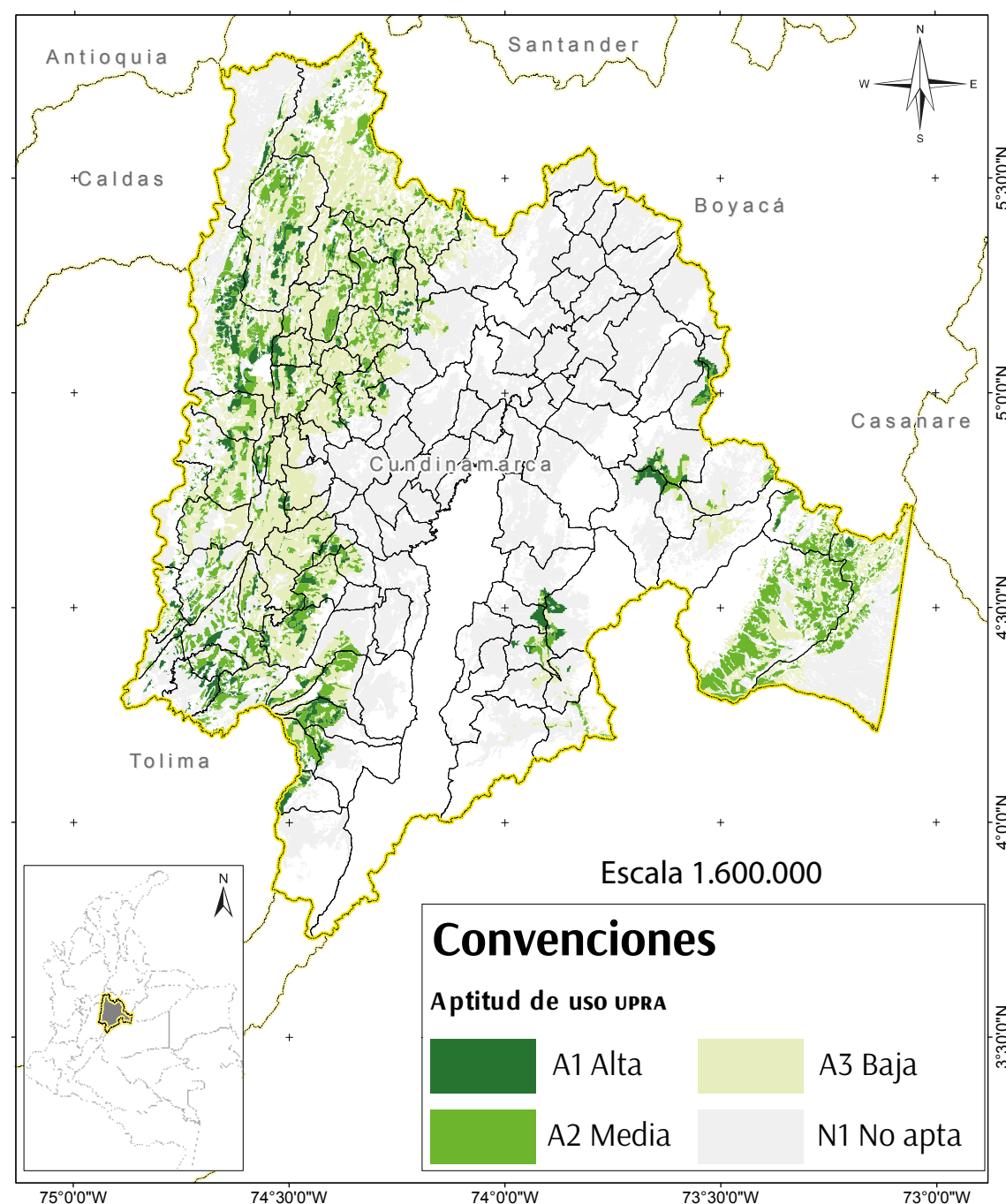


Figura 1. Mapa de aptitud de uso del suelo para el cultivo de caña de azúcar en el departamento de Cundinamarca.

Fuente: Gobernación de Cundinamarca (2018)

Descripción del clima en áreas de cultivos de caña de azúcar

Un sistema productivo como el cultivo de caña de azúcar presenta áreas cultivadas con una antigüedad de hasta 30 años. Estos cultivos se establecen en zonas de ladera y cuentan con un manejo tradicional de baja tecnificación, por lo que son altamente dependientes de las condiciones climáticas locales.

La precipitación (PPT) es una variable importante para el crecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar, que incide directamente sobre la disponibilidad de agua que tienen las plantas para garantizar sus procesos fisiológicos. De acuerdo con análisis previos realizados dentro del proyecto “Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA)” (Corpoica, 2015), el comportamiento de las lluvias en las principales zonas productoras de caña de azúcar es de carácter bimodal (figura 2), o sea que existen dos temporadas donde se alcanzan los valores mensuales más elevados de precipitación: una entre abril y mayo y otra entre octubre y noviembre. Durante estos meses, la precipitación mensual acumulada puede alcanzar valores entre 200 mm y 250 mm. En contraste, también se presentan dos temporadas de precipitación mensual acumulada con valores inferiores a 160 mm, de diciembre a marzo y de junio a septiembre (figura 2). Así, el valor de precipitación anual acumulado en las regiones de

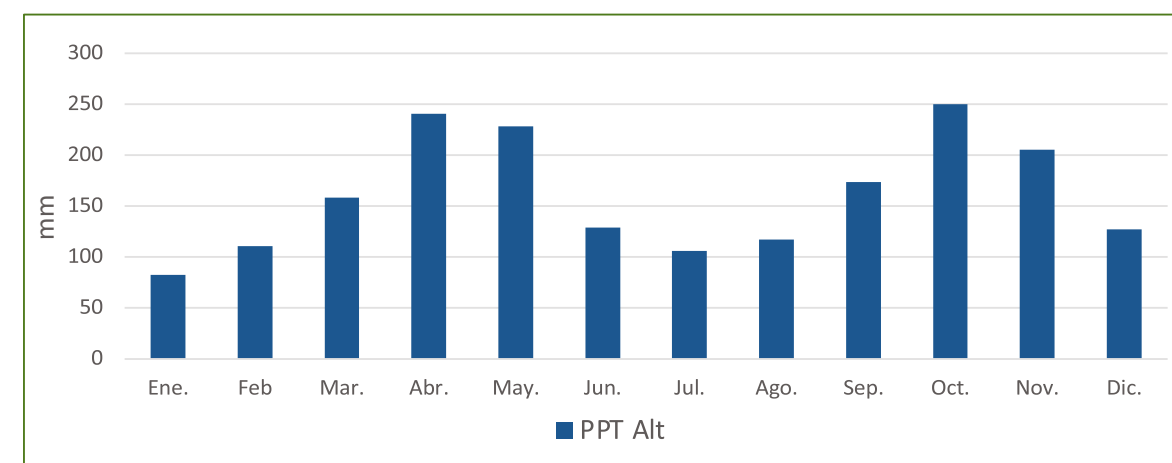


Figura 2. Distribución de la precipitación (PPT) en las zonas aptas para el cultivo de caña de azúcar.

Fuente: Corpoica (2015)





La temperatura del aire en Cundinamarca varía entre 18 y 30 °C, valores que están dentro de los rangos recomendados para el cultivo de caña de azúcar para panela.

Cundinamarca es de 1.931 mm, que supera el mínimo recomendado de 1.500 mm anuales necesario para suplir los requerimientos hídricos en el cultivo de caña de azúcar.

Otra variable relevante para el crecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar es la temperatura del aire, que tiene un impacto sobre los factores agroeconómicos y fisiológicos, puede determinar la presencia, incidencia y severidad de plagas y enfermedades, y por ende afecta la productividad del cultivo. La figura 3 muestra la distribución anual de la temperatura del aire (T) en las zonas aptas para caña de azúcar. Tal como se observa, no es alta la variación del promedio anual, pues la temperatura máxima en promedio oscila alrededor de 30 °C, la media 25 °C y la mínima alrededor de 18 °C, valores que están dentro de los rangos recomendados para este tipo de cultivo.

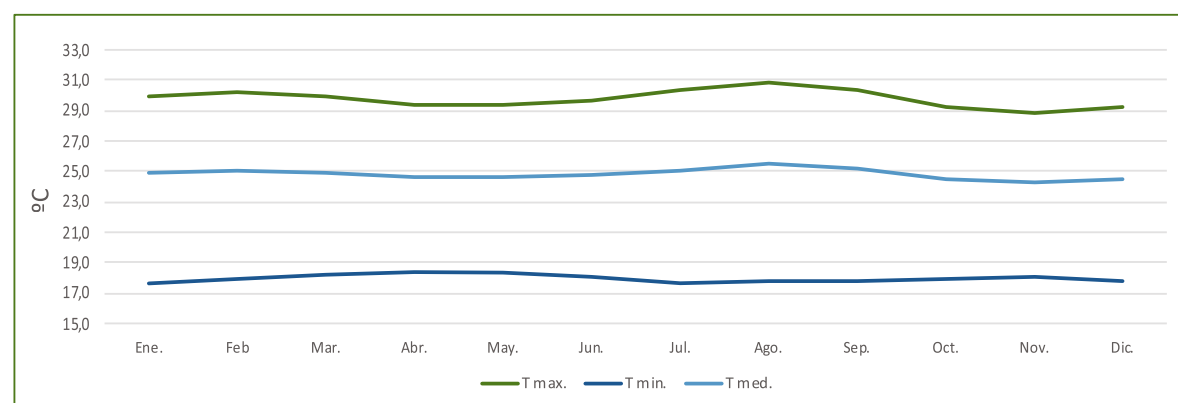


Figura 3. Distribución de la temperatura (máxima, media y mínima) en las zonas aptas para el cultivo de caña de azúcar.

Fuente: Corpoica (2015)



La humedad relativa (Hrel.) es una variable ambiental cuyo comportamiento incide en la aparición de patógenos que pueden generar una afectación de hasta 22 % en la producción de azúcares extraídos. La distribución anual de la humedad relativa coincide con los periodos máximos de lluvias (abril y octubre), cuando los valores de humedad oscilan entre 80 % y 82 %, mientras que en los periodos de bajas lluvias están entre 75 % y 78 % (figura 4).

De otro lado, el brillo solar (radiación global directa desde el sol) puede alcanzar valores máximos mensuales de hasta 188 horas en enero, mientras que puede presentar valores mínimos de hasta 130 horas en abril. El valor medio de horas de sol mensuales equivale a 158,3 horas, que está dentro del rango de luminosidad recomendado para el cultivo de caña de azúcar (figura 4).

Según la distribución espacial y temporal de las lluvias, es posible que en Cundinamarca se presenten los eventos climáticos resumidos en la tabla 1, los cuales pueden generar algún tipo de afectación sobre el cultivo de caña de azúcar.

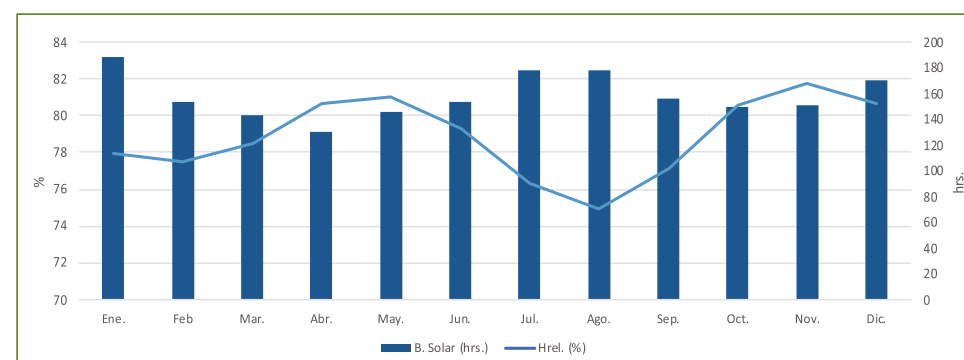


Figura 4. Distribución de humedad relativa vs. brillo solar en las zonas aptas para el cultivo de caña de azúcar.

Fuente: Corpoica (2015)



Monitorear la humedad relativa y el brillo solar de la región donde cultivamos caña de azúcar permite detectar la aparición de patógenos que podrían afectar la producción.





Los periodos prolongados de más de 90 días sin lluvias disminuyen la acumulación de azúcares para extracción.



Tabla 1. Eventos climáticos asociados a la distribución espacial y temporal de las precipitaciones

Evento	Afectación
Exceso de lluvias	Aunque la caña de azúcar es tolerante a los periodos de lluvias y puede soportar hasta más de 14 días con suelos encharcados, el incremento de la humedad relativa incide sobre la aparición de patógenos.
Déficit de agua en el suelo	Los periodos prolongados de más de 90 días sin lluvias afectan la producción de biomasa, lo que se traduce en menor acumulación de azúcares para extracción.

Fuente: Gobernación de Cundinamarca (2018)

Exceso de lluvias

Es posible que en periodos de exceso de lluvia se produzcan aumentos inadecuados de humedad en el suelo, lo cual puede propiciar pequeños movimientos de masa en las zonas de ladera y encharcamientos en las zonas con una topografía relativamente plana. Ello puede provocar pérdidas en las etapas de siembra (desarrollo de pocas plantas por metro lineal de cultivo), macollamiento (atraso en el desarrollo fisiológico), aumento de crecimiento de arvenses, incremento de labores asociadas a su manejo y erradicación, dificultad para el desarrollo de labores agronómicas, pérdida de fertilidad del suelo y bajo rendimiento de panela obtenida.

Además, al presentarse altas lluvias y fluctuaciones de temperatura (día/noche) superiores a 10 °C en regiones paneleras, puede incrementarse el desarrollo de plagas de importancia económica (artrópodos plaga y microorganismos patógenos) y secundarias.





Recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo de caña de azúcar

Existen diferentes modelos de producción para el cultivo de caña de azúcar y su selección dependerá del paisaje, la frecuencia de renovación, el área y la tecnificación disponible.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones técnicas que se pueden tener presentes para el manejo del cultivo (tabla 2).

Tabla 2. Recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo en periodos de alta precipitación

Práctica	Beneficios
Adecuada preparación del terreno	Esta labor, que se realiza antes de la siembra, garantiza una óptima porosidad del suelo, lo que permitirá un mejor movimiento del agua en el suelo y por ende una mayor capacidad de drenaje.
Aporte de materia orgánica	Ayuda a mejorar la estructura y el movimiento de agua en el suelo, y además promueve la actividad de microorganismos en la matriz del suelo. Durante su establecimiento, el cultivo de caña de azúcar realiza un aporte por deshoje natural y por acumulación de hojarasca, al presentarse un proceso de descomposición orgánica del material vegetal.
Construcción de drenajes superficiales	Esta actividad debe realizarse antes de la siembra y es recomendable que los canales de drenaje se tracen teniendo en cuenta la pendiente del terreno y realizando labores que limiten la erosión hídrica. Estos drenajes permitirán evacuar los excesos de agua del terreno, con lo cual se obtiene una mayor cantidad de aire en el espacio poroso del suelo.

Fuente: Elaboración propia



Déficit de agua en el suelo del cultivo de caña de azúcar

En condiciones de déficit de agua que se generan en épocas de bajas precipitaciones o ausencia de lluvias, lo recomendable es aplicar prácticas de manejo como el riego. En el cultivo de caña de azúcar, el riego se considera una actividad complementaria que permitirá realizar la siembra en épocas secas o aportar las necesidades hídricas requeridas por el cultivo en cualquier estado fenológico, con la finalidad de no afectar o ralentizar la actividad fisiológica de la planta y por ende su crecimiento y desarrollo.

Por las particularidades propias de este cultivo donde es predominante encontrar los clústeres productivos en sistemas agrícolas establecidos en suelos de ladera, es importante que al momento de considerar el riego como una práctica de manejo se tengan presentes las recomendaciones mencionadas en la tabla 3.

Tabla 3. Recomendaciones técnicas para el manejo del cultivo en periodos de baja precipitación

Recomendación	Descripción
Determinar cuánto regar	Para establecer la lámina de riego (volumen de agua) que se debe aplicar al cultivo, se recomienda considerar tres aspectos: 1) la capacidad de almacenamiento del suelo, que varía en función de la clase textural y la estructura; 2) el valor de la evapotranspiración (evaporación del agua desde el suelo y de la transpiración de la planta) en cada condición climática, y 3) el volumen de agua disponible a nivel predial para riego.
Establecer cuándo regar	El tiempo y la frecuencia de riego dependen del tipo de sistema de riego disponible para la aplicación de agua y de las condiciones climáticas presentes a nivel predial. Sin embargo, se sugiere monitorear de forma manual o con tensiómetros el estado de humedad del suelo, para decidir si es el momento óptimo para realizar un nuevo aporte de agua al cultivo a través del riego.
Definir cómo regar	Es importante que el método de riego utilizado no interfiera en las labores culturales propias de la caña de azúcar. Con el fin de aprovechar la ganancia de presión obtenida por las diferencias de nivel entre los puntos de mayor y menor elevación de los terrenos debido a la pendiente, se aconseja emplear sistemas de riego por aspersión o superficiales como alternativa para garantizar una aplicación eficiente y uniforme sobre el terreno.

Fuente: Elaboración propia



Se aconseja emplear sistemas de riego por aspersión o superficiales para aprovechar la ganancia de presión obtenida en zonas de pendiente.





CAPÍTULO II

Recomendaciones de fertilización

Figura 5. Proceso de análisis de fertilidad de suelo en AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

Fotos: Mónica Páramo

El análisis de fertilidad de suelo (figura 5) es la herramienta más común y adecuada para determinar las cantidades y fuentes de fertilización, así como lo es la interpretación de los resultados por parte de un agrónomo experto en el tema. Adicionalmente, los análisis nutricionales de las plantas en cultivos establecidos son cruciales para identificar deficiencias o excesos, al igual que herramientas

como el Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (SIDR), que es un conjunto de normas de diagnóstico nutricional de cultivos, mediante la calibración de la composición de los tejidos, la composición del suelo, las condiciones ambientales y prácticas integrales de manejo del cultivo. Todo esto permite realizar una planeación adecuada de fertilización para los cultivos.

1

Secado

Temperatura no mayor a 40 °C



2

Molienda y tamizaje

Molino de martillos y tamizaje a 2 mm



3

Extracción

Adición de solución extractora para cada parámetro químico



4

Cuantificación

Potenciómetro, conducímetro, absorción atómica, espectrofotómetro



Para su desarrollo, las plantas se nutren de elementos químicos esenciales como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B) y molibdeno (Mo), así como de otros elementos que las benefician y que se encuentran disponibles en el suelo (figura 6). Sin embargo, cuando no todos los elementos están disponibles y las plantas no tienen la cantidad adecuada para su desarrollo, es necesario aportarlos externamente a través de la fertilización o aplicación de enmiendas, con el fin de suplir las necesidades del cultivo o mejorar las condiciones del suelo.

Asimismo, las plantas requieren de características importantes en el suelo como la oxigenación (que favorece el crecimiento y la absorción por parte de las raíces), el contenido de materia orgánica, la presencia de microorganismos que facilitan la absorción de nutrientes (figura 6) y el contenido de agua, lo cual permite que tanto las raíces como la planta se desarrollen adecuadamente.

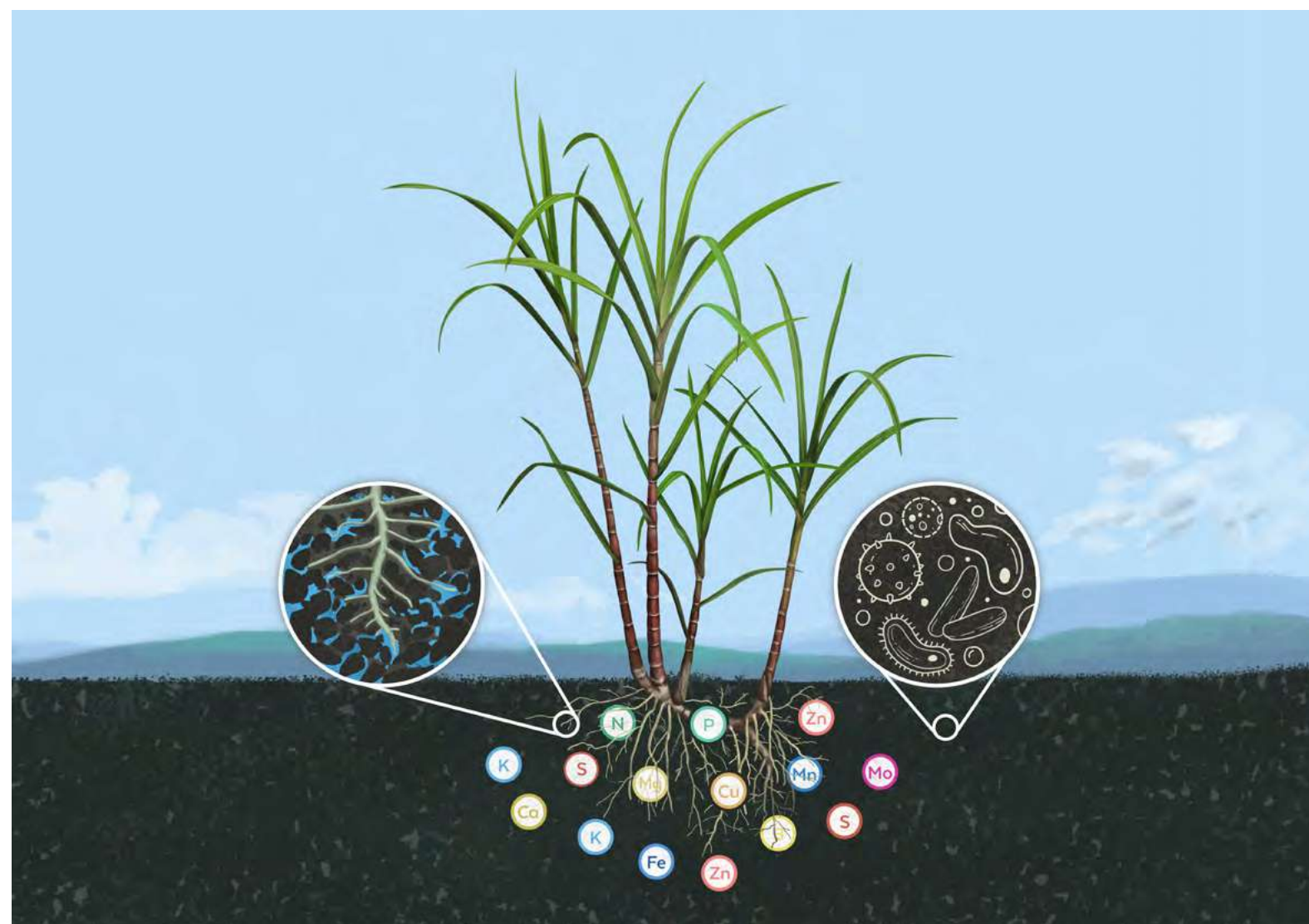
Al realizar la fertilización de un cultivo existen tres tipos de respuestas: positiva (cuando el cultivo responde satisfactoriamente y absorbe a la aplicación de fertilizantes), neutra (cuando no se evidencia ningún cambio en la planta comparado con la no aplicación de fertilizantes) y negativa (cuando el cultivo se ve perjudicado, como por ejemplo suelo compactado por baja disponibilidad de oxígeno y agua).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, luego de un manejo técnico del cultivo incluyendo la fertilización, es importante conservar y hacer uso eficiente del recurso, teniendo en cuenta un adecuado manejo de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, las cuales se presentan a continuación:

Figura 6. Absorción de nutrientes por parte de la planta.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado





Se aconseja el uso de tractores con diferentes accesorios para descompactar suelos que puedan afectar la correcta penetración de las raíces.



Propiedades químicas en los análisis de fertilidad del suelo

pH: Esta propiedad se considera como la huella digital del suelo, ya que permite su clasificación en términos de acidez y alcalinidad. El valor del pH está definido por la cantidad de hidrógenos (H) que tenga el suelo. Un ejemplo de esto es la restricción en la fertilización por nutrientes como fósforo, calcio, magnesio y potasio si el suelo es ácido (figura 7).

Materia orgánica: Con esta propiedad se define la fertilidad del suelo asociado a su contenido de carbono. El color es una característica que da indicios de su fertilidad (figura 7), pues suelos claros presentan bajo contenido de materia orgánica y suelos oscuros en climas fríos tienen poca disponibilidad de nutrientes y baja actividad biológica, aunque con buena aireación estos pueden reflejar buena fertilidad.

CIC: La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) indica la capacidad que tiene el suelo para retener cationes como calcio, magnesio, potasio y sodio. Una alta CIC indica alta concentración de bases y alta materia orgánica. Mientras que cuando hay baja CIC la fertilización se debe fraccionar para mejorar la eficiencia y evitar pérdida económica del producto.

El fósforo, bases intercambiables como calcio, magnesio, sodio y potasio, micronutrientes como hierro, cobre, manganeso, zinc y boro son elementos químicos necesarios en el suelo y su concentración estará limitada por el pH, la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico.

Propiedades físicas del suelo

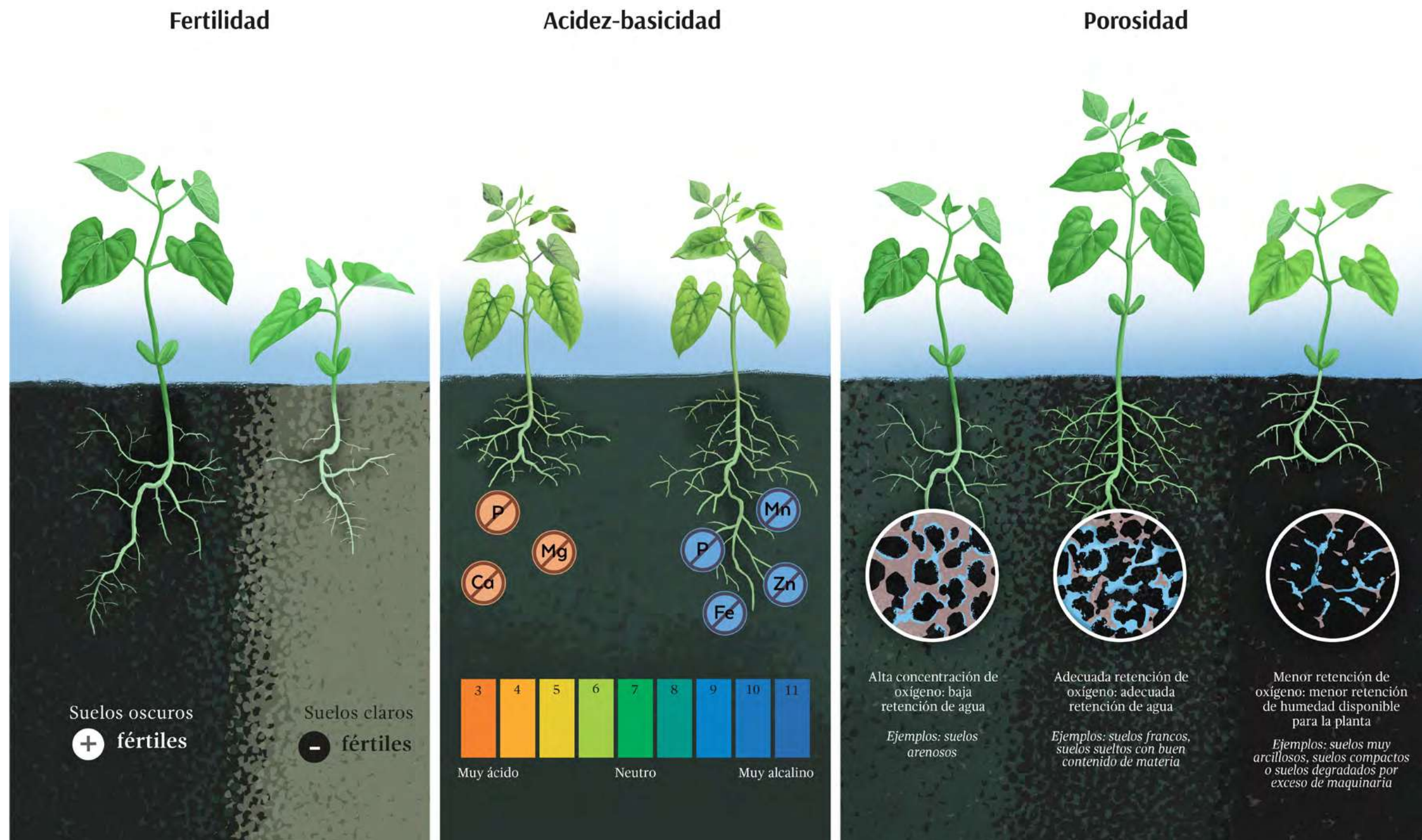
Textura: Esta propiedad controla la disponibilidad del agua en el suelo, y, por lo tanto, limita la retención de humedad. Por ejemplo, suelos arenosos tienen baja retención y suelos arcillosos presentan alta retención (figura 7). Cabe aclarar que tener alta retención no implica que el agua esté disponible. Esta propiedad se reporta por la cantidad (en porcentaje) de partículas francas, limos, arenas y arcillas.

Densidad aparente y densidad real: La densidad es un indicador del espacio poroso del suelo y su valor refleja el estado de compactación del suelo. Es por esto que, a mayor densidad se estima mayor compactación y, por lo tanto, menor capacidad para penetración de raíces. La fertilización también se ve afectada por la densidad, donde a mayor densidad la fertilización se puede ver afectada y puede haber pérdidas. En este caso se buscan opciones para descompactarlo con uso de tractor con diferentes accesorios.



Figura 7. Efecto de algunas características físicas y químicas del suelo en un cultivo.

Fuente: Elaboración propia **Ilustración:** Juan Felipe Martínez Tirado



Propiedades biológicas del suelo

El componente biológico (presencia de microorganismos) es una de las propiedades más importantes en el suelo, al permitir que los nutrientes estén disponibles para la absorción por parte de las plantas. Los suelos con un adecuado balance de microorganismos benéficos contribuyen a mejorar propiedades físicas y químicas el suelo. Sin embargo, un bajo contenido de microorganismos refleja pobreza del suelo, baja materia orgánica y posible compactación, por limitado espacio poroso y poca disponibilidad del agua.

En la actualidad están disponibles en el mercado algunos productos biológicos (figura 8) que se utilizan como estrategias de manejo de suelos. Un ejemplo de estos productos son microorganismos solubilizadores de fósforo, promotores de crecimiento y transformadores de nitrógeno a nitratos. Estos productos garantizan la conservación del suelo y permiten, en algunos casos, disminuir la aplicación de fertilizantes químicos.



Figura 8. Microorganismo *Azotobacter* spp. promotor de crecimiento.

Foto: Ivonn Gelvez



El mercado ofrece productos a base de microorganismos que optimizan la fertilización, garantizan la conservación del suelo y permiten disminuir las dosis de abonos químicos.



Evaluación química: disponibilidad de nutrientes, posibles deficiencias y posibles toxicidades.

Evaluación física: propiedades estructurales e hidrodinámicas. Determina respuesta al fertilizante, define necesidades de riego y establece momentos adecuados para la labranza.

Identifica problemas por compactación o daño estructural.

Proyecta el manejo del cultivo para mejorar la producción o disminuir costos en los fertilizantes.



Figura 9. Beneficios del análisis de suelos.

Fuente: Elaboración propia

Foto: Mónica Páramo

Importancia del análisis de suelos

El resultado del análisis de suelos permite tomar decisiones de manejo y fertilización en campo para un cultivo (figura 9). La calidad de los análisis está asociada a la competencia técnica del laboratorio, pero sobre todo a la calidad del muestreo de suelo.

La aplicación de fertilizantes depende de las necesidades del suelo y de los requerimientos nutricionales del cultivo. En algunas ocasiones esta se realiza sin conocer las necesidades específicas del suelo y del cultivo, y por ello muchas veces no se obtienen los resultados esperados. Se recomienda, entonces, contar con análisis fisicoquímico de suelos previo a la siembra, al inicio del ciclo productivo o durante su etapa de desarrollo, como una herramienta que contribuye a una adecuada toma de decisiones sobre el manejo integrado de la fertilización.



Toma de muestra de suelo en campo para análisis químico

La toma de la muestra de suelo en campo es clave para obtener resultados confiables y de calidad. Dado que al laboratorio se lleva tan solo una porción de suelo cercano a 1 kilogramo, se recomienda seguir las instrucciones para lograr la mayor representatividad posible, pues un error de muestreo puede multiplicarse en cientos o en miles de pesos. Por ejemplo: si se toma una muestra de suelo con una pala que ha

sido usada para mezclar fertilizantes o cemento u otros materiales que pueden contaminarla, se puede aumentar el contenido de calcio en la muestra de 1 a 2 $\text{cmol}_{(+)}/\text{kg}$, lo que significa un error de 8.000 kilogramos en una hectárea de suelo con densidad aparente de $1\text{g}/\text{cm}^3$ a una profundidad de 20 cm. Ello implicaría mayor inversión del agricultor y, por lo tanto, pérdida de dinero.

Siga las instrucciones de la figura 10 para recolectar las muestras:



Evite emplear herramientas que han sido usadas para otros fines diferentes a la toma de muestras de suelo, pues la contaminación de una sola porción puede representar toneladas a nivel de hectáreas y, por consiguiente, pérdida de dinero.



Figura 10. Proceso de toma de muestras de suelo.

Fuente: Elaboración propia **Fotos:** Rafael Antonio Pedraza y Mario Pedraza





El exceso de nitrógeno puede afectar la calidad del jugo de la caña, y por ende estropear la producción de panela.



Elementos de especial importancia en el cultivo de caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar absorbe gran cantidad de nutrientes para suplir sus necesidades, debido a su elevada producción de biomasa y a la prolongada producción de su ciclo. Dentro de los nutrientes se destacan los llamados elementos mayores: nitrógeno, fósforo y potasio (NPK).

Nitrógeno: Esencial durante la etapa inicial de desarrollo para la obtención de altas producciones en caña de azúcar, puesto que estimula el crecimiento y contribuye a un macollaje más fuerte. Sin embargo, el exceso de este elemento tiene efectos negativos en la calidad del jugo, por lo que es importante contar con un balance adecuado entre producción y calidad del jugo, que finalmente se traduce en la producción de panela.

Fósforo: Es muy importante para el desarrollo de las raíces, el crecimiento temprano de brotes, el incremento de la productividad temprana y la extensión de los entrenudos. El proceso de clarificación de los jugos para la obtención de panela requiere una concentración mínima de 300 mg/L de fósforo (P_2O_5).

Potasio: Estimula un fuerte desarrollo de la caña de azúcar, buena longitud de los entrenudos, mayor circunferencia y producción. Cuando el contenido de nitrógeno es alto y el de potasio es crítico se aumentan los azúcares reductores y disminuye la pureza y la sacarosa, y por ende el rendimiento es menor. La

deficiencia de este elemento limita el movimiento de los azúcares de las hojas (origen) a los tallos (almacenamiento). Por lo tanto, el requerimiento de este elemento para el cultivo de caña de azúcar es alto, el cual se estima en 220 kg de potasio (K_2O) para 100 toneladas de materia vegetal.

La tabla 4 muestra la cantidad promedio de nutrientes extraídos por el cultivo de caña de azúcar; sin embargo, es importante saber que la extracción de nutrientes dependerá de la variedad, el tipo de suelo, las prácticas de manejo y todos los factores que intervienen en el ciclo del cultivo.

Tabla 4. Promedio de nutrientes extraídos por el cultivo de caña de azúcar

Nitrógeno extraído	kg ha ⁻¹							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Nitrógeno (N)	126-165	1, 2-1, 4	5, 9-10, 4	1,53	180	612	709	576
Fósforo (P_2O_5)	78-94	0, 5-0, 9	3,7	0,43	30	31	37	30
Potasio (K_2O)	233-276	5	16	2,85	245	240	296	240
Calcio (CaO)	173-181	1,3	16,8	1,15	90	63	71	59
Magnesio (MgO)	139-168	1,2	-	0,43	55	35	43	31
Azufre (S)	-	-	-	-	30	135	158	118
Hierro (Fe)	-	-	-	-	12	3,64	4,17	3,71
Manganeso (Mn)	-	-	-	-	1	3,98	3,83	3,49
Cobre (Cu)	-	-	-	-	0,2	80,8	74,2	65,3
Zinc (Zn)	-	-	-	-	1,8	1,05	1,24	0,95
Boro (B)	-	-	-	-	0,4	0,27	0,30	0,26

1. 50 t ha⁻¹ de caña, variedad POJ 27-14. 2. 1 t de caña. 3. 1 t de azúcar. 4. 1 t de tallos, variedad CC 83-25 (Cassalett, Torres & Isaacs, 1995). 5. 100 t de caña, variedad CC 85-92 (Muñoz, 2011). 6. 100 t de caña, variedad RD 75-11 (Corpoica, 2016) en la HRS. 7. 100 t de caña, variedad CC 93-7711 (Corpoica, 2016) en la HRS. 8. 100 t de caña, variedad CC 93-7510 (Corpoica, 2016) en la HRS.

Fuente: Rodríguez et al. (2020)



Factores para leer e interpretar correctamente el análisis de fertilidad del suelo y la recomendación de fertilización

Los resultados de análisis de suelo están compuestos por varias etapas: información del cliente, parámetros evaluados, resultados de laboratorio, niveles críticos de interpretación, diagnóstico y cantidad de nutrientes aportados en el plan de fertilización, y dosis de fertilizantes y dosis de aplicación. Los resultados se grafican en términos de alto, medio y bajo (figura 11) para que el agricultor pueda evidenciar e interpretar con mayor comprensión los resultados y saber en qué elementos químicos debe enfocar la fertilización.

Plan de fertilización: Recomendación útil para productores con bajo nivel técnico en sus cultivos o para cualquier persona que desee interpretarlo, o que no cuente con asistencia técnica permanente.

El diagnóstico de los resultados indica el estado del suelo en términos de fertilidad, identifica los elementos que se deben aportar y determina si hay que realizar algún acondicionamiento al suelo para la adecuada nutrición del cultivo (figura 12).

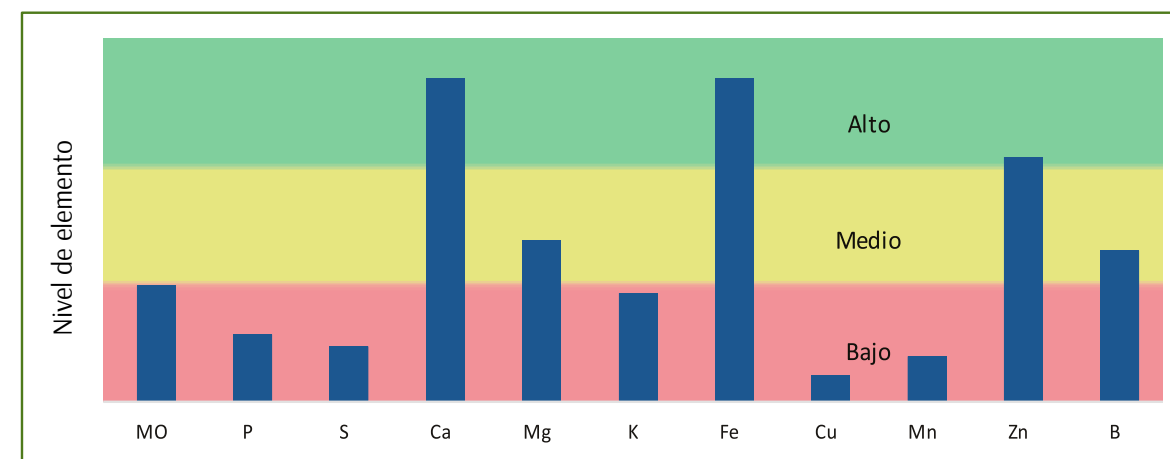


Figura 11. Gráfica de interpretación del análisis presentado en el informe de resultados de fertilidad de suelos entregado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

DIAGNÓSTICO DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

Suelo de reacción neutra, sin problemas por acidez, no es necesaria la aplicación de enmiendas calcáreas. Disponibilidad moderada de Nitrógeno considerando el porcentaje medio de materia orgánica, se recomienda la aplicación de Nitrógeno. Para el Fósforo y el Azufre, se recomienda su aplicación debido a sus bajos contenidos en el suelo. Para las bases de cambio Calcio, no se recomienda su aplicación, para Magnesio y Potasio, se recomienda su aplicación debido a sus moderados niveles edáficos. En cuanto a los micronutrientes es recomendable la aplicación de Manganeso y Boro, como consecuencia de sus bajas concentraciones nativas, para Hierro y Zinc, no se recomienda su aplicación actualmente.

Figura 12. Ejemplo de diagnóstico de análisis de suelo en el plan de fertilización entregado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia





CANTIDAD DE NUTRIENTES APORTADOS EN EL PLAN DE FERTILIZACIÓN

NITRÓGENO	FÓSFORO	POTASIO	CALCIO	MAGNESIO	AZUFRE	HIERRO	MANGANESO	ZINC	BORO
Kg/ha									
104.0	80.0	10.0	0.0	20.0	220	0.0	3.0	0.0	1.0

Figura 13. Ejemplo de cantidad de nutrientes aportados a partir de la interpretación de un análisis de suelo para el cultivo de caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia

DOSIS DE FERTILIZANTE Y ÉPOCA DE APLICACIÓN

Aplicar en banda incorporado al momento de la siembra o 5-10 días después de soca las siguientes fuentes fertilizantes

- 15-15-15 250.0 kg/ha
- Sulfato de Manganese 5.0 kg/ha
- Bórax 10.0 kg/ha

Aplicar en banda incorporado cerca de 90 días después de Siembra o soca las siguientes fuentes fertilizantes

- 15-15-15 280.0 kg/ha
- KCl 35.0 kg/ha
- Sulfato de Magnesio 125.0 kg/ha
- Urea 55.0 kg/ha

Figura 14. Ejemplo de dosis y épocas de aplicación en una muestra de suelo para el cultivo de caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de nutrientes aportados en el plan de fertilización para una hectárea: En esta sección se indica la cantidad del nutriente que está recomendando el agrónomo con la fertilización según los resultados. Esta información es útil para personal técnico, asesores o agrónomos cuando la fuente de fertilización no se consigue en el comercio, pues con estos valores se puede calcular una nueva fuente (figura 13).

Dosis de fertilización y época de aplicación: de acuerdo con los resultados del análisis de suelo, el agrónomo calcula la cantidad de fertilizantes que se deben aplicar, según la edad del cultivo y la época. AGROSAVIA recomienda fuentes genéricas para evitar compromisos comerciales

La recomendación del fertilizante genérico tiene en cuenta la solubilidad del producto y la movilidad del nutriente en el suelo; normalmente, la aplicación de los nutrientes con baja movilidad se fracciona dos veces al año, como los micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn), y los nutrientes solubles se fraccionan más de dos veces al año dependiendo del cultivo, como por ejemplo el nitrógeno (figura 14).

Para tener en cuenta: El análisis de suelo es una herramienta importante para el agricultor en la toma de decisiones, ya que le permite conocer las necesidades de nutrientes del suelo, qué fertilizantes o enmiendas puede aplicar, hacer ajustes al plan de fertilización para favorecer un buen manejo agronómico del cultivo, evitar los sobrecostos de fertilización y optimizar sus recursos. Se recomienda realizar el análisis de suelo de manera frecuente para mejorar los diagnósticos.





CAPÍTULO III

Principales plagas del cultivo de caña de azúcar

A continuación, se presentan las principales plagas (tabla 5) y los principales microorganismos patógenos (tabla 6) que tienen un impacto económico potencial en el sistema productivo de la caña de azúcar.

Gusano barrenador de la caña: *Diatraea saccharalis*.

Foto: Stephanie Numa

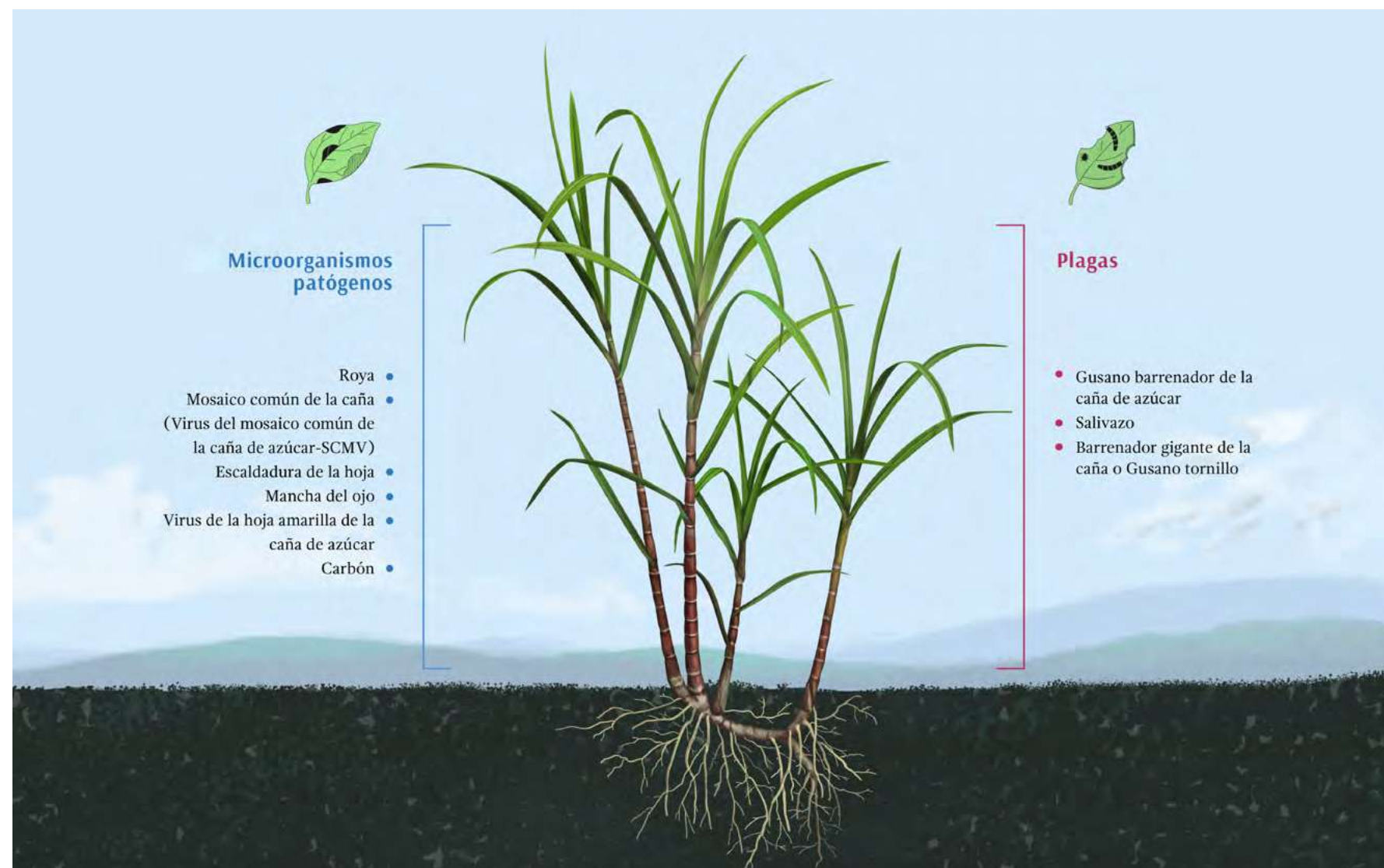


Figura 15. Principales plagas (insectos y microorganismos) que afectan el sistema productivo de caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración: Juan Felipe Martínez Tirado



Billaea sp., parasitoide de *Diatraea saccharalis*.
Foto: Yuly Sandoval



Tabla 5. Plagas limitantes en el cultivo de caña de azúcar

Nombre común	Nombre científico (Orden: Familia)	Síntomas	Tipos de manejo
Gusano barrenador de la caña de azúcar	<i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae)	Apariencia de raspado en hojas y tallos a causa de alimentación por parte de larvas. Presencia de galerías en la vaina de las hojas (yagua). Presencia de hoja bandera seca y perforaciones en el tallo por el ingreso de la larva, que construye galerías al interior del tallo y se alimenta del tejido interno (“corazón muerto”).	Control químico: aplicación de insecticidas de síntesis química, empleando cebos. Control biológico: liberación de parasitoides como <i>Trichogramma</i> spp., <i>Cotesia flavipes</i> o <i>Billaea</i> sp.
Salivazo	Se conforma por el complejo de especies de insectos como <i>Aeneolamia varia</i> (F.) y <i>Mahanarva</i> spp.	Presencia de lesiones amarillentas en las hojas alrededor de la zona de inserción del aparato bucal de los adultos del insecto por succión de la savia, que se agrandan con el paso del tiempo y se secan mostrando un efecto de follaje quemado. Presencia de saliva de las ninfas adherida a los tallos, que reduce la capacidad fotosintética y afecta la clarificación de los jugos de la caña de azúcar.	Control químico: aplicación de insecticidas sistémicos. Control cultural. Control biológico: uso de bioproductos a base de hongos y nematodos entomopatógenos.
Barrenador gigante de la caña de azúcar o gusano tornillo	<i>Telchin licus</i> (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae)	Marchitamiento progresivo por alimentación de larvas en retoños. Presencia de galerías de 1 cm de diámetro, destrucción de tallo, hojas secas y amarillas. Los orificios en tallos permiten el ingreso de microorganismos patógenos como hongos, para posteriormente generar la muerte y volcamiento de la planta.	Control cultural: recolección de larvas de forma manual en el cultivo. Control biológico: aplicación de insumos a base de hongos entomopatógenos.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 6. Microorganismos patógenos limitantes en el cultivo de caña de azúcar

Nombre común	Nombre científico	Síntomas	Tipos de manejo
Carbón	<i>Ustilago scitaminea</i> Syd. & P. Syd. (1907)	Este hongo inicia el proceso de infección con la germinación de las esporas en condiciones adecuadas de humedad y de temperatura. Afecta la plántula, formando una estructura parecida a un látigo, que es el síntoma característico de la enfermedad. La infección también puede ocurrir en las yemas de los tallos adultos, generando brotes conocidos como “lalas”. Otro síntoma es la formación de entre 25 o más brotes de tipo herbáceo, que no tienen valor en la molienda.	Siembra de variedades resistentes a la enfermedad. Establecimiento de semilleros con material sano.
Roya	<i>Puccinia melanocephala</i> Syd. & P. Syd. (1907)	Esta enfermedad producida por el hongo ataca las hojas y se presenta con mayor intensidad en plantas cercanas a los 4 meses de edad. Los síntomas iniciales son pequeñas manchas cloróticas y alargadas de color amarillento que aparecen en las hojas; a medida que aumentan de tamaño, el color cambia a marrón, con un halo de color amarillo pálido. Las lesiones forman pústulas en el envés de la hoja. En ataques de nivel severo, las lesiones se pueden unir formando zonas grandes de color rojizo oscuro que ocasionan el desecamiento de la hoja.	Siembra de variedades resistentes a la enfermedad. La fertilización con nitrógeno y la aplicación de riego estimula la producción de nuevo follaje sano libre de infección.
Escaldadura de la hoja	<i>Xanthomonas albilineans</i> (Ashby) Dowson	Esta enfermedad presenta tres estados: fase crónica, fase aguda y fase latente. La enfermedad presenta un síntoma común caracterizado por estrías continuas y de color blanco. La fase aguda se caracteriza por causar la muerte de la planta de manera súbita, sin que se hayan presentado síntomas. En la fase latente, la enfermedad no se evidencia de manera fácil y generalmente se presenta en variedades tolerantes.	Siembra de variedades resistentes. Selección adecuada de semillas y entresaque de material enfermo.

Nombre común	Nombre científico	Síntomas	Tipos de manejo
Mancha del ojo	<i>Bipolaris sacchari</i>	Durante los primeros días de infección se desarrollan lesiones de machas pequeñas color rojizo en ambos lados de la hoja. Posteriormente, esta mancha cambia de color rojo a gris. Cuando la infección es muy alta, las plantas pueden morir después de 12 a 14 días de siembra.	Siembra de variedades tolerantes y un buen manejo agronómico del cultivo (manejo integral).
Mosaico común de la caña	Virus del mosaico común de la caña de azúcar (SCMV)	Esta enfermedad se caracteriza por la presencia de zonas de color amarillo y verde claro y en ocasiones clorótico en la lámina foliar; la clorosis es variable según la variedad de caña y la variante del virus. Las plantas en estadio joven presentan los síntomas de forma más visible, y a medida que madura la planta se produce necrosis en toda la hoja y quedan completamente atrofiadas y estériles. La alta concentración del inóculo y la presencia de poblaciones de insectos vectores favorece la diseminación de la enfermedad. El principal vector es el pulgón <i>Rhopalosiphum maidis</i> Fitch. También se presenta infección de forma mecánica.	Eliminación o erradicación de las plantas infectadas y de malezas. Control biológico o químico de los pulgones. Establecimiento de semilleros sanos, resistentes, libres del virus y utilización de variedades mejoradas.
Virus de la hoja amarilla de la caña de azúcar	Sugarcane yellow leaf virus	La enfermedad causa sintomatología grave asociada con bajo crecimiento, cambio de coloración de las hojas y aspecto de ramillete. En infecciones severas, la fusta foliar se seca junto con las hojas y la parte superior adquiere apariencia de ramillete. La transmisión se realiza por los pulgones y por semilla contaminada, no se transmite por herramientas mecánicas.	Control de los vectores pulgones de forma biológica, química o física (trampas adhesivas). Limpieza de las hojas maduras, con el fin de evitar la presencia de pulgones. Como medidas preventivas se deben sembrar semillas libres de virus, primero en vivero y luego trasplantarlas al cultivo.

Fuente: Elaboración propia





CAPÍTULO IV Análisis de calidad de caña de azúcar

Alto contenido de sacarosa

Bajo contenido de materiales extraños

Bajo contenido de sólidos solubles, diferentes de la sacarosa

Bajos niveles de fibra



La caña de azúcar compuesta por tallos se utiliza a nivel agroindustrial para la elaboración de panela, la obtención de azúcar y sus derivados. La definición de la calidad del cultivo de caña de azúcar depende de los cultivares, las condiciones agroclimáticas, el manejo agronómico durante el desarrollo del cultivo y la adecuada y oportuna fertilización suministrada durante el cultivo. Por ello, existen diferentes análisis fisicoquímicos con los que se determina la calidad nutricional del cultivo, como el análisis de nutrientes del tallo y el análisis de la calidad del tallo y los productos agroindustriales intermedios (jugos, meladura, bagazo y mieles).

La calidad de la caña de azúcar que llega a molienda está dada por la cantidad de azúcar recuperable o el rendimiento que se obtiene por tonelada de caña de azúcar molida, que depende de sus características químicas (figura 16).

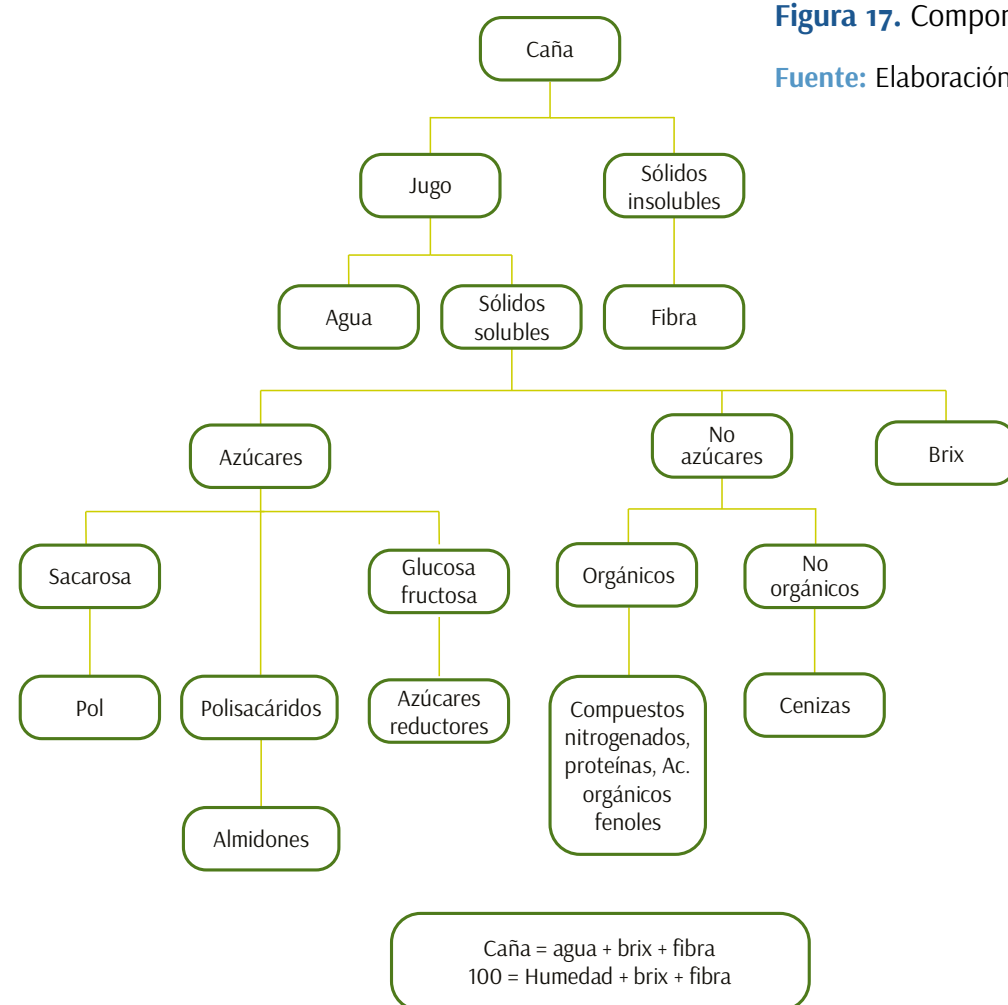
Figura 16. Calidad de la caña de azúcar según sus características químicas.

Fuente: Elaboración propia **Foto:** Andrea Ballesteros



Figura 17. Componentes tecnológicos de la caña de azúcar.

Fuente: Elaboración propia con base en Larrahondo (2014)



Evaluar la calidad del jugo de caña de azúcar, principal producto intermedio, permite identificar la mejor época de corte y cosecha (control de maduración) y predecir los posibles rendimientos y efectos de la cosecha. Adicionalmente, con el análisis del jugo de caña de azúcar es posible comparar variedades, observar la influencia del suelo y determinar el efecto de tiempo de cosecha en relación con la edad y la época del año.

La constitución física y química de los tallos de la caña de azúcar se describe en la figura 17:

Dependiendo de la variedad de la caña de azúcar, sus compuestos químicos difieren y, por lo tanto, también su calidad. Entre dichos compuestos están los *fenoles*, que son los encargados del aporte de color en el jugo de caña de azúcar y por ende, en sus productos derivados, como la panela. La figura 18 muestra una gama de colores donde se puede observar que el mayor color es aportado por la parte apical y las hojas jóvenes, aunque también es el área que presenta el mayor aporte de impurezas y menor calidad en términos de sólidos solubles (tabla 7). En ese sentido, el corte del tallo se convierte en una práctica importante a la hora de determinar la calidad.

Tabla 7. Contenido de sacarosa y pureza del jugo de un tallo de caña de azúcar con base en la figura 18

Parámetros de calidad	Partes del tallo de la caña de azúcar					
	A	B	C	1	2	3
Brix del jugo de caña de azúcar	20,8	17,8	15,9	11,7	10,0	7,5
Pureza del jugo de caña de azúcar	94,0	87,2	81,5	60,6	50,2	29,7
% del peso total del tallo	78,6	2,3	2,0	1,5	1,3	12,7

Fuente: Castillo et al. (2015)

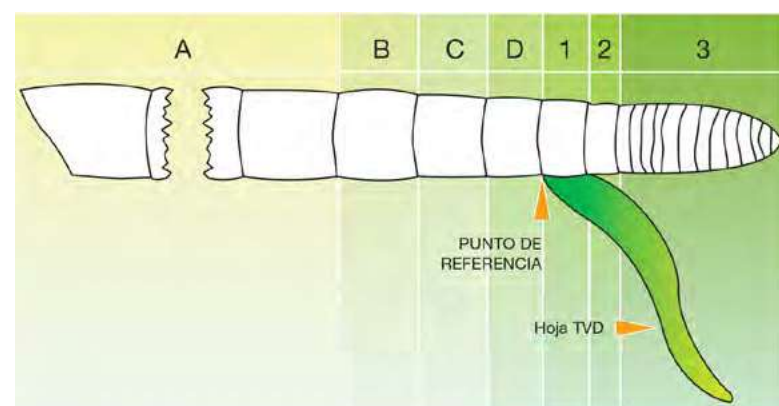


Figura 18. Configuración general de un tallo de caña de azúcar.

Fuente: Castillo et al. (2015)



Indicadores de calidad de la caña de azúcar

Un indicador de calidad se refiere a un conjunto de parámetros registrados en periodos de tiempo claves que permitirá la toma de decisiones de acuerdo a un fin. A continuación, se relacionan indicadores de calidad nutricionales asociados a los nutrientes que la planta necesita para su crecimiento y desarrollo (tabla 8) y los indicadores de la caña de azúcar a partir del jugo de caña de azúcar, los cuales determinan la calidad del producto después del corte y permiten inferir la calidad de los subproductos que se desarrollen a partir de este, como la panela (tabla 9).

Tabla 8. Indicadores nutricionales de la caña de azúcar

Macronutrientes	Carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).
Elementos secundarios	Calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).
Elementos menores	Boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Indicadores de calidad de la caña de azúcar a partir del jugo de caña de azúcar

Sacarosa	Porcentaje (%) suma de glucosa y fructosa
Glucosa	Porcentaje (%), azúcar invertido o azúcar reductor
Fructosa	Porcentaje (%), azúcar invertido o azúcar reductor
Sólidos totales solubles	Grados Brix
Fibra	Porcentaje (%)
Pureza	Porcentaje (%)
Humedad	Porcentaje (%)

Fuente: Elaboración propia

Composiciones nutricionales de la caña de azúcar y sus subproductos en Colombia

Con el fin de conocer las concentraciones aproximadas de los indicadores de calidad de la caña de azúcar, el jugo de caña de azúcar y los subproductos de la caña de azúcar, a continuación se relacionan los rangos aproximados en porcentaje que han sido compartidos en diferentes publicaciones científicas y que pueden ser de gran ayuda en el momento que se desee comparar con los resultados que el productor tenga en su cultivo (tablas 10, 11 y 12).

Tabla 10. Composición fisicoquímica de la caña de azúcar (tallos) y del jugo de caña de azúcar (sólidos solubles)

	Componente	Porcentaje (%)
Tallo	Agua	73-76
	Sólidos (sólidos solubles: Brix)	10-16
	Sólidos (fibra seca)	11-16
Jugo	Azúcares (sacarosa)	75-92
	Azúcares (glucosa)	70-88
	Azúcares (fructuosa)	2-4
	Sales (inorgánicas)	3,0-3,4
	Sales (orgánicas)	1,5-4,5
	Ácidos orgánicos	1-3
	Aminoácidos	1,5-5,5
	Otros	1,5-5,5

Fuente: Meade y Chen (1977)



Tabla 11. Composición nutricional de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Colombia

	Materia seca	Ceniza	Extracto etéreo	Proteína bruta	Extracto libre de nitrógeno	Fibra bruta	Fibra en detergente neutro	Fibra en detergente ácido	Calcio	Fósforo	Autor
	Porcentaje (%)										
Caña de azúcar picada	31,0	-	-	3,5	-	-	-	-	-	-	Villar (2010).
Caña de azúcar integral	-	-	-	4,0	-	-	52,6	29,7	0,3	0,15	Albarracín et al. (2004).
Caña de azúcar molida	98,0	-	-	1,5	-	-	44,8	35,2	-	-	Aguirre et al. (2010).
Forraje de caña de azúcar	34,3	-	-	3,9	-	-	-	-	0,4	0,09	Fundora et al. (2007).
Caña de azúcar	33,5	-	-	4,8	-	-	64,9	50,3	0,2	0,20	Rodríguez et al. (2009).
Caña de azúcar	29,0	-	-	2,4	-	30,8	-	-	0,2	0,10	García et al. (2016)
Caña de azúcar	26,2	6,2-6,4	1,9	2,0-5,4	56,4	27,9	69,0	40,1	0,2-0,5	0,09-0,14	Moreno (2007)

Fuente: Lagos-Burbano & Castro-Rincón (2019)

Tabla 12. Composición química y mineral de los subproductos de la agroindustria de la caña de azúcar

Componente	Cogollo	Bagazo	Cachaza	Melote
MS (%)	25,0	44,6	25,5	44,8
H (%)	75,0	55,4	74,5	55,2
CEN (%)	6,4	2,3	3,4	10,7
MO (%)	93,6	97,7	96,6	89,4
PC (%)	4,9	2,2	9,9	11,1
EE (%)	0,7	0,4	7,6	4,9
FC (%)	28,3	33,3	0,5	0,2
FDN (%)	68,2	71,8	-	-
FDA (%)	44,5	40,7	-	-
Hemicel (%)	23,7	31,1	-	-
CEL (%)	40,3	34,1	-	-
LIG (%)	4,2	6,6	-	-
N (%)	0,7	0,5	1,8	1,1
P (%)	0,2	0,1	0,2	0,1

Componente	Cogollo	Bagazo	Cachaza	Melote
K (%)	2,1	1,9	1,8	0,5
Ca (%)	0,3	0,1	0,2	0,1
Mg (%)	0,2	0,1	0,1	0,1
S (%)	0,2	0,1	0,2	0,1
Fe (mg/kg)	78,2	1241,3	1330,0	1078,9
Cu (mg/kg)	< 3	4,1	28,6	32,4
Mn (mg/kg)	34,1	36,1	45,2	45,1
Zn (mg/kg)	26,0	11,0	93,5	59,0
B (mg/kg)	1,6	1,9	2,1	4,5
C (mg/kg)	45,6	47,8	56,7	58,3

MS: materia seca; H: hidrógeno; CEN: cenizas; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FC: formadores de colonias; FDN: fibra en detergente neutro; FDA: fibra en detergente ácido; Hemicel: hemicelulosa; CEL: celulosa; LIG: lignina.

Fuente: Lagos-Burbano & Castro-Rincón (2019)





CAPÍTULO V Productos y servicios de AGROSAVIA

AGROSAVIA pone a disposición del sector agropecuario colombiano y demás actores del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) ofertas tecnológicas (OT) desarrolladas mediante procesos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), con el propósito de mejorar la vida de productores y consumidores (tabla 13).

Específicamente para el sistema productivo de caña de azúcar, las OT se centran en dos variedades de caña de azúcar para la producción de panela: CC 93-7510 y CC 93-7711).

Tabla 13. OT específicas para el sistema productivo de caña de azúcar

Servicio o producto	Descripción	
Variedad de caña de azúcar para la producción de panela cc 93-7510		La variedad de caña de azúcar cc 93-7510 presenta rendimientos experimentales de 127,4 toneladas de caña de azúcar por hectárea (TCH) y 14,1 toneladas de panela por hectárea (TPH), así como resistencia a las principales enfermedades de la caña de azúcar. Se adapta a las condiciones de ladera en las regiones donde se desarrolló el sistema tecnificado y con un ciclo vegetativo entre 13 y 15 meses, de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar.
Variedad de caña de azúcar para la producción de panela cc 93-7711		La variedad de caña de azúcar cc 93-7711, disponible para condiciones de ladera, alcanza rendimientos de 127,4 TCH y 14,1 TPH, con un ciclo vegetativo aproximado de 16,3 meses, deshoje natural en campo, buen macollamiento y poca pelusa. Es tolerante a algunas de las enfermedades de importancia económica, como la roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>), la roya del café (<i>Puccinia melanocephala</i>), el carbón de la caña de azúcar (<i>Sporisorium scitamineum</i>), la escaldadura de la hoja (<i>Xanthomonas albilineans</i>), el virus de la hoja amarilla (SCYLV) y el raquitismo de la soca (<i>Leifsonia xyli</i>).

Fuente: Elaboración propia
Fotos: Mónica Páramo



AGROSAVIA también presta servicios de análisis de fertilidad completa en suelo y en material vegetal, análisis de agua para riego y análisis microbiológico de suelo (tabla 14).

Tabla 14. Servicios y productos de AGROSAVIA

Servicio o producto	Descripción	
Análisis de fertilidad completa		Análisis de suelo que se usa como herramienta para diagnosticar el estado del suelo, posibles deficiencias de nutrientes o necesidades de encalado que sirvan en la toma de decisión en las necesidades de abonado del cultivo. El análisis denominado “Fertilidad completo de suelo” que ofrece AGROSAVIA presenta los siguientes parámetros: pH, materia orgánica, fósforo disponible, azufre disponible, conductividad eléctrica, calcio, magnesio, potasio y sodio intercambiables, micronutrientes hierro, manganeso, zinc y boro, aluminio y acidez intercambiable, y los cálculos derivados de saturación de bases de cambio.
Análisis completo en material vegetal		Análisis de la planta (raíz, tallo, hoja, fruto) que permite conocer su estado nutricional, con miras a la toma de decisiones de abonado o complementos al plan de abonado. Comprende el análisis de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, zinc y boro.
Análisis de agua para riego		Permite conocer las características del agua para definir medidas correctivas, por ejemplo de pH o dureza para las aplicaciones de agroquímicos o para el balance nutricional en cultivos en sistemas de fertirriego. Dentro de este paquete de servicio se encuentra la determinación de pH, conductividad eléctrica, los cationes calcio, magnesio, potasio, sodio, y los aniones, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos y los elementos hierro y boro.
Análisis microbiológico de suelo		Hace un recuento de bacterias presuntivas fijadoras de nitrógeno, recuento de bacterias presuntivas solubilizadoras de fósforo, recuento de bacterias mesófilas aerobias, hongos totales y actinomicetos.

Fuente: Elaboración propia
Fotos: Mónica Páramo



Además, se cuenta con la aplicación HornillApp (<http://hornillapp.agrosavia.co:7000>), que permite al usuario sin conocimiento especializado determinar las dimensiones de hornillas azúcares eficientes y obtener un diseño sugerido con su respectivo análisis económico, a partir de datos básicos de su cultivo.

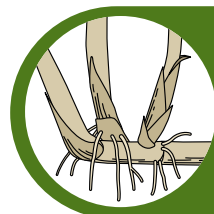
Finalmente, por medio de la alianza con la empresa de mensajería Efecty - Servientrega, AGROSAVIA pretende facilitar a los productores colombianos el proceso para la solicitud y envío de muestras para análisis de suelos. Puede acercarse a un punto Efecty - Servientrega y realizar el proceso logístico de compra de bolsas y envío de las muestras para análisis en laboratorios de AGROSAVIA. Esta alianza se ha convertido en una herramienta fundamental para la ejecución de planes de fertilización de acuerdo con las condiciones y características del suelo y sistema productivo.

Hoy en día se tienen habilitados puntos de envío de muestras de suelos en 31 departamentos y 876 municipios. Para conocerlos, ingrese a https://www.agrosavia.co/media/3799/puntos-agrosavia-efecty-servientrega_2019.pdf

Para más información, escribanos a atencionalcliente@agrosavia.co

	Consulte el portafolio de servicios para el agro colombiano en: https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/servicios-de-laboratorio
	Adquiera los productos y servicios de AGROSAVIA ingresando directamente a la tienda virtual en: https://agrosavia.vendty.com
	En la comunidad de extensionistas y asistentes técnicos de Colombia de AGROSAVIA, Linkata (https://www.linkata.co/), se pueden intercambiar experiencias, conocimientos y establecer diálogos en los foros y blogs con temáticas especializadas y estratégicas para el agro.





Referencias

- Acevedo, R. & De Lima, N. (2002). Alteraciones estructurales producidas en yemas de caña de azúcar durante el proceso de infección del hongo *Ustilago scitaminea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 19, 212-215. <http://www.reviberoammicol.com/2002-19/212215.pdf>
- Aguirre, J., Magaña, R., Martínez, S., Gómez, A., Ramírez, J. C., Barajas, R., Plascencia, A., Barcena, R., & García, D. E. (2010). Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Tropical*, 28(4), 489-497. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So798-72692010000400005
- Albarracín, L. C., Sánchez, L., & García, G. (2004). *Caña de azúcar ensilada: una alternativa de alimentación para ganado bovino en confinamiento*. Repositorio Agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/15268/42699_46796.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castillo, R., Aucatoma, B., Garcés, F., & Mendoza, J. (2015). *Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar*. DOI: 10.13140/RG.2.1.1398.1528
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [Corpoica]. (2015). *Sistema de apoyo para la toma de decisiones agroclimáticamente inteligente SE-MAPA*. <http://www.corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/SEMapa/>
- Federación Nacional de Productores de Panela [Fedepanela]. (2020). *La vida sabe a panela*. http://www.sipa.org.co/wp/wp-content/uploads/CIFRAS_2020_FEDEPANELA.pdf
- Fundora, O., Martín, P. C., Vera, A. M., & Hernández, J. L. (2007). Comportamiento productivo, conducta alimentaria y composición de las canales de machos cebú en la etapa de ceba, alimentados con caña de azúcar y concentrados mezclados o no. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(1), 31-34.
- García, R., Vinent, E., Sardiñas, Y., & González, M. R. (2016). Protein foliage (kenaf and cassava) in rations of sugarcane without urea, for dairy cows. *Pastos y Forrajes*, 39(3), 203-207. http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v39n3/en_pyf09316.pdf
- Gobernación de Cundinamarca. (2018). *Manual de interpretación-Evaluación de tipos de uso de la tierra*. http://cundinet.cundinamarca.gov.co/portal/agricultura/manual_interpretacion_evaluacion_de_tierras/index.html
- Lagos-Burbano, E., & Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 917-934. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43760145020>
- Larrahondo, J. E. (2014). *Análisis de caña de azúcar. Fundamentos y procedimientos de laboratorio*. Catorse SCS.
- Meade, G. P.; Chen, J. C. P. (1977). *Cane sugar handbook* (10a ed.). John Wiley and Sons.
- Moreno, F. L. (2007). *La caña de azúcar (Saccharum officinarum) en la alimentación del ganado*.
- Rodríguez, D., Martín, P. C., Alfonso, F., Enríquez, A. V., & Sarduy, L. (2009). Forraje de caña de azúcar como dieta completa o semicompleta en el comportamiento productivo de toros mestizos Holstein x Cebú. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(3), 231-234. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015481003.pdf>
- Rodríguez, G. A., Huertas, B., Polo, S. M., González, C. F., Tauta, J. L., Rodríguez, J., Ramírez, J., Velásquez, F. A., Espitia J. J., & López, R. A. (2020). *Modelo productivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) para la producción de panela en Cundinamarca*. Repositorio Agrosavia. <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/48/35/516-2>
- Villar, J. (2010). Alimento animal y energía de la caña de azúcar. *Icidca*, 43(1), 41-48. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120681006.pdf>



Distribución gratuita
Prohibida su venta

Esta cartilla hace parte de una colección de cinco sistemas productivos presentes en el trópico alto colombiano con recomendaciones generales para el manejo del cultivo. Acceda a las demás cartillas de frijol, papa, café y pastos:



El campo
es de todos

Minagricultura

AGROSAVIA
Corporación colombiana de investigación agropecuaria

CUNDINAMARCA
¡REGIÓN
Que Progresas!
EN AGRICULTURA

